

Le nouveau tramway du Sud-Ouest lausannois

2550

Par Philippe H. Bovy¹
Professeur ITEP-EPFL
1015 Lausanne-
Ecublens

Croissance spectaculaire du trafic

«En règle générale, l'implantation d'une première ligne de transport guidé performant attire une clientèle qui dépasse les prévisions, comme ce fut le cas du Val de Lille, des tramways de Nantes et de Grenoble. L'existence d'un réseau maillé amplifie ce phénomène et peut permettre d'assurer la majorité des déplacements intérieurs à une ville en transports collectifs.» (Claude Soulas, *Les transports à traction électrique*, RTS n° 32, Arcueil, décembre 1991)

Résumé

Comme de nombreuses autres villes, Lausanne a mis fin, en 1964, à l'exploitation de son réseau de tramways. Néanmoins, elle a heureusement conservé ses chemins de fer urbains, Lausanne-Ouchy et Lausanne-Gare, ainsi que son chemin de fer régional Lausanne-Echallens-Bercher (fig. 1). Dix mille jours plus tard, le 24 mai 1991, une nouvelle ligne de métro léger est mise en service entre le centre de Lausanne, le Sud-Ouest lausannois et la gare CFF de Renens (fig. 2). Cette ligne à simple voie normale de 8 km de longueur a 15 stations dont 11 sont à double voie. Les stations à quais hauts, de 60 m de longueur, accueillent des doubles rames d'une capacité de 500 voyageurs. La ligne dessert un périmètre englobant 35 000 habitants et 32 000 emplois,

ainsi que les Hautes écoles (Université de Lausanne et Ecole polytechnique fédérale de Lausanne) avec une population exclusivement diurne de plus de 13'000 personnes.

Le coût total de réalisation de cette ligne, dont la maîtrise d'ouvrage a été assurée par le Département des travaux publics de l'Etat de Vaud, s'est élevé à 192 millions de francs suisses, matériel roulant et dépôt-atelier compris.

Des enquêtes de trafic conduites par l'exploitant en automne-hiver 1991, indiquent que la prévision du trafic de première année de mise en service, estimée à 6,5 millions de voyageurs, sera dépassée de près d'un million. Plus significatif encore est le fait que le trafic de 3,55 millions de voyageurs au début des années 80, sur l'ensemble des lignes de bus desservant le couloir emprunté par la nouvelle ligne, passe à 7,4 millions après la mise en service du métro léger. Cette croissance de près de 110% du trafic collectif en 8 ans sur l'axe tramway est constituée d'un gain général de trafic sur le réseau TL de l'ordre de 27 à 32%, auquel s'ajoutent les transferts modaux et le trafic induit par le métro léger, estimés à 60-65% comme l'illustre la figure 3.

Bien qu'à simple voie, la ligne dispose d'une réserve de capacité importante, hormis durant une période d'une

demi-heure le matin dans le sens Lausanne-Hautes écoles. Cette hyperpointe unidirectionnelle est causée par l'horaire uniforme des cours, débutant à 8 h 15 pour l'ensemble des facultés et départements des Hautes écoles.

1. Introduction

Deux enquêtes de trafic conduites par l'exploitant du Métro Ouest en septembre et novembre 1991, respectivement 4 et 6 mois après la mise en service de la ligne, permettent d'évaluer le trafic de la première année d'exploitation du métro léger. L'évaluation 1991-1992 est de 7,4 millions de voyageurs, soit 14% de plus que le pronostic minimal établi en 1984 dans le cadre de l'étude d'avant-projet (tabl. A). Outre la comparaison avec les pronostics de trafic 1984, cette communication esquisse le développement probable du trafic pour chaque station de la ligne. Le problème de l'hyperpointe directionnelle d'une demi-heure le matin est également présenté conjointement avec l'évolution possible de la capacité du métro léger TSOL².

2. Prévision du trafic

Tout projet de transport comporte une analyse et une prévision du trafic futur permettant d'en apprécier le bien-

¹L'auteur remercie P. de Aragao, ing. dipl. EPFL qui a participé, en 1984, à l'élaboration des pronostics de trafic TSOL, ainsi que MM. J.-P. Leyvraz et P. Bays, collaborateurs scientifiques à l'Institut des transports et de planification de l'EPFL-Lausanne, qui ont procédé au dépouillement et à la mise en forme des enquêtes de trafic effectuées par les TL. Les remerciements vont aussi à MM. P. Henchoz et R. Perrin, du service marketing TL+Métro, pour leur précieuse assistance dans la préparation de cette communication, à M. Cl.-A. Guignat, chef du projet TSOL, ainsi qu'à M. J.-P. Kallenbach, directeur des entreprises TL+Métro, et M. V. Krähenbühl, chef du Service des transports et du tourisme de l'Etat de Vaud, pour leur vision à moyen et long termes du développement des transports publics en région lausannoise.

²Dans cette communication le tramway moderne ou métro léger du Sud-Ouest lausannois est désigné indifféremment comme TSOL ou Métro Ouest. La désignation TSOL correspond à la raison sociale de la société propriétaire, soit la Société du tramway du Sud-Ouest lausannois SA. Le Métro Ouest est la désignation géographique de la ligne, utilisée pour la signalétique notamment.

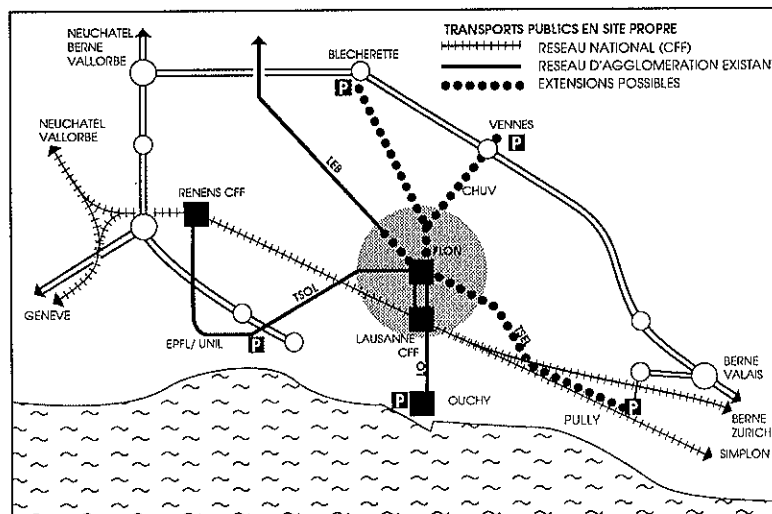


Fig. 1. - Le nouveau tramway du Sud-Ouest lausannois (TSOL) et les autres transports en site propre, existants ou projetés, en région lausannoise

- l'accord sur l'EEE est notre meilleure garantie de pleine participation, sans discrimination, au marché intérieur européen;
- nos possibilités d'influer sur des développements juridiques importants pour la Suisse seront plus grandes sous l'égide de cet accord qu'à partir d'une position isolée.

Enfin, des experts de renom estiment qu'une acceptation de l'accord sur l'EEE apportera un élan bienvenu à l'économie suisse. Le Comité central est certes conscient que ce type de pronostic est sujet à controverse et demeure soumis à divers facteurs, mais il est certain que, globalement, les quatre libertés fondamentales instaurées par l'accord (libre circulation des personnes, des marchandises, des capitaux et des services) accroissent nos *chances* de prospérité économique.

Le Comité central a également pris connaissance des politiques dites horizontales et d'accompagnement, ancrées dans l'accord sur l'EEE. Ce sont en particulier les problèmes relatifs à la protection de l'environnement, les questions liées à la recherche et au développement technique, de même que les intentions touchant les petites et moyennes entreprises, qui sont au premier plan dans ce contexte.

En ce qui concerne la protection de l'environnement, il a été démontré que dans les deux scénarios – adhésion à l'EEE ou «Alleingang» – les développements prévisibles seraient les mêmes. Selon le Comité central, les problèmes en suspens dans ce domaine ne sauraient plus, en effet, être entièrement maîtrisés au seul niveau national; au contraire, la nécessité d'une collaboration européenne, mondiale même, s'impose de plus en plus.

L'accord sur l'EEE assure à la Suisse de pouvoir se joindre aux programmes de recherche et de développement de la CE. Enfin, il faut encore saluer les actions de cette dernière en faveur des PME et de la participation des

Etats de l'AELE, même si ces efforts demeurent avant tout destinés à diffuser le plus largement possible les nouvelles règles du jeu en vigueur.

Appréciation de l'accord sur l'EEE, du point de vue particulier de la SIA

La Suisse est en pleine mutation; l'effondrement des pays de l'Est, l'intégration croissante des marchés européens et le poids accru qu'en retire la CE, les tentatives de réformes internes en Suisse et la volonté de libéralisation et de dérégulation sur le plan mondial, sont les facteurs déterminant notre politique économique actuelle. C'est dans ce contexte qu'il faut examiner l'accord sur l'EEE, qui sera bientôt soumis à l'approbation du peuple suisse.

Eu égard aux divers problèmes qui se posent aujourd'hui, les membres du Comité central sont convaincus que l'unification européenne est un moyen de sauvegarder la paix et de renforcer notre continent. Sa tradition démocratique propre fait de la Suisse un petit Etat susceptible d'apporter une contribution de valeur à la construction d'une Europe unie. Dans cette optique, le Comité central adopte une attitude positive face à l'accord sur l'EEE, même si celui-ci présente des lacunes sur le plan institutionnel.

Pour le CC cependant, la voie en solitaire ne paraît pas constituer une solution praticable. Comme l'admettent même les opposants à l'EEE, un tel choix irait de pair avec la nécessité d'entreprendre des réformes internes, obéissant aux mêmes objectifs que ceux qu'établira l'EEE. En d'autres termes, des pressions se feraient de toute manière sentir sur les structures en place. En outre, l'«Alleingang» entraînerait un détachement d'avec le développement européen, qui ne pourrait être évité qu'au prix d'accords bilatéraux avec la CE et les pays de l'EEE. Ces partenaires exigeraient alors de la Suisse davantage de

concessions que celles auxquelles elle a dû consentir dans le cadre de l'EEE lui-même. Ainsi, les droits minimaux garantis par l'accord en matière d'information et de consultation ne pourraient certainement pas être obtenus dans la même mesure par des accords bilatéraux.

Certes, dans le domaine des travaux publics, qui intéresse au premier chef les membres de la SIA, l'EEE entraînera une concurrence accrue et plus dure, qu'elle soit nationale ou étrangère. En revanche, l'accord sur l'EEE ouvre librement le marché européen à ces mêmes membres. Or le CC est persuadé que ceux-ci sauront faire preuve de la flexibilité et de la créativité nécessaires pour relever et triompher des défis posés dans ces nouvelles conditions.

La SIA est elle-même active au niveau européen depuis de nombreuses années, dans le domaine de la normalisation. Et il a très clairement été démontré dans ce cadre, que des développements ainsi amorcés sur le plan européen, ne se font pas sans nous. Seule une participation active à ces travaux permet à la Suisse d'exercer une influence à sa mesure et d'assurer la représentation de ses intérêts.

Prise de position du Comité central sur l'accord sur l'EEE

S'appuyant sur les arguments exposés ci-dessus, le Comité central a pu se convaincre que l'accord sur l'EEE doit être fondamentalement jugé de manière positive. En dernière analyse, ce ne sera pas le moindre de ses mérites que de faire souffler en Suisse un certain vent de renouveau. Les forces et les énergies que mobiliserait la révision de notre système économique – que diverses parties appellent de leurs vœux pour dynamiser la Suisse en cas de refus de l'EEE – peuvent tout aussi efficacement s'investir dans la défense de nos intérêts au sein de l'Espace économique européen. *Le président: H.-H. Gasser*

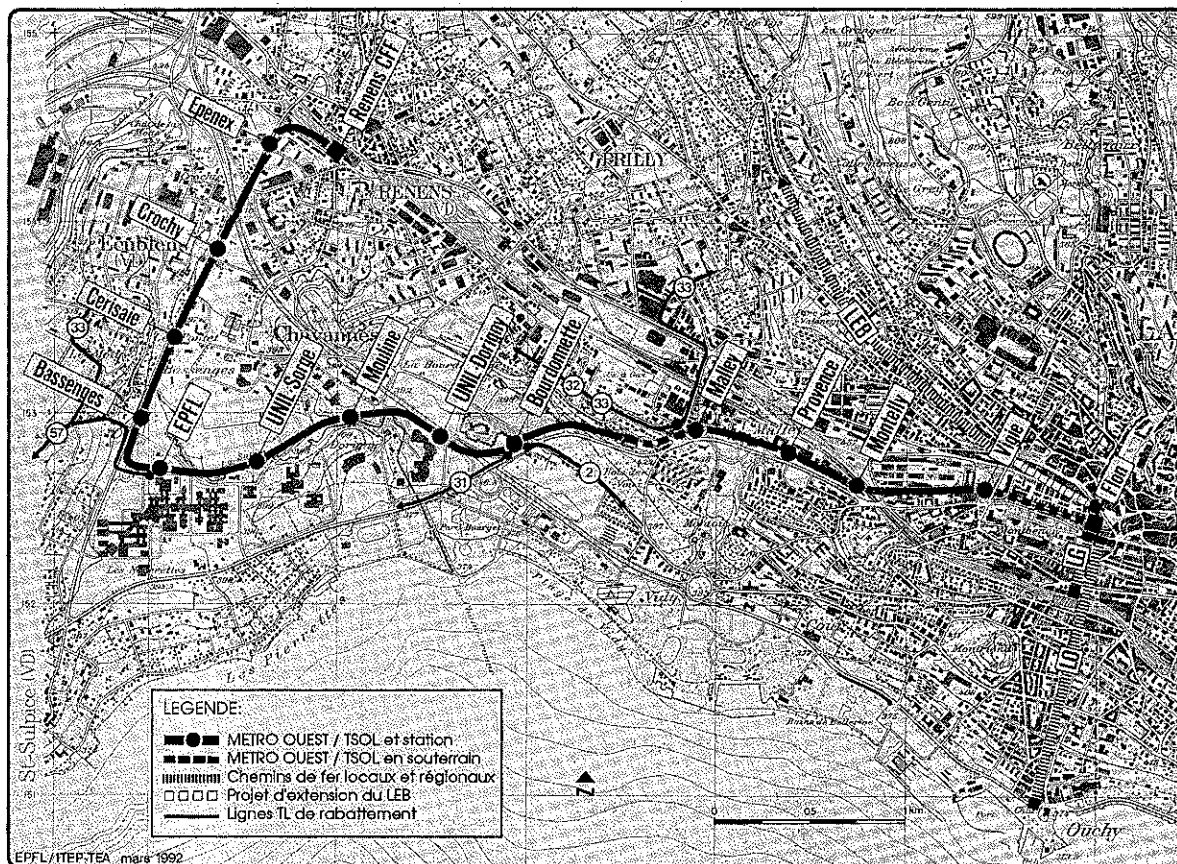


Fig. 2. — La ligne Métro Ouest/TSOL dans le Sud-Ouest lausannois

fondé, de même que les impacts urbanistiques et environnementaux, les contraintes d'exploitation technique et la rentabilité économique. Une prévision du trafic futur du TSOL a donc fait partie de l'étude d'avant-projet, conduite en 1984 et publiée en mars 1985.

Les délais d'exécution très serrés de cette étude excluant la recherche préalable d'une connaissance exhaustive du marché des déplacements dans le Sud-Ouest lausannois, une technique de prévision analogique a dû être développée. Celle-ci s'appuie

Tableau A: Comparaison du pronostic 1984 avec les enquêtes 1991 du trafic Métro Ouest

	Pronostic 1984 ¹	Enquêtes 1991
Trafic annuel (millions de voyageurs)	6,5	7,4
Trafic journalier de semaine		
— hors période universitaire	20 000	19 600
— en période universitaire	25 400	27 700

¹Pronostic minimal ou de première année de mise en service

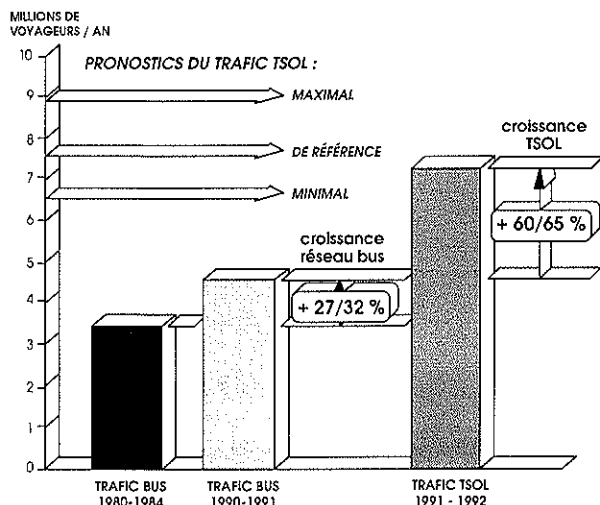


Fig. 3. — Pronostics et évolution effective du trafic par transport public dans le Sud-Ouest lausannois

sur une transposition des comportements et caractéristiques de déplacement d'usagers lausannois bénéficiant d'une bonne desserte par transports publics. Quoique très court, il a été jugé que le métro Lausanne-Ouchy (LO) offrait un service de qualité comparable à celui du futur TSOL. L'attractivité des stations du métro Lausanne-Ouchy a donc servi de base à la détermination des taux de génération de trafic des futures stations TSOL. Pour les stations sous-gare du LO, ce taux était de 1,1 voyage TC par habitant et par jour, soit un taux 1,5 à 2,5 fois plus élevé que celui observé ailleurs en région lausannoise.

Le trafic sur l'ensemble de la ligne TSOL a été estimé en superposant les flux des trafics engendrés par chacune des 15 stations projetées. Toutefois, chaque station étant un cas d'espèce, son potentiel de trafic a dû être évalué en tenant compte d'un fais-

ceau de paramètres dont les principaux sont:

- 1) la population et les activités dans le bassin versant de 400 m autour de chaque station en 1984;
- 2) le développement socio-économique présumé de chaque bassin versant entre 1984-1995, fondé sur les analyses de la CIURL (l'ex-Commission intercommunale d'urbanisme de la région lausannoise);
- 3) l'interconnexion des stations projetées TSOL avec d'autres lignes de transports publics, soit le rabattement de lignes TL et la connexion du TSOL avec le réseau CFF, ainsi qu'avec les lignes de chemin de fer LO et LG et plus tard LEB;
- 4) l'accroissement potentiel de l'attractivité de stations TSOL, grâce à la mise en place subséquente d'installations de transport de voyageurs analogues ou de type hectométrique.

Comme les paramètres ci-dessus n'évoluent pas de la même façon et avec le même degré de certitude, trois hypothèses de prévision ont été faites:

- l'hypothèse minimale ou de première année de mise en service,
- l'hypothèse de référence, correspondant au fonctionnement du TSOL «en vitesse de croisière» quelques années après sa mise en service;
- l'hypothèse maximale, regroupant l'ensemble des facteurs favorables au développement du trafic par transports collectifs dans le Sud-Ouest lausannois et en région lausannoise.

Le tableau B donne un aperçu général des hypothèses faites pour les prévisions minimales et maximales.

3. Attractivité des stations

Si l'on attend généralement la fin de la première année d'exploitation d'un nouveau moyen de transport pour obtenir des résultats fiables, les premières enquêtes livrent néanmoins des tendances très intéressantes. S'agissant de la phase de lancement, les résultats doivent toutefois être utilisés avec prudence, car le trafic est vraisemblablement en progression. Une récapitulation des résultats de l'enquête de novembre 1991, conduite en période universitaire, est présentée à la figure 4, qui signale également les valeurs correspondantes du pronostic 1984.

Les écarts entre le pronostic 1984 et le trafic mesuré en 1991 sont remarquablement faibles en ce qui concerne le trafic total de la ligne. En revanche, l'utilisation des stations présente des différences de plus de 20% dans 11 cas sur 15. Pour la plupart des stations, ces divergences trouvent des explications relativement évidentes, généralement liées à une restructuration différente du réseau TL ou à une évolution urbanistique autre que celle admise en 1984.

Il serait opportun que le suivi de l'évolution du trafic des stations du TSOL au cours des prochaines années aille de pair avec une actualisation du potentiel de développement des bassins versants des stations. Cette démarche

Tableau B: Cadre général des hypothèses de prévision du trafic TSOL

	<i>Hypothèse minimale</i>	<i>Hypothèse maximale</i>
<i>Horizon de prévision</i>	<i>Année de mise en service</i>	<i>Après 1995</i>
Urbanisme dans le Sud-Ouest lausannois	Le développement suit les tendances 80-84. Peu ou pas de réalisations aux abords des stations, mais croissance soutenue des Hautes écoles	Le TSOL induit un développement des zones non construites aux abords des stations, ainsi que des opérations de rénovation urbaine.
Politique de stationnement des Hautes écoles	Développement de l'offre selon l'évolution de la demande	L'offre de stationnement est plafonnée au niveau 1985-1990.
Horaire de cours des Hautes écoles	Statu quo	Décalage des horaires des premiers cours du matin
Parkings d'échange aux abords des stations	Aucune mesure particulière n'est prise	Des parkings d'échange sont aménagés aux abords des stations en liaison directe avec le réseau routier principal, notamment avec la jonction d'autoroute de Lausanne-Sud.
Desserte ferroviaire de la gare de Renens	Arrêt de quelques trains supplémentaires aux heures de pointe du matin et du soir	Développement de l'offre ferroviaire par arrêt de trains directs à Renens, comme à Morges, Nyon, Vevey ou Yverdon
Desserte de la gare du Flon	Statu quo	Renforcement de la capacité de transport du Lausanne-Gare, raccordement du chemin de fer régional LEB, extension du Lausanne-Ouchy vers les hauts de Lausanne
Rabatement de lignes TL	Restructuration du réseau TL du Sud-Ouest lausannois avec rabattement des nouvelles lignes sur les stations TSOL	Renforcement de l'offre des lignes TL rabattues
<i>Cadence TSOL</i>	<i>Six courses par heure ou intervalle de 10 minutes</i>	<i>Huit courses par heure ou intervalle de 7,5 minutes</i>
Trafic journalier de semaine: ● hors période universitaire ● en période universitaire	20 000 25 400	27 500 33 500
<i>Trafic annuel (millions de voyageurs)</i>	<i>6,5</i>	<i>8,9</i>

devrait être liée à une indispensable coordination «urbanisme-transport» pour toutes les stations TSOL offrant des possibilités de développement de plans de quartiers. Sont particulièrement concernées: l'organisation de la trame piétonne d'accès aux stations,

notamment les possibilités de liaisons piétonnes dénivellées, la suppression de passages à niveau secondaires ainsi que la réservation d'emprises pour la mise à double voie du TSOL sur certains tronçons de la partie centrale de la ligne.

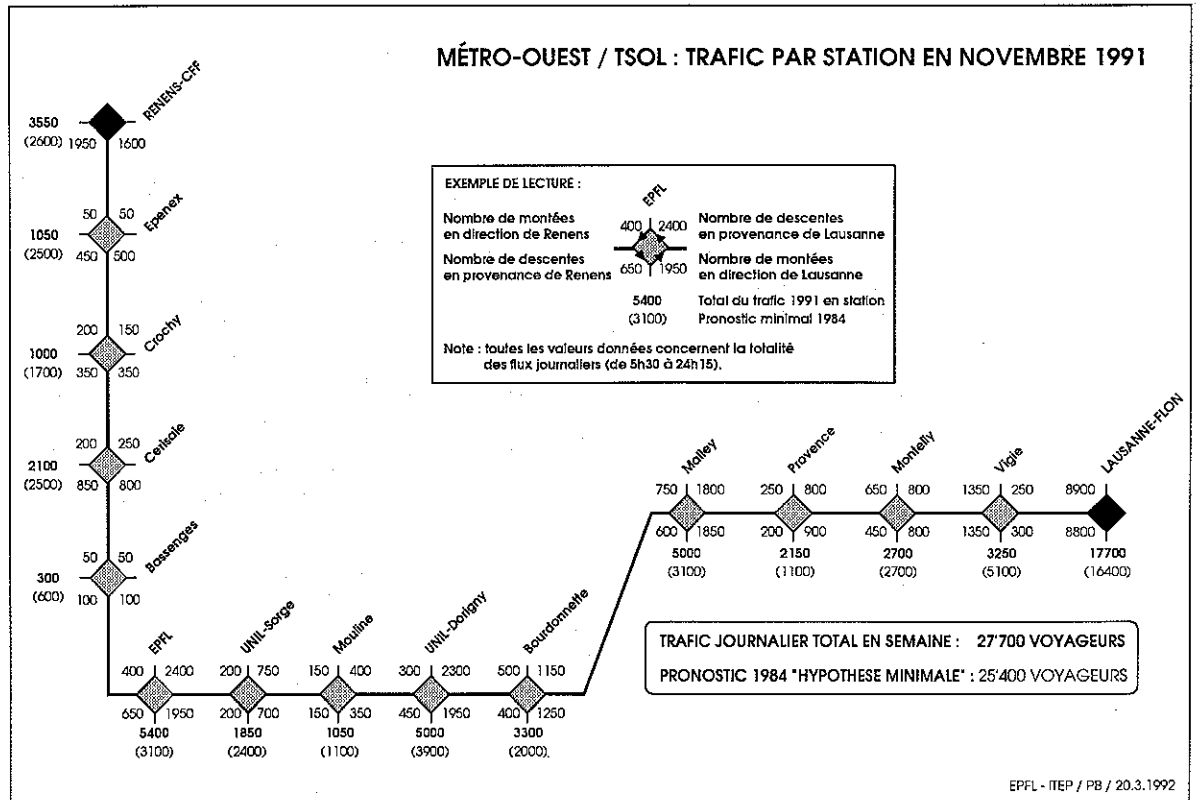


Fig. 4. – Trafic TSOL par station en novembre 1991 et comparaison avec le pronostic 1984

4. Trafic des Hautes écoles et orientation des flux

Des informations détaillées sur le type d'utilisateurs du TSOL ainsi que les trajets effectués (de quelle station à quelle autre station?) ne sont pas encore disponibles. Toutefois, l'addition du trafic des trois stations UNIL-Dorigny, UNIL-Sorge et EPFL, ainsi que de la moitié du trafic de la station Mouline, donne une bonne approximation de la part du marché des déplacements TSOL constituée par le trafic des Hautes écoles, hors et durant les périodes de cours (fig. 5). Le fonctionnement des Hautes écoles en période de cours ajoute entre 7000 et 8000 voyageurs au trafic de la ligne (fig. 6). La distribution de ce trafic additionnel en période de cours est illustrée par la figure 7. Les «plus-values» du trafic par station sont naturelle-

ment très disparates. Ainsi, la station UNIL-Dorigny voit son trafic presque tripler, alors que certaines stations ne semblent quasiment pas affectées par la modification du régime universitaire. La station EPFL enregistre un trafic élevé même hors des périodes de cours, en raison de la part plus importante de personnel employé utilisant les transports publics.

La répartition modale des déplacements effectués par les usagers des Hautes écoles a été déterminée avec précision en juin 1990 sur la base de 7500 questionnaires ayant obtenu un excellent taux de réponse de 69% (tabl. C).

Avec une part modale de 43%, les transports en commun absorbent une part de marché équivalente à la voiture privée. Ce taux d'utilisation des transports en commun est plus du double de celui de la population de la région lausannoise. Les usagers de Lausanne et environs, ainsi que les étudiants, toutes origines confondues, ont les taux de répartition modale les plus élevés, avec 46% et 49% respectivement. Les résultats de la même enquête «après mise en service du TSOL», qui a été conduite en juin 1992, seront intéressants à confronter avec ces informations, ainsi qu'avec l'évolution du trafic constatée sur le réseau des transports collectifs du Sud-Ouest lausannois, notamment le TSOL.

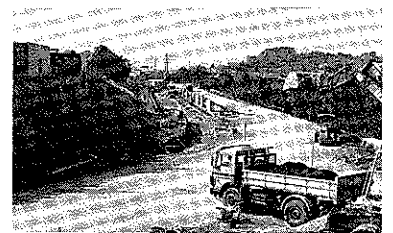


Fig. 6. – Séquences de mise en œuvre du projet aux abords de l'Université de Lausanne: travaux d'infrastructure, inauguration, double rame s'approchant de la station UNIL-Dorigny, arrêt en station (Photos TL/Maeder)

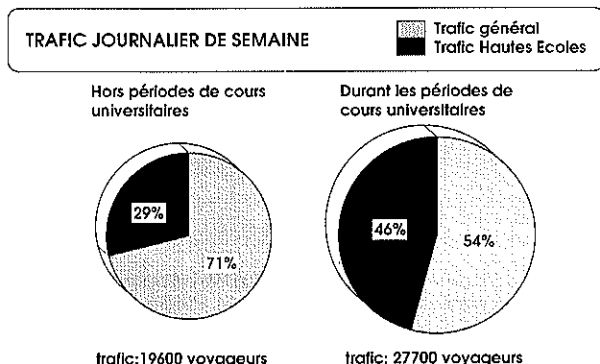


Fig. 5. – Proportion du trafic des Hautes écoles empruntant le TSOL

Reliant trois pôles d'importance différente de la région lausannoise, le TSOL n'est pas une ligne purement radiale de type «banlieue-centre». Ainsi, la répartition du trafic par sens sera-t-elle modifiée au fur et à mesure du développement du Sud-Ouest, principalement du secteur de l'avenue du Tir-Fédéral et de la gare de Renens. Les possibilités de logement le long du TSOL se diversifieront, augmentant les flux sur la partie Ouest de la ligne.

5. Evolution du trafic et de l'offre de transport collectif dans le Sud-Ouest lausannois

Doublement du trafic sur le seul métro léger

La comparaison entre les trafics sur les lignes TL desservant l'itinéraire TSOL avant sa mise en service et le trafic TSOL lui-même, met en évidence une croissance de près de 110% sur le seul métro léger, sans tenir compte des nouvelles lignes TL desservant le Sud-Ouest lausannois (tabl. D).

D'où provient ce trafic supplémentaire de 3,85 millions de voyageurs? Comme pour tout nouveau système de transport, cet accroissement a des origines multiples, subdivisées généralement en trois composantes:

- l'évolution du trafic attribuable au développement socio-économique régional, intervenu entre la décision de construire et la mise en service du nouveau vecteur de transport (notamment la croissance des Hautes écoles)
- le transfert modal ou trafic capté à d'autres moyens de transport (voyageurs utilisant auparavant la voiture, les deux-roues ou la marche)
- le trafic induit ou trafic n'existant pas antérieurement et qui a lieu du fait même de l'existence d'un nouveau transport offrant un service différent et plus performant en termes de confort, vitesse, fréquence, capacité et régularité.

L'absence d'enquêtes spécifiques «avant/après» sur le marché de l'ensemble des déplacements dans le Sud-Ouest lausannois, ne permet pas de définir avec précision les segments

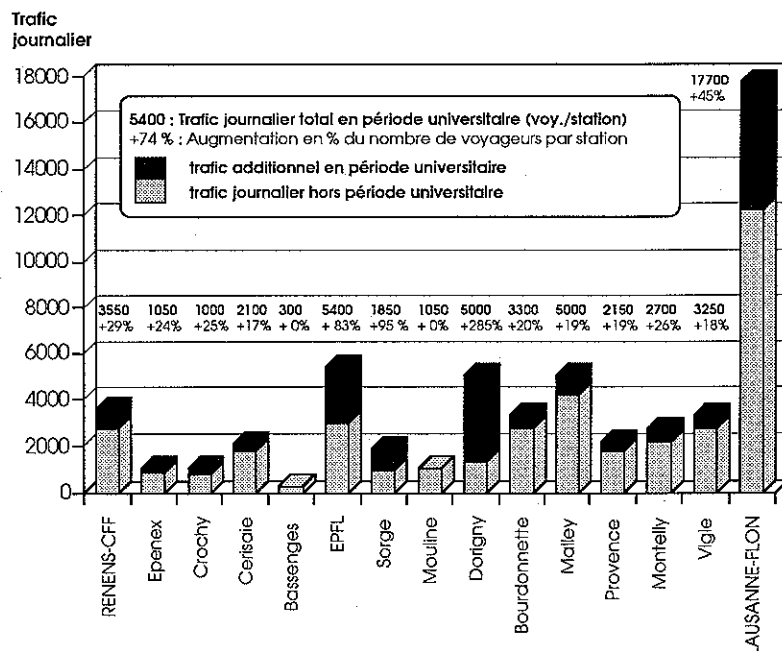


Fig. 7. – Trafic additionnel par station durant la période de cours universitaires – jour de semaine en hiver 1991

Tableau C: Répartition modale des déplacements en direction des Hautes écoles avant la mise en service du TSOL

Répartition modale ¹	Nombre d'usagers en 1990	A pied, vélo, moto	Voiture, moto	Transports en commun	Totaux (%)
Globale (toutes origines et catégories)	10 950 (100%)	12	45	43	100
Selon les origines:					
• région lausannoise	6600 (60%)	18	36	46	100
• hors Lausanne	4350 (40%)	1	62	37	100
Selon les activités:					
• personnel	3250 (30%)	10	63	27	100
• étudiants	7700 (70%)	13	38	49	100

¹UNIL-EPFL, Enquête transports Hautes écoles de juin 1990

Tableau D: Trafic avant et après la mise en service du TSOL

	Trafic annuel (millions de voyageurs)	
	Avant TSOL ¹	Après TSOL ²
Trafic bus sur anciennes lignes (TL nos 18, 19, 27, 10)	3,35	—
Trafic par bus spéciaux (pointes) TSOL / Métro Ouest	0,20	—
Trafic bus sur nouvelles lignes (TL nos 2, 31, 32, 33)	—	7,40
Totaux	3,55	7,40

¹Trafic annuel moyen 1980-1984

²Trafic annuel 1991-1992 estimé sur la base des comptages automne-hiver 1991

³Trafic non encore recensé

du nouveau marché absorbé par le métro léger.

Il est néanmoins possible d'établir que la croissance du trafic sur le réseau bus, entre 1980-1984 et 1991, a été de l'ordre de 27 à 32%, portant le

trafic du Sud-Ouest lausannois à 4,5-4,65 millions de voyageurs sans projet TSOL, comme l'indique la figure 3. Les 2,75 à 2,9 millions de voyageurs supplémentaires, ou une croissance de 60 à 65%, sont directement imputables à

la mise en service du métro léger, que ce soit sous forme de transferts modaux ou de trafic induit.

Doublage de l'offre sur le réseau «métro léger + bus»

Les deux schémas de la figure 8 illustrent la restructuration du réseau consécutif à la mise en service du TSOL. Le métro léger s'inscrit comme colonne vertébrale médiane du Sud-Ouest lausannois, entre les lignes principales CFF Lausanne-Renens et les rives du lac. Sur son itinéraire diagonal reliant Lausanne-centre aux Hautes écoles, le métro léger se substitue à trois tronçons des «anciennes» lignes TL n°s 18, 19 et 27.

Ainsi, la nouvelle structure du réseau place la ligne à plus forte capacité et performance au centre territorial du dispositif et permet l'articulation des nouvelles lignes de rabattement ou d'extension sur les deux pôles de correspondance de Malley et de la Bourdonnette.

L'offre de transport du «système bus» était formée d'une offre de base d'environ 1000 places par direction et

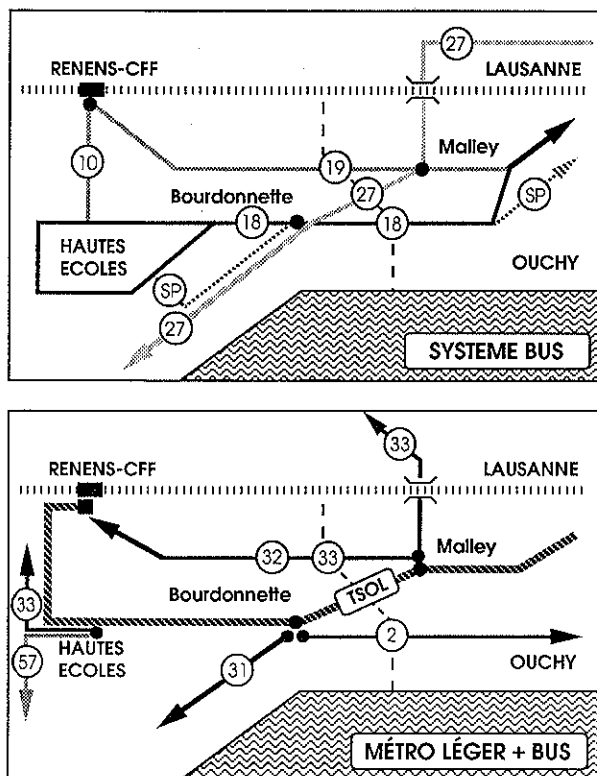


Fig. 8. — Restructuration de l'offre de transport public dans le Sud-Ouest lausannois — plan schématique

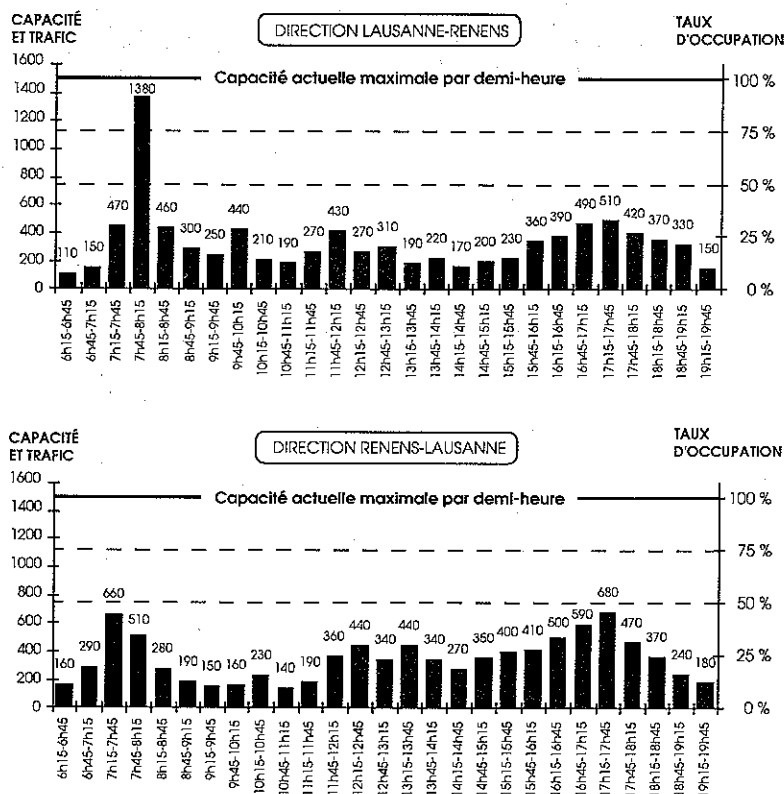


Fig. 9. — Volume de trafic par demi-heure sur le tronçon le plus chargé de la ligne TSOL — jour de semaine en hiver 1991 (extrait de 6 h 15 à 19 h 45) et comparaison avec la capacité directionnelle. En places assises, la capacité directionnelle est de 550 voyageurs par demi-heure.

par heure sur les lignes régulières, à laquelle s'ajoutaient près de 1100 places horaires des doublures et des services spéciaux Hautes écoles durant les périodes de pointe (tabl. E). La nouvelle offre de transport a le métro léger comme colonne vertébrale avec une capacité de 3000 places par heure et par sens (de 6 h 15 à 19 h 45). Trois lignes de rabattement offrent une capacité supplémentaire d'environ 1000 places, cela durant toute la journée.

L'offre de transport public du Sud-Ouest lausannois a donc crû de 85% en période de pointe. Elle a plus que quadruplé en périodes hors pointe. Toutefois l'élasticité «offre-demande» ne peut être déterminée, compte tenu du fait que seul le trafic du métro léger est connu, alors que les trafics sur les lignes TL de rabattement n'ont pas encore été complètement recensés.

6. Bientôt une saturation du TSOL ?

L'urbanisation des zones non construites aux abords des stations TSOL, le développement des Hautes écoles, le report de trafics délaissant un réseau routier graduellement surchargé au profit du TSOL, ne vont-ils pas rapidement saturer la ligne? Cette question se pose déjà durant la demi-

heure fatidique de 7 h 45 à 8 h 15 en gare du Flon. En effet, alors que la capacité «commerciale» des doubles rames est estimée par l'exploitant à 500 passagers³, des relevés signalent des charges occasionnelles allant jusqu'à 560 passagers par double rame. La situation d'hyperpointe est aussi perceptible au terminal de Renens-CFF, où des charges exceptionnelles du métro léger surviennent en cas de perturbation horaire des trains CFF en correspondance (arrivée simultanée de deux trains).

La figure 9, qui illustre le profil journalier de la charge de trafic TSOL sur le tronçon Vigie-Montelly, le plus chargé de la ligne, répond à cette question. L'hyperpointe d'une demi-heure est isolée et unique. Elle ne se retrouve ni le soir, ni dans le sens Renens-Lausanne, car elle est directement liée à l'horaire des Hautes écoles, où tous les cours débutent à 8 h 15.

³La capacité nominale de 470 places d'une double rame correspond à une densité de 4,3 passagers debout par m². Compte tenu de la disposition intérieure des véhicules, de l'absence d'embarquement, de la généreuse ouverture des portes et de l'aisance d'accès permise par les quais hauts, l'exploitant fixe la capacité commerciale de la double rame à 500 places, soit une densité de 4,7 passagers par m². Les charges exceptionnelles portent cette valeur à un niveau inconfortable de 5,5 passagers par m².

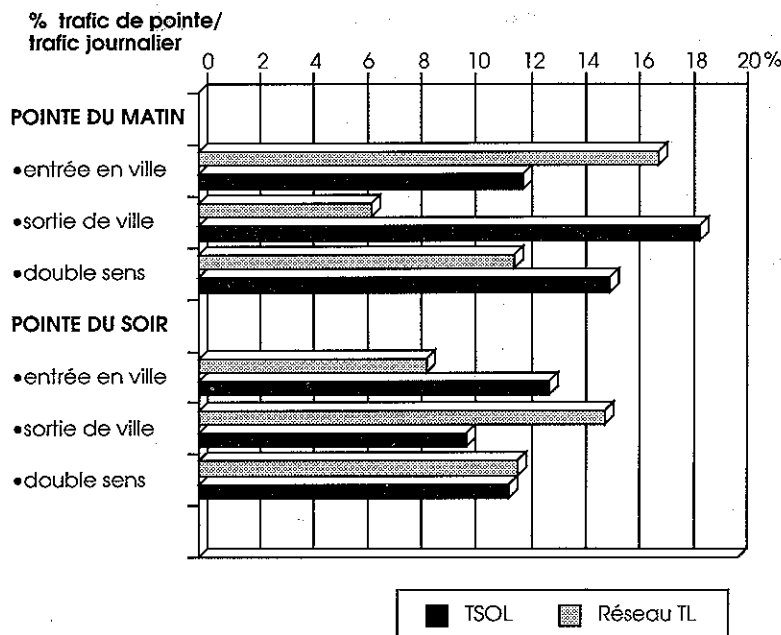


Fig. 10. — Comparaison des pointes de trafic TSOL avec celles du réseau urbain TL

La capacité directionnelle en places assises, qui est de 550 voyageurs par demi-heure, n'est dépassée que durant une demi-heure par jour dans le sens Flon-Renens et durant une heure et demie dans le sens contraire, cela sur une partie de la ligne seulement. Ainsi ce n'est que durant 4% de la durée d'exploitation journalière que toutes les places assises sont occupées dans la partie la plus chargée de la ligne.

Le fait que la ligne TSOL relie un centre ville à un pôle extérieur, fort générateur de trafic collectif, puis à un centre secondaire avec un terminal interconnecté au réseau ferroviaire CFF, engendre des flux de trafic dont les répartitions temporelles et spatiales sont atypiques (fig. 10). Les traditionnelles pointes de trafic en entrée de ville le matin et en sortie de ville le soir sont, dans le cas du TSOL, substantiellement plus faibles que les pointes en sens inverse. Ainsi, à offre de transport égale, la ligne du TSOL dispose d'une capacité pratique supérieure aux lignes usuelles de transports urbains et régionaux, grâce à sa forte sollicitation simultanée dans les deux sens, tout particulièrement en cas «d'écrasement» de 18,5% à 14%, ou même 13%, de la pointe du matin en sortie de ville, dans l'hypothèse d'un étalement des débuts de cours universitaires.

7. Quelle capacité future pour le TSOL ?

La demi-heure de saturation de la ligne le matin au départ du Flon est donc le principal point noir pour l'ex-

ploitant et les usagers. Cette hyperpointe de trafic, isolée et unique, est directement liée à l'horaire uniforme des Hautes écoles où tous les cours débutent à 8 h 15. Elle affecte 1% de la durée annuelle d'exploitation du TSOL.

Hormis cette pointe «extraordinaire», la réserve de capacité de la ligne est confortable sans qu'un renforcement de la cadence ne s'impose à très courte échéance. Toutefois, cette conclusion ne peut être que provisoire, au vu de la progression du trafic usuellement enregistrée durant les premières années de mise en service d'un nouveau transport⁴. Seul le suivi attentif de l'évolution du trafic TSOL pourra apporter la réponse à la question de savoir quand il deviendra nécessaire de renforcer sa cadence.

Se fondant sur les premières enquêtes de trafic, notamment l'analyse des caractéristiques temporelles des flux directionnels, la capacité pratique⁵ de la ligne⁶ (fig. 11) peut être provisoirement estimée selon les trois variantes ci-après.

- Maintien de la cadence à 10 minutes et horaires universitaires non modifiés. Le potentiel de croissance du trafic est de 10% compte tenu de la saturation quasi complète de l'hyperpointe du matin, mais aussi des gains de trafic découlant de l'attractivité de la ligne hors période de pointe et hors périodes universitaires. La capacité pratique est fixée à 8,0 millions de voyageurs par année.
- Maintien de la cadence à 10 minutes et décalage des horaires uni-

versitaires. Le décalage de plus d'une demi-heure (vraisemblablement d'une heure en raison de cours communs et des horaires CFF) du tiers des cours concernerait le 70% des usagers des Hautes écoles, qui sont les plus forts utilisateurs du TSOL en période de pointe. Cet étalement de la pointe critique permettrait d'accroître la capacité pratique de la ligne de 15 à 25%, portant le trafic annuel potentiel entre 9,5 et 10 millions de voyageurs.

- Cadence portée à 7,5 minutes avec horaires universitaires décalés.

Cette extension substantielle de l'offre permettrait de porter la capacité pratique de la ligne entre 11,5 et 12,5 millions de voyageurs par année.

Ces trois estimations portent sur les évolutions possibles de la capacité pratique de la ligne TSOL et non sur la croissance du trafic, qui va d'une part dépendre du développement socio-économique et urbanistique du Sud-Ouest lausannois (cf. tabl. C) et, d'autre part, de l'évolution des conditions de transport et de circulation en région lausannoise.

Les doutes quant à l'attractivité d'un nouveau moyen de transport public, alors que la motorisation bat tous les records, ne sont pas fondés. Avec un trafic de première année dépassant de 14% les pronostics, le Métro Ouest apporte la preuve qu'un transport pu-

⁴Comme indiqué ailleurs dans cette communication, les statistiques et analyses de trafic doivent être utilisées avec prudence dans cette phase de lancement, où le TSOL acquiert un marché et où la clientèle prend de nouvelles habitudes de déplacement. Bien que très poussées, les statistiques de trafic de l'exploitant restent fragiles car trop peu espacées dans le temps. Ces réserves ne mettent toutefois pas en cause les ordres de grandeur des estimations de capacité pratique du système.

⁵La capacité pratique annuelle d'un transport définit le nombre de voyageurs susceptibles d'être transportés dans de bonnes conditions de confort, compte tenu des variations journalières, hebdomadaires et saisonnières du trafic.

⁶La capacité pratique effective de la ligne s'est accrue proportionnellement à la capacité des doubles rames qui, dans un premier temps (1984), était prévue à 430 passagers, pour passer ensuite à 470 et 500 passagers, soit une augmentation de 16%.

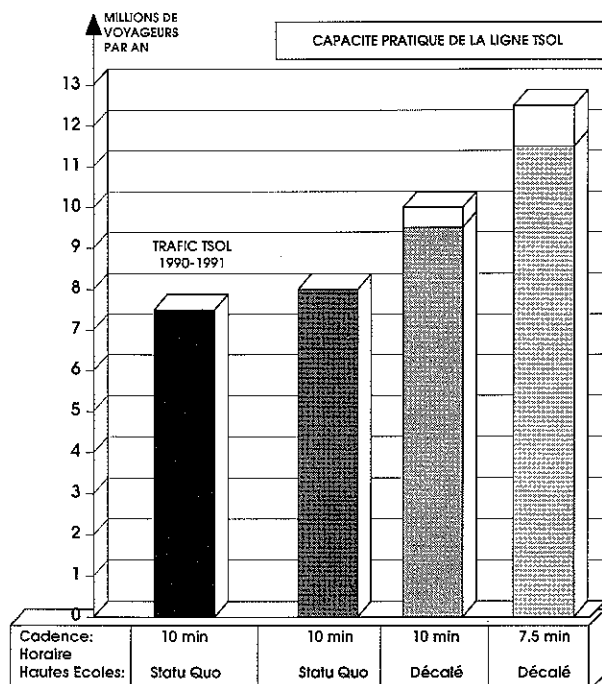


Fig. 11. — Trafic TSOL et estimation provisoire de la capacité pratique de la ligne.

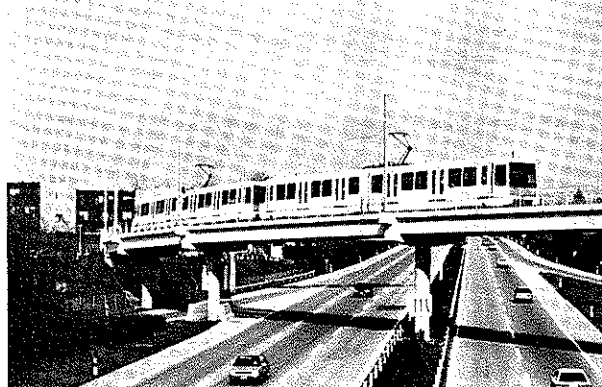


Fig. 12. — Une double rame TSOL franchissant l'autoroute entre l'Université et le quartier de la Bourdonnette (photo TL/Maeder)



Fig. 13. — Montelly, une des onze stations de croisement du TSOL. Les stations du métro léger sont à quais hauts (photo TL/Maeder).

blic de qualité peut capter un important segment du marché des déplacements. Avec 7,4 millions de voyageurs par an, le Métro Ouest transporte deux fois plus de trafic que l'ensemble des lignes TL qu'il remplace. Le fait de disposer d'un transport pu-

Tableau E: Restructuration et renforcement de l'offre de transport public dans le Sud-Ouest lausannois

	Offre de transport ¹ (places/heure/sens)	
	Heure de pointe	Hors pointe
Offre antérieure «système bus»		
• Réseau bus (TL 18, 19, 27)	1080	900
• Bus spéciaux + doublures n° 18	1070	—
Totaux	2150	900
Offre actuelle «système métro léger + bus»		
• Réseau bus (TL 2, 32, 33)	960	960
• TSOL	3000	3000
Totaux	3960	3960

¹A travers un écran Nord-Sud passant entre Malley et la Bourdonnette

Coûts comparatifs de projets récents de transports collectifs urbains

Echantillon: projets français récents ou en construction et métro léger TSOL

Indicateur: coûts complets en francs suisses rapportés au kilomètre de projet (ligne et son équipement, stations, matériel roulant, dépôt-atelier)

	Statut	Date	Longueur (km)	Coût (Mio Fr./km)
1. Tramway/métro léger				
Nantes, ligne 1	En service	1985	10,7	18
Nantes, ligne 2 Sud	En construction	—	6,2	23
Nantes, ligne 2 Nord	En projet	—	5,1	32 ¹
Grenoble, ligne 1	En service	1987	8,9	41
Grenoble, ligne 2	En service	1990	4,7	35
St-Etienne, Prol. Nord	En service	1991	2,2	29 ¹
Paris-Bobigny	En construction	—	9,0	32
Strasbourg	En construction	—	12,6	45
Rouen	En projet	—	10,3	43
Lausanne-TSOL	En service	1991	8,0	24 ²
2. Métro automatique léger				
Lille, ligne 1	En service	1983	13,3	73
Lille, ligne 1 bis	En service	1989	12,1	78
Toulouse, ligne 1	En construction	—	10,0	86
Orlyval	En service	1991	7,2	48
3. Métro classique				
Lyon, lignes A, B, C	En service	1978	14,1	89
Lyon, ligne D	En service ³	1991	11,0	132
Marseille, ligne 1	En service	1978	9,0	97
Marseille, ligne 2	En service	1984	9,0	90
Paris, Métro/centre	En projet	—	—	225

¹Matériel roulant non compris

²Ligne à simple voie, 11 stations de croisement

³Métro automatique MAGGALY, actuellement en conduite manuelle

blic indépendant des aléas de la circulation routière (fig. 12 et 13) et doté d'une importante réserve de capacité est un atout majeur pour le développement du Sud-Ouest lausannois et de ses deux Hautes écoles, l'Université et l'Ecole polytechnique fédérale.

Bibliographie

Bovy Ph. H., «Avent-projet de tramway dans le Sud-Ouest lausannois», Etat de Vaud, Département des travaux publics, Lausanne, avril 1985

BOSKOVITZ P., «Métro Ouest: une introduction», *Ingénieurs et architectes suisses* 14/90

Bovy Ph. H., «Un métro léger dans le Sud-Ouest lausannois», *ibid.*

GUINET Cl.-A., «Les aménagements et l'exploitation de la nouvelle ligne», *ibid.*

Bovy Ph. H., «Pour une politique d'avenir des transports dans la région lausannoise», *ibid.* *Métro Ouest*, 2 juin 1991, plaquette d'inauguration, Direction des TL, Lausanne, mai 1991

ITEP-TSO et APAGAO & GASSER, «Enquête transports Hautes écoles de juin 1990», UNIL-EPFL, décembre 1991

Plans d'utilisation et de sécurité

Par Jean Bongard,
ingénieur civil dipl.
EPFL/SIA CBCZ
Clément + Bongard +
Clerc + Zwick SA
Rue du Botzet 3
1705 Fribourg

Base essentielle pour l'assurance de la qualité des structures

Introduction

Dans le cadre de la journée de post-formation, du 12 mai 1992, sur l'assurance de la qualité (AQ) des structures, organisée conjointement par le GPC (groupe spécialisé des ponts et charpentes) de la SIA, et par le cycle postgrade en génie urbain de l'EPFL [1]¹, il a été constaté que l'essor de l'AQ s'intensifierait avec l'ouverture des marchés européens. Il apparaissait donc nécessaire de marquer l'action et de valoriser les pratiques professionnelles. Cela signifie plus de rigueur de gestion, une maîtrise et une recherche d'efficacité économique. Ces pratiques doivent permettre de se placer en situation concurrentielle favorable.

Dans l'exposé «L'assurance de la qualité des structures porteuses: le rôle de l'ingénieur», nous avons présenté les exemples d'application suivants:

- le projet et l'exécution d'un parking souterrain
- l'inspection et le renouvellement d'un pont.

Ils avaient pour but de visualiser globalement le rôle de l'ingénieur dans le cadre de l'AQ des structures porteuses [2].

Dans la présente contribution, nous allons aborder l'interaction des procé-

dures de l'AQ, du projet et du concept de la norme SIA 160 [3], [4], et plus particulièrement le rôle déterminant des plans d'utilisation et de sécurité, dans la planification du processus de construction d'un parking souterrain.

Conception et réalisation

Principe

La méthode d'exécution qui, comme toujours en matière de travaux souterrains en site urbain, doit être techniquement adaptée aux conditions spécifiques locales (géologie, hydrologie, environnement et nuisances, encombrement du sous-sol, et surtout circulation de surface) implique la nécessité d'une coordination intime entre la conception et la méthode de construction.

Objectifs

Les objectifs recherchés sont les suivants:

- réduire le temps d'exécution afin de minimiser les coûts liés au financement et les nuisances
- réaliser une structure porteuse performante et apporter la preuve de la qualité requise
- construire en toute sécurité, aussi bien dans l'enceinte du chantier que pour les propriétés voisines.

Moyens

Les moyens d'action déterminants sont:

- la mise en œuvre d'un programme d'AQ
- la recherche de l'indépendance du chantier par rapport aux riverains, aux circulations et aux intempéries
- la coordination efficace des ouvrages à construire
- le respect de la planification de l'ensemble des opérations.

Réalisation

Le projet du parking des Alpes doit satisfaire les besoins, les contraintes spécifiques et les objectifs évoqués. Son originalité est de s'incruster au flanc des rives de la Sarine, sous une route datant du début du siècle et qui représentait elle-même déjà un défi face à la capricieuse topographie de la ville de Fribourg.

En effet, la congestion de la circulation dans les agglomérations urbaines conduit à utiliser de plus en plus le sous-sol. La mise à profit des espaces nouveaux créés permet un réaménagement en surface, offre des places de garage privées aux habitants du centre ville, et contribue à soutenir l'économie du quartier [5]. Les éléments du projet, représenté par les figures 1 et 2, peuvent se décomposer en quatre parties:

- le tunnel d'accès, voie unique du parking, d'env. 140 m de longueur sous la place Georges-Python

¹Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

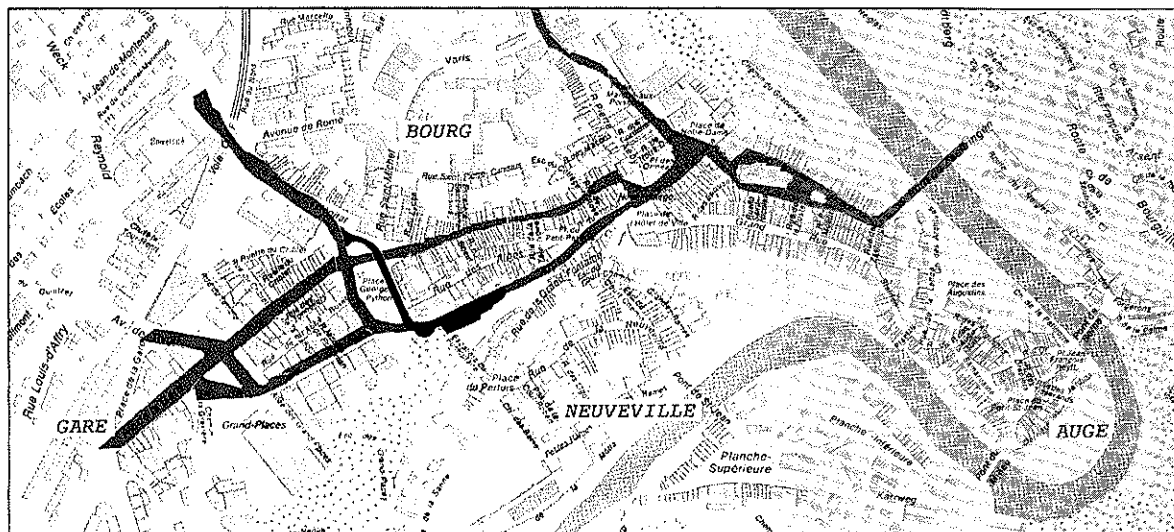


Fig. 1. – Plan de situation

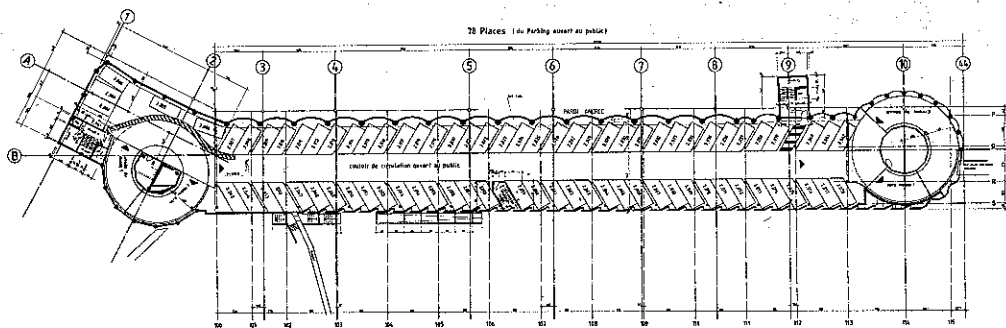


Fig. 2. — Plan d'étage type

- le parking, composé de deux rampes hélicoïdales situées aux extrémités et assurant les circulations verticales, de sept dalles accusant une pente de 6% pour suivre l'inclinaison de la route des Alpes et abritant 576 places de parc disposées en épi le long d'un couloir central; la circulation est à sens unique
- les équipements techniques
- la façade d'éléments préfabriqués en béton supportant, en porte-à-faux, une rampe pour piétons et menant à une terrasse aménagée en place d'agrément. Des terrasses arborées dissimulent la partie inférieure du volume construit et facilitent l'insertion de l'ouvrage dans le site (fig. 3).

Les étapes de réalisation peuvent se résumer ainsi:

- 3 séquences

- à chaque séquence sont associées une étape de construction et une phase de circulation.

Il y a ainsi rocade du chantier et du trafic (fig. 4, 5 et 6).

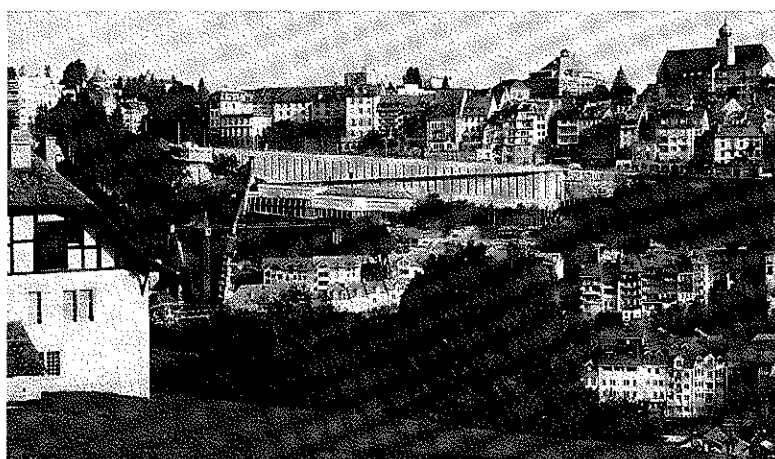


Fig. 3. — Vue du parking

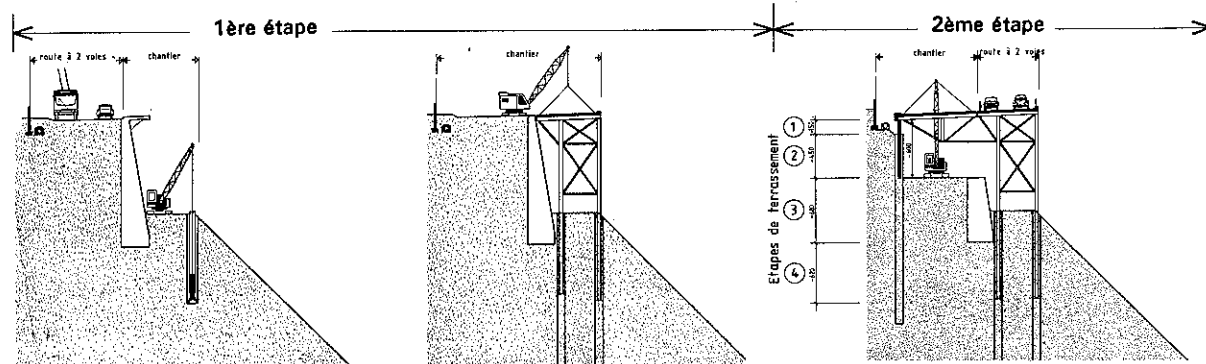


Fig. 4. — Le chantier est parallèle aux circulations, construction en aval.

Fig. 5. — Construction de la dalle de couverture en amont

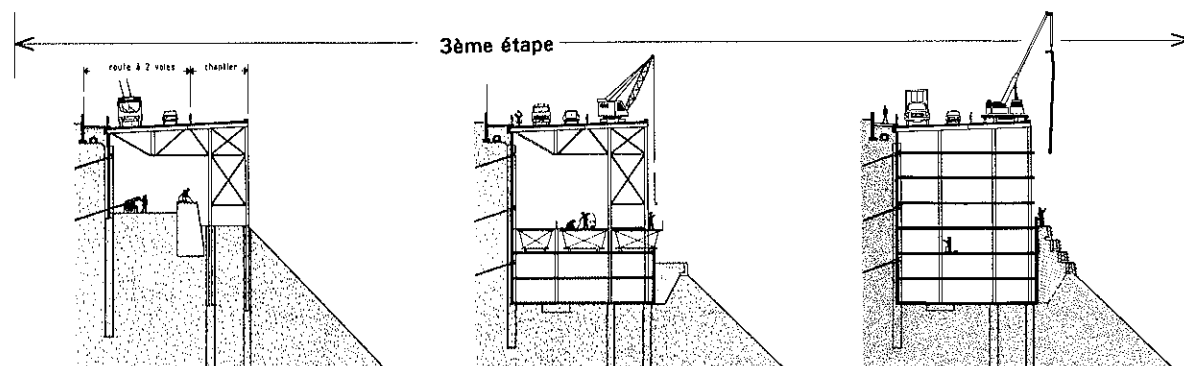


Fig. 6. — Trois fonctions évolutives de la structure porteuse: pont, mur actif, dalles

Détermination des exigences spécifiques d'une structure porteuse

461

La qualité ne peut être vérifiée sans que les caractéristiques à respecter aient été clairement définies au préalable dans les instruments de planification que sont les *plans d'utilisation et de sécurité*. Ils constituent la synthèse de l'ensemble des réflexions et décisions relatives à l'ouvrage.

Les exigences spécifiques du projet s'élaborent sur la base du concept de la norme SIA 160, au moyen des plans susmentionnés, par la détermination des mesures lors des différentes phases de procédures de l'AQ et celle

du projet de la structure porteuse. Ces dernières sont représentées au tableau 1.

La détermination des exigences spécifiques du projet s'établit en particulier lors de la phase initiale, par exemple:

- lors des discussions avec le maître de l'ouvrage, l'architecte et les ingénieurs spécialisés
- pendant la conception générale
- par la définition des risques, en simulant les situations auxquelles peuvent être soumises les structures porteuses
- lors du choix des mesures de qualité.

Dans le cadre de l'aptitude au service, il appartient au *maître d'ouvrage* de

1. Durée de service prévue : 66 ans au moins, selon droit de superficie	
2. Etats d'utilisation :	
Elément	Utilisation
pont-dalle :	. trafic routier selon SIA 160 (1970) . convoi exceptionnel selon SIA 160/1, type II . charges permanentes
mur actif :	. soutènement et appui des planchers-dalles
plancher-dalle :	. accessibles uniquement aux véhicules légers (2kN/m²) cat. E selon SIA 160 . parquage public : type I . cas limité : type III selon USPR 640603 a
3. Exigences et mesures prévues : relatives à l'aptitude au fonctionnement, la durabilité et l'aspect	
Exigences	Mesures prévues
3.1 <u>Etanchéité</u>	
. pont-dalle : étanche	. couche d'étanchéité
. mur actif : non étanche	. selon norme SIA 272 (1980)
. plancher-dalle : étanche	. pas de chape . surfacage de dalle . pente min. 6 %
3.2 <u>Fissuration</u>	
. pont-dalle : exigences élevées	. selon prénorme SIA 162
. mur actif : exigences élevées	. voûte en béton projeté
. plancher-dalle : exigences normales	. aucune entrave aux déformations, joints de dilatation
3.3 <u>Déformation</u>	
. pont-dalle : selon norme SIA 162	. contre-flèche
. mur actif : limitée à 10 mm. au max.	. critère déterminant
. plancher-dalle : selon norme SIA 162	. contre-flèche

3.4 <u>Vibrations et bruit durant les travaux</u>	
. vitesses de vibrations inférieures à 3 mm/s	. mesures sismographiques selon norme USPR 640312
. niveau de bruit des immersions selon directive	. mesures sonores
3.5 <u>Qualité et aspect des matériaux – traitement de surface</u>	
. pont-dalle : béton pompé BH CP 325 résistance élevée au GDS	. essais préalables en centrale et sur le chantier . adjuvant entraîneur d'air . contrôle interne . contrôle externe
. mur actif : pieux béton pompé voûte béton projeté BH CP 350	. surface laissée brute avec reprise des excroissances
. plancher-dalle : béton pompé BH CP 325 résistance élevée au GDS	. pas de chape . surfacage de dalle . idem pont-dalle
3.6 <u>Durabilité</u>	
. pont-dalle : aucune corrosion des armatures	. couche d'étanchéité . béton, résistance élevée GDS . enrobage min. 25 mm
. mur actif : idem	. enrobage min. 30 mm
. plancher-dalle : idem	. béton, résistance élevée GDS . enrobage min. inf. 20 mm . enrobage min sup. 35 mm
3.7 <u>Evacuation des eaux</u>	
. pont-dalle et planchers : aucune accumulation	. pente pour évacuation des eaux $\geq 6\%$
. mur actif : idem	. barbacanes, captage
3.8 <u>Ancrages permanents</u>	
. mur actif	. classe VI, norme SIA 191 . contrôle du milieu . essais préalables . convention de voisinages . contrôles des forces et des déformations

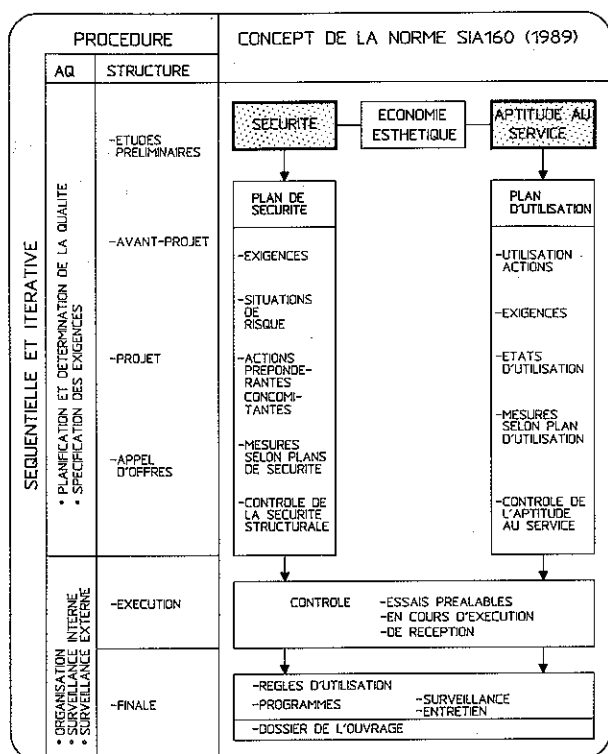


Tableau 1 — Interactions des procédures de l'AQ, du projet et du concept de la norme SIA 160

définir le niveau d'exigence du besoin en fonction de ses critères d'appréciation. L'accent peut être mis sur la relation coût / utilisation fonctionnelle. Cependant, le respect des exigences requises par la sécurité est absolu. A défaut d'accord particulier et écrit avec le maître d'ouvrage pour l'aptitude au service, les valeurs indicatives figurant dans les normes font office de «règles de l'art» et doivent être impérativement respectées. Les documents de l'appel d'offres constituent l'ensemble des exigences spécifiques contractuelles qui garantissent le niveau des performances demandées et établissent la référence de la qualité requise. Les actions pré-établies de l'AQ apportent la preuve de la qualité convenue.

Plans d'utilisation et de sécurité

Le projet a été établi sur la base d'un ensemble de réflexions et de décisions définissant les états d'utilisation et les situations de risques concernant les trois fonctions de la structure porteuse «pont – mur actif –

dalles». Les conditions particulières, spéciales, et les plans ont constitué les éléments de planification. Ils ont été élaborés en référence aux normes en vigueur et sur les principes des «prénormes» SIA 160, 161 et 162 ou sur les exigences convenues avec le maître de l'ouvrage.

Plan d'utilisation

Il résume les états d'utilisation considérés pour la structure porteuse précitée et définit les principales mesures permettant de garantir l'aptitude au service. Ce plan est reproduit en page précédente.

Plan de sécurité

L'application des situations de risques, leurs possibilités de simultanéité, leur analyse sont à la base des réflexions relatives à la sécurité et permettent de planifier les mesures.

1. Sol de fondation

Etude géologique, géotechnique et hydrologique selon complément de la norme SIA 103 (1984)

2. Reprises en sous-œuvre

Constats de l'état des bâtiments voisins par un officier civil

3. Type de fondations

- colonnes profondées
- semelles superficielles

4. Exigences structurales

- conformes à la norme SIA 160 (1970) et 162 (1968)
- déformation de la paroi ancrée limitée à 10 mm. (bât. voisins)

5. Situations de risques

- déformation de la paroi ancrée
- glissement généralisé
- charges utiles
- vent
- séisme
- incendie
- choc sur pilier, à l'intérieur du parking

L'ensemble des situations de risque, dépendant des états de montage, a été considéré.

6. Mesures pour garantir la sécurité

- pont-dalle:
 - contrôle des allongements des barres de la poutre mixte acier-béton (jauges)
- mur actif:
 - essai pressiométrique
 - examen du sol pendant l'exécution

- limitation des mouvements
- contrôle des forces d'ancrages
- suivi des déformations en cours d'excavation et pendant la construction (inclinomètre, extensomètre, nivellement)
- barbacanes et captage des résurgences
- dalles-parking et colonnes:
 - contrôle de la stabilité des colonnes
 - contrôle externe des bétons
 - contrôle des déformations verticales et horizontales
 - signalisation et mesures de construction pour limiter l'accès au parking
 - enrobage des colonnes métalliques sur une hauteur d'environ 700 mm
 - tolérances d'implantation, gabarit
 - contreventements provisoires horizontaux et verticaux

Ces documents font partie de l'appel d'offres et constituent l'ensemble des exigences spécifiques contractuelles qui établissent la référence à la qualité requise.

Ils visent à partager la responsabilité entre les participants pour réussir la qualité convenue.

Conclusion

La définition claire des exigences requises en matière d'aptitude au service, de sécurité et de durabilité doit figurer dans les plans d'utilisation et de sécurité et les conditions de l'appel d'offres. Elle est déterminante pour la réussite du projet.

Bibliographie

- [1] Documentation SIA D087: «Assurance de la qualité (AQ) des structures» SIA, Zurich, 1992
- [2] BONGARD J.: «L'assurance de la qualité des structures porteuses: Le rôle de l'ingénieur». Documentation SIA, D087/1992
- [3] Documentation SIA D040: «Nouvelles normes de structures de la SIA» SIA, Zurich, 1989
- [4] Office fédéral des routes: «Détails de construction de pont: directives» Berne, 1990
- [5] BOSKOVITZ P.: «Le parking des Alpes à Fribourg» Ingénieurs et architectes suisses, N° 9/1990

«Musée d'art et architecture»

**Exposition du Musée cantonal d'art de Lugano,
du 20 septembre au 22 novembre 1992**

Par Paolo Fumagalli
8, Piazza Cioccaro
6900 Lugano

L'exposition présentée par le Musée cantonal d'art de Lugano se veut un pont imaginaire entre l'œuvre d'art et l'espace architectural, ce réceptacle qui accueille et enveloppe les objets d'art. Il s'agit là d'un rapport très subtil, fait d'équilibres, de proportions, de couleurs et de matériaux, mais aussi, et surtout, de lumière: parce que c'est justement à cette dernière, qu'elle soit naturelle ou artificielle, qu'on attribue le rôle de mettre en évidence et d'établir d'indispensables hiérarchies permettant de percevoir l'œuvre d'art.

L'exposition se divise en deux parties: l'une, à caractère historique, et l'autre, dédiée au musée contemporain.

Pour la partie historique, de nombreux documents originaux sont exposés qui témoignent de l'évolution de la typologie du musée au cours des siècles derniers. On y verra, notamment, des dessins illustrant l'utopie du XVIII^e siècle de Boullée ou ceux de Soane pour le prototype du musée qui commençait à s'esquisser, ainsi que des projets des premiers musées, réalisés en Allemagne au début du XIX^e siècle par von Klenze ou Semper, ou encore, les premières œuvres par lesquelles le moderne se profile, tels les projets du Viennois Otto Wagner, duquel une maquette magnifique est exposée, ou ceux des «maîtres», comme Le Corbusier, avec le «Musée à croissance illimitée» ou Louis Kahn, avec le musée Kimbell, jusqu'au projet du Centre Pompidou, à Paris, des architectes Piano et Rogers, qui met un terme à cette revue, parce que c'est précisément avec le Centre Pompidou qu'une parabole se referme, et que commence l'époque que l'on définira comme celle du «musée contemporain».

En effet, durant ces dernières décennies, le musée a profondément changé. Non seulement parce que les espaces d'exposition doivent aujourd'hui accueillir des œuvres de grandes dimensions, comme celles du «Land art», par exemple, ou offrir la flexibilité nécessaire à des aménagements provisoires, mais aussi et surtout, parce que le musée a perdu une partie de ses propres spécificités et prérogatives au profit d'un rôle d'ordre plus

général, se proposant comme un conteneur public à plusieurs vocations. Les lieux où sont exposées les œuvres d'art ne sont plus les seuls éléments importants et des espaces, qui étaient jusqu'ici considérés comme secondaires, tels les accès et les entrées, doivent être toujours plus vastes, pour accueillir un public toujours plus nombreux; il en va de même pour les espaces réservés à la vente de livres, reproductions, vidéos et diapositives — des activités qui ont acquis une importance économique non négligeable — ou encore, pour les lieux de restauration du public, bar et restaurant, ainsi que ceux abritant des conférences et rencontres, les bibliothèques, lieux de recherche et d'étude, sans oublier les bureaux, les ateliers de restauration, les grands dépôts. Un chiffre est, à cet égard, très significatif: si, au XIX^e siècle, le rapport entre espaces d'exposition et espaces annexes était de 9 à 1, aujourd'hui, il peut être inversé de 1 à 2. Cet éloignement de la typologie classique du musée a aussi une autre signification plus profonde, en ce sens qu'elle traduit des changements décisifs, illustrés par les projets de musées plus récents: la perception de l'œuvre d'art, contenue dans le musée, est de plus en plus conditionnée par l'architecture qui la reçoit; en d'autres termes, le conteneur se substitue en partie au contenu.

Le Centre Pompidou à Paris (sans oublier le cas isolé qui l'a précédé, le musée Guggenheim, construit à New York par Frank Lloyd Wright) représente ce «nouveau musée», où, en définitive, la première fonction assignée à l'architecture est d'ordre publicitaire. Il s'agit d'une architecture de prestige, dont la valeur réside dans sa propre image, élaborée pour capturer un maximum de «spectateurs» et être diffusée par les médias.

L'architecture du musée contemporain connaît, depuis lors, les modèles les plus disparates, allant de ceux qui sont très attentifs à l'image et se présentent comme un manifeste quasi sculptural — tel le Centre Pompidou cité plus haut —, à ceux qui s'attachent davantage à l'intégration entre l'intérieur et l'extérieur, déployant une

architecture dans laquelle on doit pénétrer et qui propose un jeu de renvois entre des parcours publics et privés, comme c'est le cas du musée James Stirling, à Stuttgart. Enfin, relevons encore l'importance donnée à la scénographie et à la théâtralité, comme l'illustre le musée de la Gare d'Orsay, de Gae Aulenti, à Paris, ou à l'aspect plus sensible et attentif de la modulation de la lumière et de l'intériorisation des espaces, à l'exemple du musée de Menil, réalisé à Houston par Renzo Piano.

Dédiée au musée contemporain, la seconde partie de cette exposition réunit, dans les différentes salles, les projets de onze musées, les architectes représentés ayant eux-mêmes soigné la présentation de leurs œuvres. Il s'agit de Hans Hollein, avec le projet pour Salzbourg, Arata Isozaki, avec le MOCA de Los Angeles, Tadao Ando, avec une galerie à Osaka, Aldo Rossi, avec le projet pour Maastricht, Robert Venturi, avec l'agrandissement de la National Gallery à Londres, Peter Eisenman, avec le Wexner Museum à Columbus, Richard Meier, avec le projet pour Barcelone, Mario Botta, avec le projet pour San Francisco, Kleihues, avec le projet pour Chicago, Rafael Moneo, avec le projet pour le musée Miró à Palma de Majorque et Roger Diener, avec une galerie réalisée à Cologne. Ce sont des architectures projetées ou partiellement construites, dont certaines sont déjà connues et d'autres plus inédites. Elles vont du grand musée d'Etat ou citadin, jusqu'à la petite galerie d'art.

Ces onze projets de musées sont aussi des témoignages de onze façons différentes de concevoir l'architecture. Ainsi, l'exposition n'est pas seulement le lieu d'une confrontation entre diverses manières d'organiser des espaces d'exposition, mais offre aussi un panorama de la pluralité qui caractérise l'architecture contemporaine et permet d'ouvrir un débat général plus large sur cet art, autrement dit, de parler de formes, de typologies, d'insertions urbaines, de tendances.

Et parler de tendances revient à se plonger dans la ruche du pluralisme des idées forces et de leurs rapports