

# Le passage dans la région de Chillon de l'autoroute Lausanne-Saint Maurice N 9

Autor(en): **Vonlanthen, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **91 (1965)**

Heft 2

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-67649>

## **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.

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

## ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes  
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)  
de la Section genevoise de la SIA  
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique  
de l'Université de Lausanne)  
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPF (Ecole poly-  
technique fédérale de Zurich)

## COMITÉ DE PATRONAGE

Président: E. Martin, arch. à Genève  
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne  
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève

### Membres:

Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.  
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Groscurin, arch.; J.-C. Ott, ing.  
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.  
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.  
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;  
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »

Président: D. Bonnard, ing.  
Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; J. Favre,  
arch.; A. Robert, ing.; J.-P. Stucky, ing.

Adresse: Avenue de la Gare 10, 1000 Lausanne

## RÉDACTION

D. Bonnard, E. Schnitzler, S. Rieben, ingénieurs; M. Bevilacqua,  
architecte  
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »  
Tirés à part, renseignements  
Avenue de Cour 27, 1000 Lausanne

## ABONNEMENTS

1 an . . . . .	Suisse Fr. 40.—	Etranger Fr. 44.—
Sociétaires . . . . .	» » 33.—	
Prix du numéro . . . . .	» » 2.—	» » 2.20

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,  
N° 10 - 5775, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au  
numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie  
La Concorde, Terreaux 23, 1000 Lausanne

## ANNONCES

Tarif des annonces:	
1/1 page . . . . .	Fr. 385.—
1/2 » . . . . .	» 200.—
1/4 » . . . . .	» 102.—
1/8 » . . . . .	» 52.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.  
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. 1000 Lausanne et succursales



## SOMMAIRE

Le passage dans la région de Chillon de l'autoroute Lausanne - Saint-Maurice N 9, par H. Vonlanthen, ingénieur en chef  
au Bureau des autoroutes vaudoises.

Divers. — Bibliographie.

Documentation générale. — Documentation du bâtiment. — Nouveautés, informations diverses.

## LE PASSAGE DANS LA RÉGION DE CHILLON DE L'AUTOROUTE LAUSANNE - SAINT-MAURICE N 9

par H. VONLANTHEN, ingénieur en chef adjoint au Bureau des autoroutes vaudoises

### I. Situation

Le Bureau de construction des autoroutes vaudoises, chargé de l'étude de la route nationale 9 Lausanne - Saint-Maurice, a étudié deux variantes de tracé sur le secteur qui s'étend de Veytaux au vignoble de Villeneuve, soit :

- un tracé en tunnel sur une longueur de 1100 m, prolongé par un viaduc de 1030 m ;
- un tracé à ciel ouvert, nécessitant la construction d'un viaduc contournant le versant de Chillon sur une longueur totale de 2100 m.

Dès l'entrée du Bois de Chillon et jusqu'au vignoble de Villeneuve, la topographie est constituée par un versant boisé, d'une pente transversale voisine de 100 %, coupé par plusieurs ravins.

### II. Géologie

Du point de vue géologique, la solution en tunnel présente peu de difficultés ; en effet, les 1100 m de galerie sont situés dans le rocher sur la totalité du parcours. Les

propriétés mécaniques de la roche peuvent être considérées comme moyennes à bonnes dans l'ensemble. Seuls font exception les secteurs près des portails ; côté Lausanne, les calcaires dolomitiques du Trias sont tectonisés et altérés ; à l'opposé, la diminution de la tenue du rocher est due à la présence de calcaires marneux et de schistes balancés également altérés.

Le tracé extérieur est en revanche plus délicat. Cela tient au fait que le rocher en place n'affleure que rarement, recouvert qu'il est par des dépôts meubles de plusieurs origines et d'épaisseur parfois très grande. Dans ces terrains de couverture, trois d'entre eux présentent des difficultés particulières :

- Les éboulis schisteux.
- Les éboulis calcaires.
- L'éboulement de gros blocs calcaires.

Les premiers cités sont ceux dont la présence est la plus gênante, en raison de la pente très forte, de la nature argileuse des éléments constitutifs et de leur épaisseur très grande pouvant atteindre 20 m. Des risques de mise en mouvement étant à craindre, cette

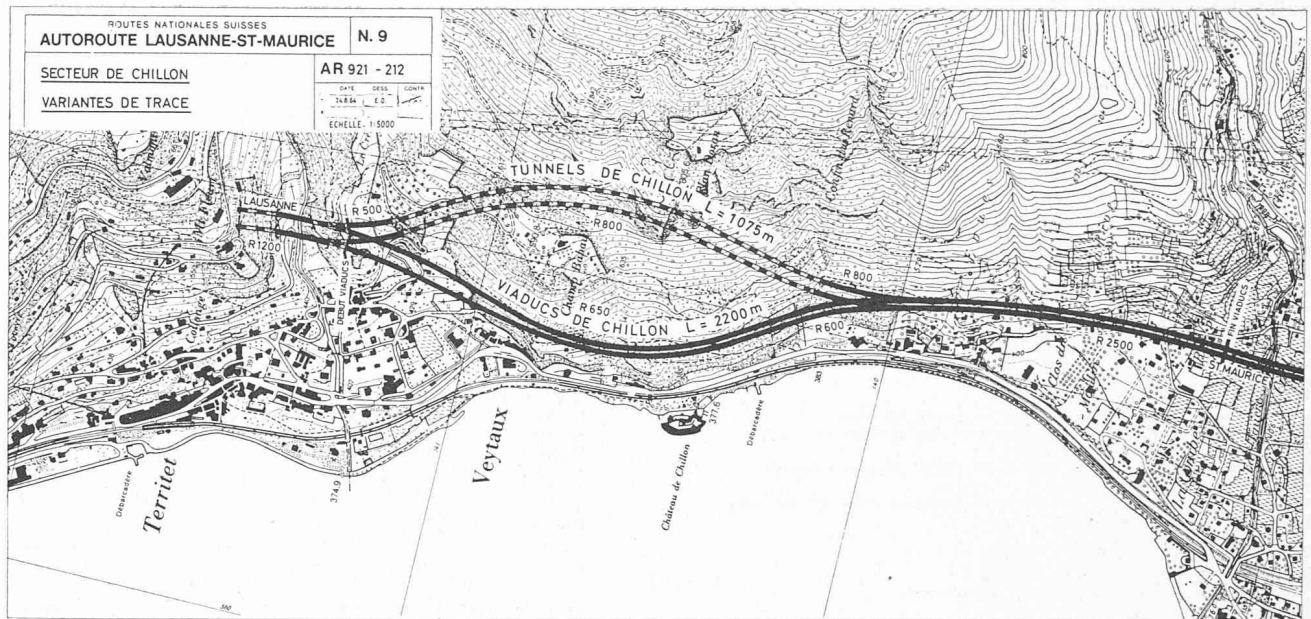


Fig. 1. — Secteur de Chillon. Situation générale.

zone particulièrement difficile devait à tout prix être franchie d'une seule portée.

Les mêmes considérations générales sont valables pour les éboulis calcaires ; le problème n'a pas la même acuité puisqu'ils ne sont pas argileux, que la pente est moins forte et que l'épaisseur ne dépasse pas une dizaine de mètres ; quant à l'éboulement, ce ne sont pas des problèmes de stabilité générale, mais les difficultés que comporteront les excavations qui font considérer ce terrain comme délicat.

### III. Etude comparative tunnel-viaduc

Le Bureau de construction des autoroutes a chargé l'association des bureaux d'ingénieurs A. Stucky à Lausanne et Electrowatt à Zurich, d'une étude d'avant-projet pour le tunnel de Chillon.

Parallèlement à cette étude, il a confié à quatre bureaux d'ingénieurs un mandat pour l'avant-projet du viaduc ; étant donné l'importance des problèmes relatifs à l'exécution des ponts, chaque ingénieur s'est assuré la collaboration d'une entreprise.

Les bureaux d'ingénieurs et entreprises suivants ont été invités à participer à l'étude :

1. Bureau technique *J.-C. Piguet*, à Lausanne, avec la collaboration de l'entreprise *Chapuisat*.
2. Bureau technique *R. Suter*, à Lausanne, avec la collaboration de l'entreprise *Dentan Frères*.
3. Bureau d'études *Zschokke*, à Genève, avec la collaboration de l'entreprise *Zschokke*.
4. L'entreprise *Zwahlen & Mayr S.A.*, à Lausanne, avec la collaboration de l'entreprise *Losinger*.

Les différents projets présentés ont été examinés par un groupe d'experts comprenant les membres suivants :

- M. le Dr *R. Ruckli*, directeur du Service fédéral des routes et des digues ;
- M. *E. Rey*, adjoint au Service fédéral des routes et des digues ;
- M. *D. Bonnard*, professeur à l'EPUL, directeur des Laboratoires d'hydraulique et de géotechnique ;
- M. *J.-P. Vouga*, architecte cantonal ;
- M. *M. Hartenbach*, ingénieur à Saint-Blaise ;
- M. *H. Hauri*, ingénieur, professeur à l'EPP, Zurich ;

— M. *W. Kollros*, ingénieur à Lucerne ;

— M. *H. Vonlanthen*, ingénieur en chef adjoint au Bureau de construction des autoroutes.

Le groupe d'experts s'est de plus assuré la collaboration de M. *J. Norbert*, géologue, et de M. *F. Delisle*, ingénieur.

Ce groupe avait pour mission de fournir au maître de l'œuvre les éléments lui permettant d'établir une comparaison entre la variante de tracé en tunnel et celle en viaduc ; dans le cadre de cette seconde solution, de proposer au maître de l'œuvre le projet lui paraissant le mieux adapté aux conditions locales.

La comparaison établie pour l'ensemble du lot, d'une longueur totale de 2,2 km, entre la solution mixte tunnel-viaduc et celle en viaduc a démontré que le tracé à ciel ouvert permettait de réaliser une économie sensible sur le coût de construction, de même que sur les frais d'exploitation élevés pour le tunnel.

Se basant sur ces considérations, et compte tenu des inconvénients que présente un tunnel pour la circulation, le Bureau de construction des autoroutes a porté son choix sur le tracé extérieur.

### IV. Présentation des projets de viaducs

#### 1. Projet Piguet-Chapuisat

##### *Conception du projet, choix du système statique*

Les caractéristiques particulières du Bois de Chillon ont conduit l'auteur du projet à choisir un type d'ouvrage s'adaptant le mieux possible aux conditions topographiques et géologiques, en limitant au maximum le nombre des appuis et en évitant, moyennant des portées différentes, les zones particulièrement délicates d'éboulis et d'éboulements. Il a d'autre part, grâce au jeu des portées et à une modification du tracé en plan, recherché les secteurs d'appuis où le rocher se trouvait à plus faible profondeur. L'ouvrage est conçu avec quatre travées types de 60, 86, 98 et 110 m de longueur, cette dernière étant conditionnée par le franchissement sans appuis intermédiaires de la zone d'éboulis située au nord-ouest du secteur.

## VIADUCS DU BOIS DE CHILLON

### Élévation et coupe partielles

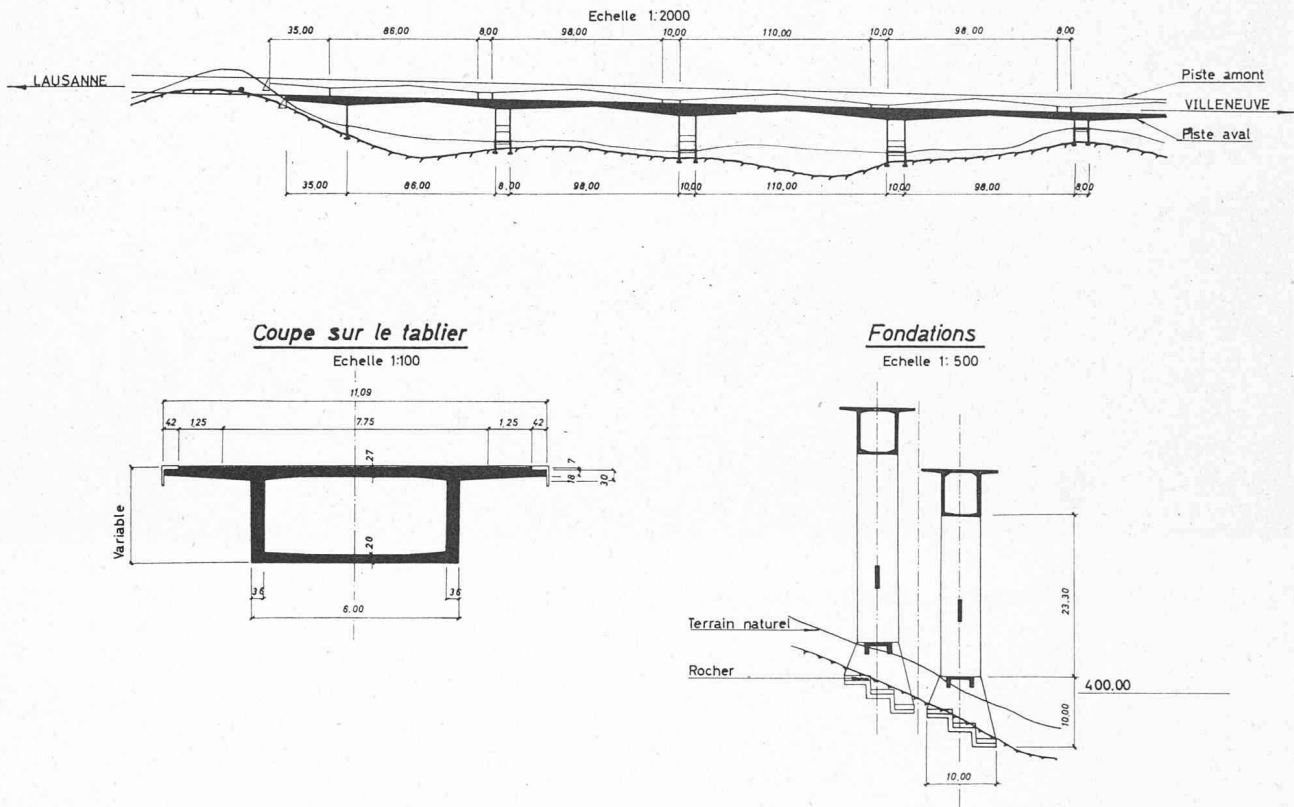


Fig. 2. — Projet Piguët-Chapuisat.

Le système statique est constitué par une juxtaposition de portiques symétriques en béton précontraint, formés de deux consoles reposant sur deux palées écartées. Chaque portique est rendu solidaire des suivants par des articulations de clavage empêchant les mouvements verticaux et transversaux et permettant les mouvements longitudinaux.

#### Fondations

Elles prennent toutes appui sur le rocher et sont constituées pour chaque palée d'une semelle allongée surmontée d'un fût en béton armé; au niveau du terrain naturel, les fûts sont solidarisés par des éléments horizontaux formés d'une dalle et de deux sommiers.

L'adaptation du tracé permet d'éviter les zones dangereuses mentionnées par le géologue, de même que les grandes profondeurs de fouilles, grâce au jeu des portées. Toutes les excavations sont étroites; elles sont prévues étayées par des cadres en bois ou métalliques.

#### Piles

Elles sont formées de deux palées minces, distantes de 6, 8 ou 10 m, liées rigidement au tablier et stabilisées horizontalement par des voiles verticales; cette disposition écartée permet de créer un encastrement pratique-

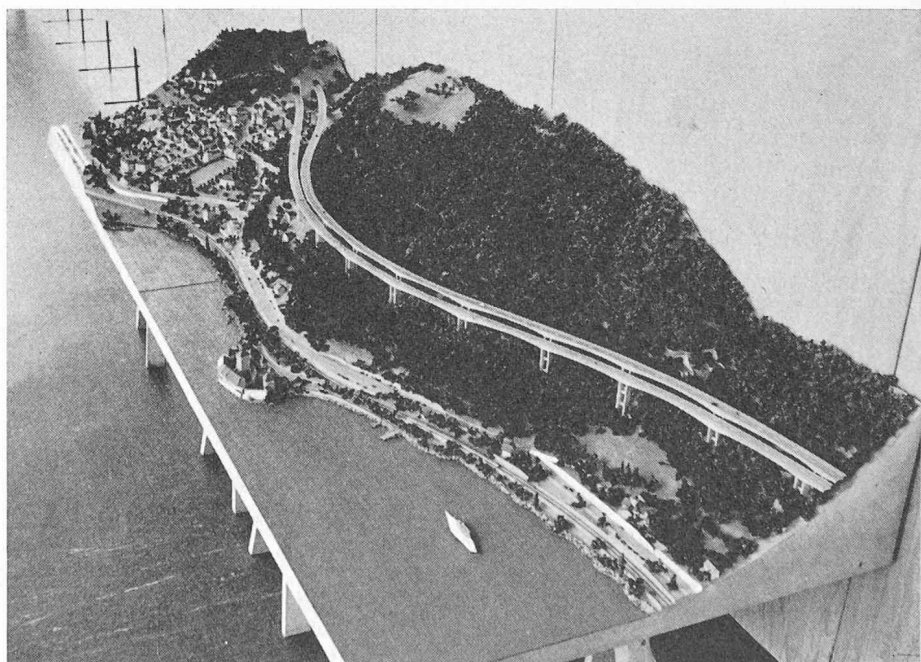


Fig. 3. — Projet Piguët-Chapuisat. Vue d'ensemble de la maquette.

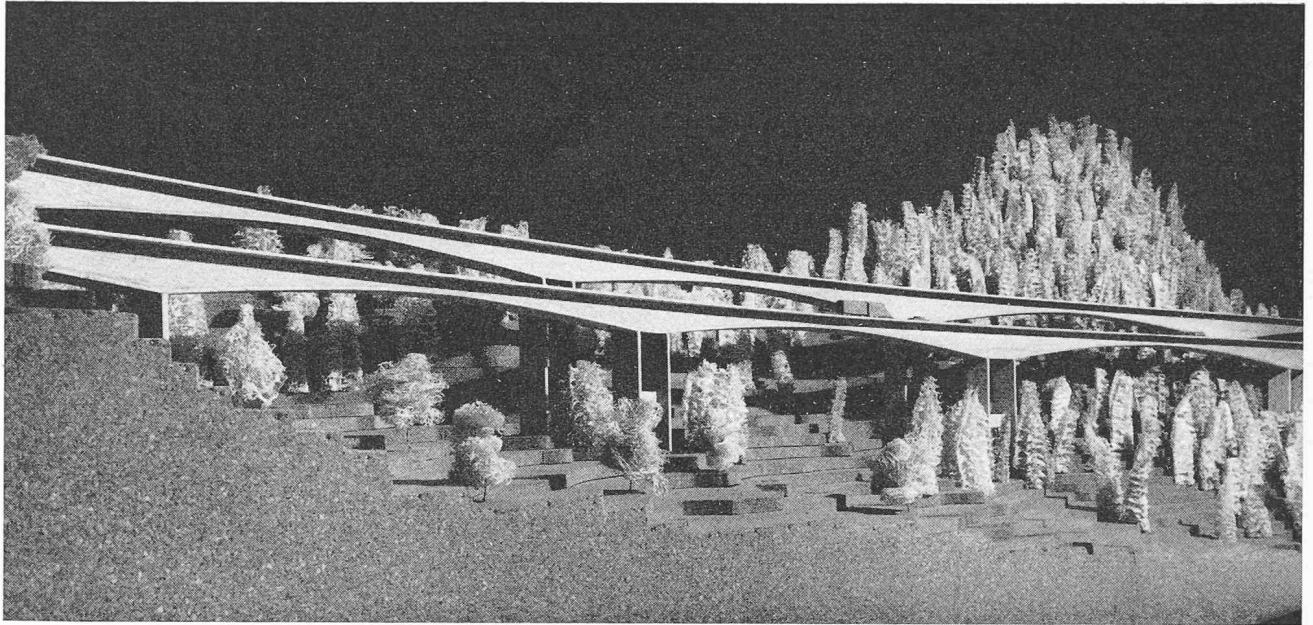


Fig. 4. — Projet Piguët-Chapuisat. Détail de la maquette.

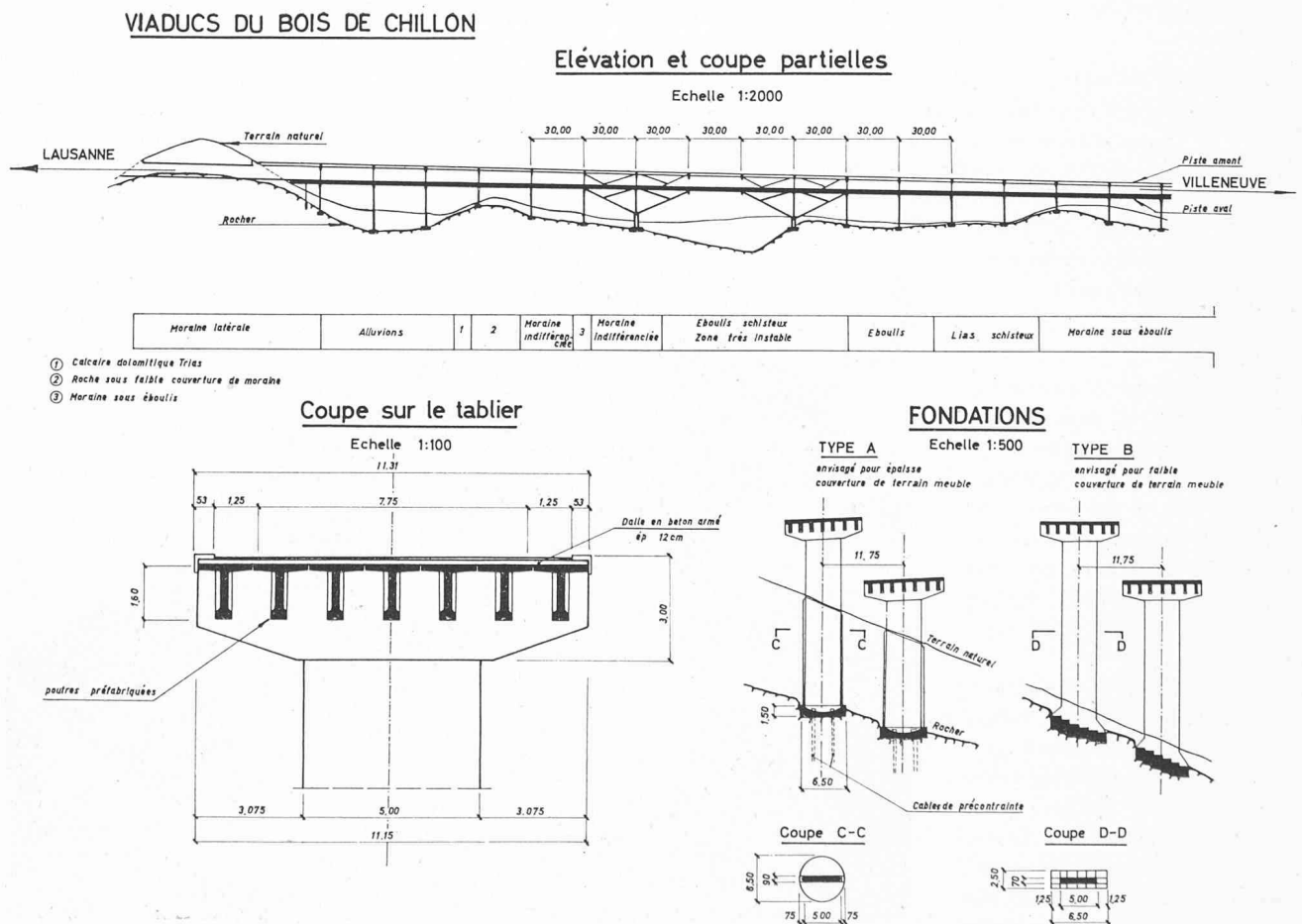


Fig. 5. — Projet Suter-Dentan.

ment parfait des consoles dans la pile, de manière à limiter les déformations à la clef. Leur exécution est prévue à l'aide de coffrages grimpants. Les palées servent d'appui à des échafaudages métalliques démontables permettant le bétonnage des éléments du tablier, nécessaires au montage des chariots.

#### Tablier

La section transversale est un caisson de hauteur variable, à deux poutres maîtresses de 36 cm d'épaisseur par pont. La dalle supérieure est d'épaisseur variable (20 à 30 cm). L'ensemble de l'ouvrage est réalisé à l'aide de trois portiques présentant les caractéristiques suivantes :

Type a)	longueur totale . . . . .	120 m
	portée des consoles . . . . .	55 m
	distance entre palées . . . . .	10 m
	hauteur du caisson . . . . .	2 m à 6,60 m
Type b)	longueur totale . . . . .	94 m
	portée des consoles . . . . .	43 m
	distance entre palées . . . . .	8 m
	hauteur du caisson . . . . .	2 m à 4,80 m
Type c)	longueur totale . . . . .	66 m
	portée des consoles . . . . .	30 m
	distance entre palées . . . . .	6 m
	hauteur du caisson . . . . .	1,40 m à 3,40 m

Pour faciliter l'introduction des câbles de précontrainte dans les gaines après chaque étape, l'auteur a choisi un système capable de fournir des charges unitaires élevées, munies d'ancrages simples et économiques, d'où l'utilisation de câbles à torons d'une force initiale de 135 t.

#### Construction

Les installations fixes sont disposées aux deux extrémités du tronçon ; pour les fondations, le travail se fera par voies decauvilles ; par la suite, les transports des coffrages, échafaudages, béton et déplacements des chariots seront assurés par une série de blondins de 350 à 400 m de longueur. L'ouvrage est réalisé en encorbellement, symétriquement à partir des piles par un jeu de seize chariots métalliques, démontables. La durée de bétonnage est de sept jours pour deux étapes symétriques ; le délai de construction de l'ouvrage complet est prévu de trente-six mois.

## 2. Projet Suter-Dentan

#### Conception et choix du système statique

L'auteur a présenté un projet caractérisant la synthèse des éléments suivants :

- Recherche d'une unité architecturale devant s'intégrer au site.
- Adaptation à la grande longueur et aux conditions topographiques et géologiques.
- Exécution devant tenir compte de l'inaccessibilité du chantier, mis à part les deux extrémités.

Etant donné la longueur de l'ouvrage, il a évité de rechercher la continuité en réalisant l'isostaticité de chaque travée, moyennant des portées identiques de 30 m de longueur.

#### Fondations

Toutes les fondations prennent leur assise sur le Bedrock par des semelles à redans, dans les zones où

le rocher est à faible profondeur et par des puits circulaires de 6,50 m de diamètre descendant jusqu'au rocher dans les zones où il se trouve à grande profondeur. Des ancrages par câbles de précontrainte sont prévus dans les deux cas pour augmenter la sécurité au glissement.

#### Palées

Elles sont de forme rectangulaire (5,00×0,70 m) de section constante, permettant l'utilisation d'un coffrage grim pant ; la partie enterrée du fût est munie d'un bec, de manière à réduire les poussées du terrain dans les zones glissantes, tandis que la tête est renforcée et élargie, pour permettre l'appui des poutres préfabriquées du tablier.

#### Tablier

Le tablier est constitué par sept poutres maîtresses préfabriquées par pont, précontraintes à 100 % avant leur transport et mise en place. Leur section est en forme de T, d'une hauteur de 1,60 m et d'un poids de 44 t. La largeur de l'aile supérieure est de 1,55 m, la base de 0,45 m et l'épaisseur de l'âme de 0,20 m. Les poutres maîtresses sont posées selon un polygone s'inscrivant dans la courbe du tracé ; elles sont liées et entretoisées par une dalle en béton armé, coulée sur place, d'une épaisseur moyenne de 0,12 m ; un joint est prévu dans le tablier tous les 30 m au droit de l'appui mobile.

#### Construction

L'exécution des travaux est prévue de deux manières distinctes. D'une part, une exécution manuelle et artisanale pour les fouilles et les fondations des piles et culées, et d'autre part, une exécution industrialisée au maximum pour le tablier. Le chantier de préfabrication est prévu côté Villeneuve. Les poutres maîtresses sont acheminées sur deux chariots, dont l'un est à roues motrices, qui prennent appui sur deux poutres faisant office de support et guide ; elles sont mises en place au moyen d'une poutre de lancement métallique, munie de deux ponts roulants les soulevant de leur support et les posant à partir du centre alternativement à gauche et à droite.

L'auteur du projet a été invité à compléter le projet initial présenté en prévoyant un ouvrage franchissant la zone d'éboulis instables, sans appuis intermédiaires.

## 3. Projet Zschokke

#### Conception et choix du système statique

L'auteur a cherché à réaliser une construction légère, reposant sur des fondations espacées, prenant appui en profondeur sur le rocher sous-jacent, de manière à s'adapter aux conditions topographiques et géologiques, ce qui l'a conduit à choisir un système de viaducs constitué par des poutres caissons de 35 m de portée, continues sur dix travées.

Vu la longueur de l'ouvrage, il a estimé indispensable de rationaliser au maximum l'exécution du tablier en donnant la préférence à un procédé de construction par échafaudage à l'avancement par travée.

## VIADUCS DU BOIS DE CHILLON

### Élévation et coupe partielles

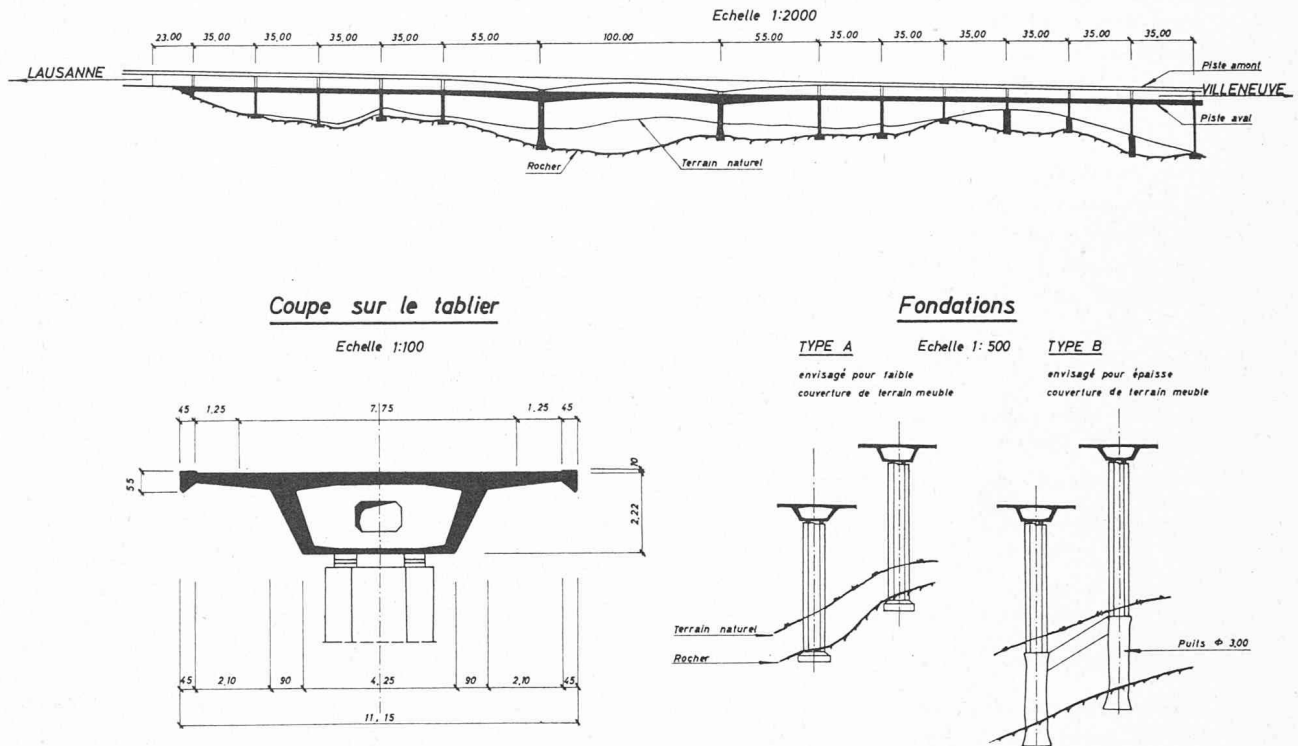


Fig. 6. — Projet Zschokke.

### Fondations

Deux types de fondations ont été adoptés, soit :

- des semelles pour les appuis de surface sur la moraine de bonne qualité et là où la profondeur du rocher est inférieure à 5 m ;
- des puits bétonnés de 3,00 m de diamètre dès que la profondeur du rocher devient trop grande (maximum 24 m).

Dans les endroits où les conditions l'exigent, la stabilité des fondations dans le sens transversal est assurée par une entretoise en béton armé reliant la partie supérieure des deux puits ; en cas de risque de glissement général du versant, il est prévu des puits de forme allongée.

### Piles

Leur hauteur au-dessus du terrain varie entre 4 et 34 m ; elles sont uniques par appui de pont, de section octogonale (3×4,50 m). Certaines piles sont liées rigidement avec le tablier et forment les appuis fixes prenant les efforts horizontaux ; les autres piles supportent des appuis à rouleaux ; elles sont toutes encastrées dans les fondations, à l'exception des piles courtes qui sont articulées. Elles sont bétonnées par étapes successives de 2,50 m au moyen de coffrages grimpants.

### Tablier

La superstructure est une succession de poutres continues à dix travées, les joints de dilatation étant situés sur les culées ou les piles renforcées. Le système d'exécution prévoit la mise en précontrainte à 100 % par travées successives pour réduire le jeu des joints de dilatation ; la déformation élastique et une partie de la déformation plastique sont réalisées au moment

où se termine la poutre à dix travées. A chaque joint de travail, la liaison des câbles pour établir la continuité sera assurée par des têtes d'accouplement.

La section transversale est identique pour les deux ponts en forme de caisson à deux nervures, d'épaisseur variable 36 à 60 cm, avec parois biaises ; la hauteur du caisson est de 2,20 m ; l'épaisseur de la dalle de la chaussée varie entre 24 et 36 cm et présente un porte-à-faux de 2,60 m. Les appuis mobiles sont réalisés sur rouleaux métalliques.

### Construction

L'exécution des fouilles des fondations est prévue à la main avec un outillage léger ; l'excavation sera d'une largeur réduite en utilisant un étayage pour les parois. Pour les fondations en puits, trois méthodes ont été prévues suivant les conditions de stabilité des terrains :

- Simple boisage du puits, mis en place au fur et à mesure de l'avancement, pour les terrains stables.
- Boisage par marche-avant (terrains moins stables).
- Descente en bétonnant des anneaux au fur et à mesure de l'avancement (éboulis instables).

Le tablier est construit par travées successives, avec des joints et des accouplements de câbles au  $\frac{1}{5}$  de la portée. Pour éviter tout appui sur le terrain, il a été prévu l'utilisation d'un échafaudage métallique autoportant reposant au sommet des piles moyennant des vérins hydrauliques et des traverses métalliques, qui se déplace dans le sens longitudinal par étape d'une travée. Cette construction supporte le coffrage fixé sur la charpente métallique.

Le béton est fabriqué dans une station située à l'extrémité du pont et transporté sur la partie déjà construite, la mise en place se faisant par l'intermédiaire



Fig. 7. — Projet Zschokke. Echafaudage.

d'une grue mobile. Chaque travée sera bétonnée sans interruption avec la section totale ; le délai est de vingt-quatre heures par travée. Il est prévu un seul dispositif d'échafaudage par ouvrage, ce qui conduit à une durée totale de quarante-huit mois pour la construction.

L'auteur a présenté une variante, dont la conception générale, les portées, fondations sont analogues au projet officiel ; seul le tablier est modifié dans le sens que la section transversale comporte un pont unique avec deux chaussées au même niveau. Cette proposition présente l'avantage de diminuer quelque peu la surface du tablier par rapport à la solution avec deux viaducs séparés et économise une installation d'échafaudage et de coffrage ; elle n'a pas été prise en considération, car la section transversale n'était pas conforme aux prescriptions du mandat d'étude et ne correspondait pas au profil en travers type fixé par les directives fédérales.

Comme pour le projet de M. Suter, l'auteur a été invité à compléter son étude, de manière à l'adapter aux conditions géologiques défavorables du secteur d'ébouils instables. La modification apportée consiste à franchir cette zone par un ouvrage à trois travées de 55, 100, 55 m de longueur, construit en encorbellement suivant le système classique (double porte-à-faux à partir des piles). La section transversale est également prévue en caisson, de hauteur variable ; le reste du projet n'est pas modifié.

#### 4. Projet Zwahlen & Mayr - Entreprise Losinger

Le groupe d'étude s'est assuré la collaboration de M. H. B. de Cérenville, ingénieur, pour l'étude des fondations.

##### *Conception — choix du système statique*

L'ouvrage est une construction mixte acier-béton, réalisée par une succession de travées à deux appuis simples de 42 et 48 m de portée, ces dernières étant

réparties de manière à réduire le nombre des fondations situées dans les zones délicates. La zone instable au nord-ouest du Bois de Chillon est franchie par des poutres cantilever, de 110 m de portée centrale et 76 m pour les travées adjacentes. Dans certains tronçons où le terrain naturel est près du tablier, le côté amont de l'ouvrage est porté par une poutre en béton armé, raidie, formant soutènement.

Le choix de ce type d'ouvrage a été dicté par une standardisation maximum des portées et différents éléments, tout en recherchant les conditions d'appui les plus favorables.

##### *Fondations*

L'étude est basée sur les données géologiques, de même que sur les résultats des sondages ; les critères déterminants pour le choix du type de fondations ont été les suivants :

- Nature et épaisseur des sols de couverture (estimation des valeurs des angles de frottement interne et de la cohésion des sols).
- Nature du fond rocheux.
- Niveau et profondeur des fondations découlant des critères mentionnés ci-dessus.
- Détermination du taux de travail moyen sur les sols et sur la roche.

Diverses études de stabilité ont été faites pour des profils caractéristiques jugés dangereux, conduisant à prendre des mesures particulières aux endroits où la stabilité est insuffisante. Les différentes solutions présentées sont ainsi les suivantes :

- Fondations sur rocher à travers les zones d'ébouils peu profonds.
- Fondations sur éboulements jugés suffisamment stables dans leur ensemble, avec possibilité cependant de tassements localisés dus aux vides entre éléments ; cet inconvénient peut être éliminé en injectant localement avec un coulis de mortier, les éboulements étant perméables.
- Fondations sur moraine indifférenciée, peu cohérente ; des ancrages en rocher sont prévus, destinés à améliorer la stabilité au frottement.



- Fondations sur éboulis et tuf situé sur une bonne moraine avec roche jusqu'à 10 m de profondeur ; dans ce cas, des ancrages en rocher par câbles de précontrainte sont également prévus.
- Fondations sur éboulis meubles de grande épaisseur (6 à 12 m) reposant sur le rocher ; ce sont des sols relativement compressibles, des ancrages en rocher ne sont pas souhaitables dans ce cas, mais des injections sont possibles pour consolider le terrain.
- L'auteur a exclu des appuis dans la zone d'éboulis jugée instable et dangereuse.

Les fondations sont du type semelles à redans, s'adaptant au terrain ; une liaison par socle continu est réalisée entre les fondations des deux ouvrages dans les versants à forte pente transversale.

#### Piles

Elles sont constituées par deux piliers par ouvrage de 1,60×0,68 m de section constante, espacés de 5 m et liés par une entretoise à la partie supérieure et un socle continu à la base. Elles sont considérées comme encastées à la base et articulées à la tête, et sont construites à l'aide d'un échafaudage tubulaire complet.

#### Tablier

a) *Viaduc* : Il est composé de deux poutres maîtresses métalliques droites par pont de 2,80 m de hauteur à âme pleine, espacées de 6 m entre axes ; les travées sont à deux appuis simples sans continuité. Les appuis des poutres maîtresses sont surélevés et placés à l'intérieur des poutres sous une entretoise, de manière à réduire l'ouverture du joint sur chaque palée sous l'effet d'une rotation ; les efforts longitudinaux sont transmis aux palées par l'intermédiaire des appuis et repris tous les 300 à 400 m par des points fixes sur les culées.

La dalle est constituée par des plaques préfabriquées

en béton armé, de 25 cm d'épaisseur, dont la saillie sur les poutres maîtresses varie avec la courbure. La liaison longitudinale entre les éléments de dalle est assurée par le bétonnage sur place des joints (béton de ciment fondu et recouvrement d'armature) ; les éléments sont renforcés sur appuis.

La liaison tablier - poutres maîtresses est réalisée par des chevilles métalliques soudées sur place sur les ailes des poutres et situées dans des évidements des plaques préfabriquées ; le tablier est posé sur bain de mortier, sur les poutres maîtresses.

b) *Cantilever* : La section est analogue à celle des viaducs avec deux poutres maîtresses à âme pleine de hauteur variable de 4 à 5,50 m pour la travée centrale de 110 m, et de 2,80 m pour les deux travées adjacentes de 76 m. La longueur des cantilevers est de 28 m dans la travée adjacente, laissant des portées de 48 m à l'extérieur, soit d'une dimension identique aux poutres du viaduc. L'épaisseur des dalles préfabriquées est augmentée à 27 cm.

Les conditions de liaison entre le tablier en béton armé préfabriqué et les poutres maîtresses sont dictées par des considérations statiques et des prescriptions de montage. La liaison dalle - poutres maîtresses est assurée par des taquets métalliques en T soudés sur l'aile des poutres et situés dans les évidements du tablier. Des dalles de compression en béton armé, solidaires de la membrure inférieure sont prévues au droit des appuis centraux.

Le tablier est précontraint dans le sens longitudinal par dénivellation des appuis. Cette précontrainte est préalablement complétée sur les appuis centraux par une précontrainte par câbles.

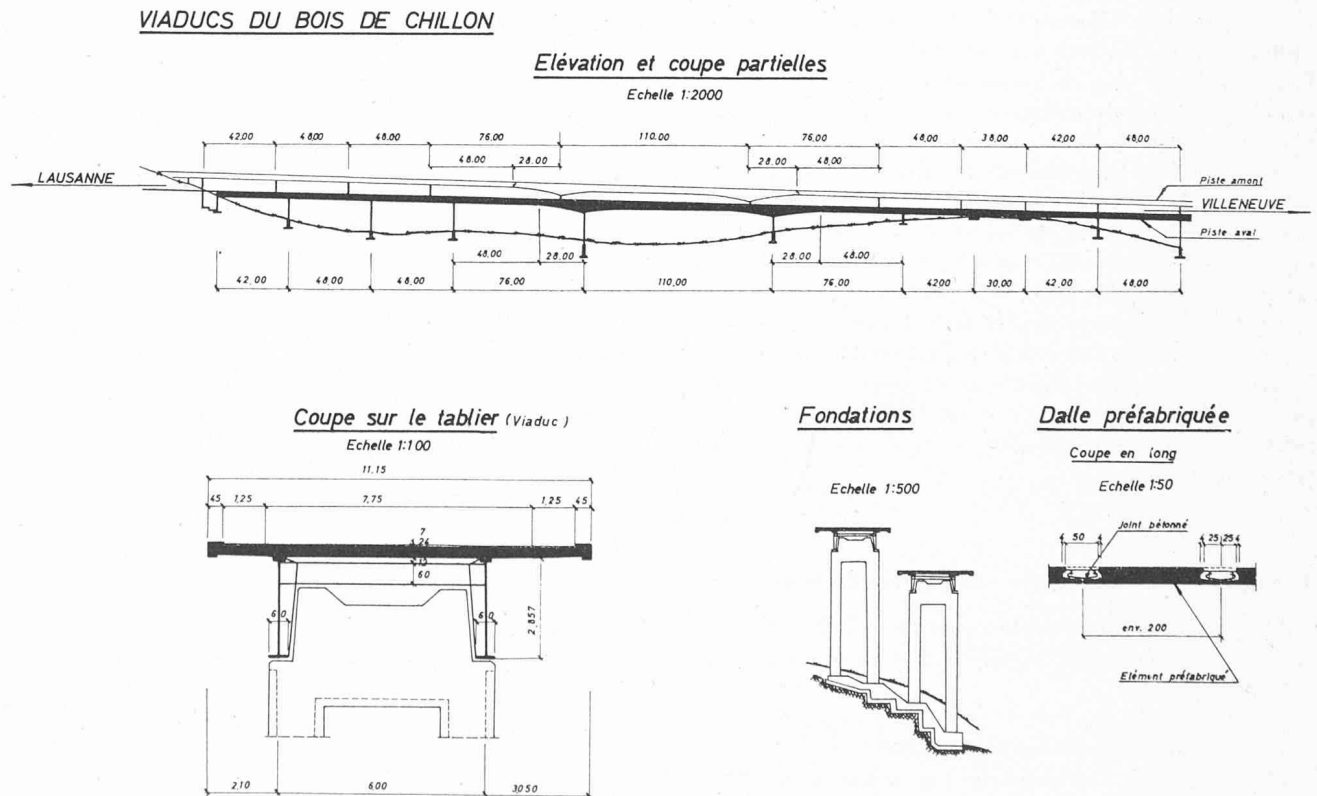


Fig. 8. — Projet Zwahlen & Mayr - Losinger.

## Construction

Pour les viaducs, les éléments métalliques sont amenés à partir du point d'installation fixe jusqu'à l'avant-dernière travée construite au moyen d'un chariot accouplé à un tracteur et déchargés par l'intermédiaire d'une grue sur rails, puis assemblés et soudés. La travée de pont à lancer, entretoisée et contreventée, sera placée à l'aide de vérins sur des galets fixes qui permettront de lancer le pont par ripage longitudinal moyennant un treuil jusqu'à la palée suivante ; le pont est ensuite descendu sur ses appuis au moyen de vérins. Le ripage longitudinal est réalisé avec un bec de lancement boulonné à l'extrémité de la travée et venant prendre appui sur cette dernière.

Les dalles préfabriquées sont posées à l'aide d'une grue derrick et mises en place à l'avancement ; la liaison est ensuite assurée entre la dalle et les poutres maîtresses. Pour la partie de pont en cantilever, les moyens techniques de mise en place et les installations de montage sont analogues à ceux décrits ci-dessus. Les installations prévoient trois postes de ravitaillement, deux aux extrémités du lot pour les grosses pièces et une au milieu.

Pour les fondations, palées et culées, l'exécution se fera en multipliant de petits chantiers répartis sur la longueur et alimentés par de petits véhicules, decavilles et funiculaires. Le programme prévoit la construction du premier pont en vingt-six mois et l'ensemble en trente-trois mois avec un montage dans quatre directions simultanées.

## V. Examen des projets par le groupe d'experts

### 1. *Projet Piguet-Chapuisat*

Par une légère modification du tracé, l'auteur peut, dans la mesure du possible, éviter les zones à forte pente, de même que celles de grande épaisseur de couverture des sols non rocheux. Un choix judicieux des portées, différentes et grandes, permet de fonder les piles sur le rocher, ce qui est recommandé, étant donné le type de pont ; les charges au sol sont grandes et la conception de l'ouvrage ne permet pas de tolérer des tassements différentiels appréciables entre deux éléments d'une même pile. Le mode d'exécution des fouilles de fondation est bien étudié et n'appelle aucune réserve.

Le système de construction choisi (encorbellement) est connu et éprouvé.

Du point de vue esthétique, l'ouvrage présente une remarquable unité de conception et de ligne, et l'alternance des travées est heureuse, de même que le décalage des piles ; le site est entièrement sauvegardé.

### 2. *Projet Suter-Dentan*

Étant donné les travées de faible portée, le nombre des appuis et fondations est très grand, ce qui nécessitera pour atteindre le rocher des fouilles à flanc de coteau dont l'exécution sera délicate, notamment dans les zones d'ébouil et d'éboulements, où des glissements sont à redouter ; certaines excavations coûteuses pourraient être évitées en prenant appui au voisinage de la surface, vu qu'il s'agit d'un ouvrage peu sensible à des tassements éventuels.

Du point de vue construction, la solution présentée est simple et claire, mais l'étude du projet aurait pu être poussée davantage, principalement en ce qui con-

cerne les problèmes en relation avec la préfabrication et le montage.

Du point de vue esthétique, on peut craindre que le site souffrirait de la présence d'un ouvrage présentant un très grand nombre de piles et dont les poutres suivent une ligne polygonale. Le complément présenté, prévoyant le franchissement de la zone dangereuse sans appuis intermédiaires par un ouvrage à béquilles, n'a pu être pris en considération.

### 3. *Projet Zschokke*

Ce dernier exclut les fondations sur les sols non rocheux, ce qui a conduit son auteur à prévoir des fondations sur puits pouvant atteindre 25 m de profondeur ; leur exécution sera coûteuse, sans que l'on puisse prévoir la nature et l'importance des difficultés qui seront rencontrées.

Du point de vue de la construction, le projet est bien étudié et la solution choisie consacrée par l'expérience est à l'abri des critiques.

Du point de vue esthétique, la sinuosité du viaduc est mise en valeur par le système adopté, les piles sont de forme agréable, mais on est en droit de redouter une certaine monotonie ; le site est sauvegardé.

### 4. *Projet Zwahlen & Mayr - Losinger - de Cérenville*

Les problèmes de fondation ont été particulièrement bien étudiés ; l'auteur a exclu l'établissement d'appuis dans la zone d'éboulis schisteux. Les portées légèrement variables ont permis de localiser les appuis en évitant des fouilles trop profondes ; les fondations sont conçues de manière à tolérer le report des charges au sol, au sein même des couches non rocheuses. Dans le secteur d'éboulements, des injections sont prévues pour consolider le terrain ainsi que des ancrages. Le projet est bien adapté à la nature des sols de fondation ; s'agissant d'un ouvrage avec poutres sur appuis simples, les risques de tassement présentent peu d'inconvénients.

Du point de vue construction, les portées sont judicieusement choisies, le montage et l'utilisation des dalles préfabriquées sont rationnels ; la construction ne présente pas de difficultés.

Du point de vue esthétique, la structure est bien accusée, la ligne polygonale des poutres est admissible, vu la grande longueur du porte-à-faux de la dalle ; les atteintes au site sont peu importantes.

## Conclusions

Le groupe d'experts a attaché une importance toute spéciale au problème des fondations ; il est d'avis que la préférence doit être donnée aux projets qui tiennent le mieux compte des conditions géologiques et géotechniques, de même que ceux s'adaptant le mieux au site de Chillon. Du point de vue coût de construction, les projets Suter et Zschokke sont pratiquement identiques, tout en étant les meilleurs marchés ; la différence avec le projet Piguet est relativement faible, tandis que le projet Zwahlen & Mayr est plus cher.

Tenant compte de tous les éléments de comparaison, le groupe d'experts a recommandé au maître de l'ouvrage le projet Piguet-Chapuisat ; ce dernier présente en effet toutes les garanties quant à la stabilité de l'ouvrage tant du point de vue de ses fondations que de la superstructure et, en matière d'esthétique, il s'harmonise le mieux avec le site protégé de Chillon.