Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 112 (1986)
Heft: 20

Wettbewerbe

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

CONCOURS DE GÉNIE CIVIL : PONTS D'AUTOROUTE

Si la construction du réseau des routes nationales approche de son terme, la Suisse romande connaît toutefois deux importantes lacunes : le raccordement de la N1 entre Berne et Yverdon et la réalisation de la N9 sur toute sa longueur, du Jura au Simplon.
Ces tronçons nécessitent d'importants ouvrages d'art. Aujourd'hui, trois d'entre eux vont pouvoir être mis en chantier, ayant fait l'objet de concours désormais jugés. La signification de ces ouvrages dépasse largement des considérations liées au trafic routier. Il s'agit en effet de témoignages, qui seront bien visibles et durables, du niveau technique et esthétique atteint par les ingénieurs de notre pays.
Nous présentons ici les projets les mieux classés lors de trois concours en Suisse romande, dans les cantons du Valais, de Vaud et de Fribourg. Nous souhaitons que nos lecteurs prennent autant de plaisir à les découvrir que nous en avonss eu à en préparer la publication.

Jean-Pierre Weibel

Pont de Chandoline, RN9, Sion

Participants
- Communauté d'ingénieurs : Bureau technique Michel Andenmatten, Sion, Bureau d'ingénieurs SA, à Sierre, et René Walther, professeur EPFL, Lausanne.
- Compagnie d'études et de réalisations techniques SA, Sion, associée au Groupement d'ingénieurs indépendants, Sierre (Simon Crettaz, Stéphane Balmer et Ch. Wuilloud, Sierre, et Hans Gerhard Dauner, Dr ès sc. techn., Aigle).
- Deléglise et Tremblet, Sion et Genève.
- Gianadda et Guglielmetti SA, Martigny, associés à Hünerwadel et Häberli, Sion.
- de Kalbermatten, Burri et Missbauer, Sion, associés à de Torrenté et Pellissier, Sion, en collaboration avec Christian Menn, professeur EPFZ, Zurich.
- Association d'ingénieurs Pont de Chandoline, Sion, par Guillaume Favre, Sion (Ateliers de constructions métalliques de Vevey SA, Vevey), Glauser & Granges SA, Sion, et Gilles Rey, Montana.

Photomontage montrant l'intégration du projet ayant obtenu le 1er prix (de Kalbermatten, Burri & Missbauer, de Torrenté & Pellissier, Ch. Menn).

1. Caractéristiques de l'ouvrage

Le concours de projets, organisé en novembre 1984 par le Département des travaux publics du Valais en accord avec l'Office fédéral des routes, avait pour but le franchissement du Rhône par l'autoroute N9 à Sion, dans la région de Chandoline. L'ouvrage à concevoir présentait un ensemble de caractéristiques particulièrement contraignantes :

- le concours portait sur un tronçon d'autoroute d'une longueur de 560 m. L'ouvrage, long d'au moins 260 m, pouvait être conçu comme pont unique ou sous forme de ponts jumelés ;
- l'ouvrage d'art devait s'inscrire dans un tracé d'autoroute courbe, d'un rayon de 2000 m, avec un clothoïde sur la rive droite du Rhône ;
- dans le profil en long, le pont s'insérait dans une courbure convexe de 16000 m de rayon, dont le sommet se situait au milieu du fleuve. De part et d'autre, l'autoroute plonge à l'ouest avec une pente de 1,9% et à l'est de 2,872% ;
- la largeur de l'ouvrage atteignait au moins 24,40 m, y compris une berme centrale d'une largeur minimale de 4,0 m. Le pont présentait un dévers unilatéral de 3,6% vers le nord, sauf la voie d'arrêt sud, présentant une contre-pente de 3%.

Parmi les nombreuses contraintes, citons les plus importantes :

- les zones de sécurité de l'aéroport de Sion limitent la hauteur hors-tout des structures à 30 m environ au-dessus du tablier ;
- le niveau du projet Hydrorhône fixe à 491,25 m la cote inférieure de l'ouvrage ;
- la restriction d'implantation de piles dans le Rhône ne permet que trois variantes :
  - *a)* gabarit d'espace libre de 260 m, sans pile dans le Rhône ;
  - *b)* une pile dans le Rhône, sise à l'axe des 260 m ;
  - *c)* deux piles dans le Rhône dans l'emprise des 260 m ;
- une voie ferrée industrielle est projetée sur la rive droite ;
- les routes sont à maintenir sur les digues de chaque rive.

Participants et jugement

Sur la base d'inscriptions consécutives à l'annonce du concours dans le *Bulletin officiel du canton du Valais,* sept groupes de bureaux d'ingénieurs ont été invités par le Conseil d'Etat du canton du Valais à participer au concours (encadré).
Les projets présentés ont été examinés par un jury présidé par le représentant cantonal du maître de l'ouvrage et qui a fait appel à plusieurs experts ainsi qu'à

Jury
MM. Peter Schmalz, ingénieur, OFR, et Jean Vouilloz, ingénieur, SRNV, représentants du maître de l'ouvrage, Jacques Pitteloud, architecte de la ville de Sion, Jean-Claude Badoux et Renaud Favre, professeurs EPFL, Hans Hauri, professeur EPFZ, Rudolf Mathys, ingénieur civil, Bienne, et Paul Morisod, architecte, Sion. Suppléants : MM. Jimmy Delaloye, ingénieur, SRNV, et René Schwery, ingénieur de la ville de Sion.
Le jury a fait appel aux experts suivants : MM. Hervé Detrey, ingénieur civil, Lausanne (géotechnique), G. Dittmann, Düsseldorf (RFA) (haubanage), Claude de Kalbermatten, SCE (compatibilité avec le Rhône), Guy Papilloud, SSE, Lausanne (estimation des coûts), R. Ruhrberg, Hagen (BRD) (haubanage), et S. Zingg, CSCM, Zurich (estimation des coûts). Trois bureaux d'ingénieurs valaisans ont en outre assisté le jury pour le contrôle des métrés.

des bureaux d'ingénieurs pour le contrôle des métrés (encadré).
Après que le règlement du concours ait été adopté par le jury, le 11 décembre 1984, sept mois ont été impartis aux concurrents pour l'élaboration de leurs projets, du 14 mars au 18 octobre 1985.
Le jugement s'est effectué sur la base d'analyses consignées pour chaque projet dans
- un rapport d'un membre du jury ;
- un corapport d'un autre membre du jury ;
- deux rapports sur l'esthétique par les architectes membres du jury, s'appuyant sur les maquettes et les photomontages ;
- un rapport d'expert en géotechnique ;
- un rapport et un corapport d'expert pour le haubanage.

Le classement a été établi sur la base de trois critères.

a) *La conception et la construction*
Ces notions comprennent en particulier la conception générale de l'ouvrage, sa durabilité, le système statique, les fondations, la superstructure, les nécessités et les possibilités d'entretien ainsi que l'estimation de risques pendant et après l'exécution.

b) *L'esthétique et l'intégration au site*
Etant donné la situation de l'ouvrage, aux portes de Sion, le jury a attaché une grande importance à l'esthétique dans son appréciation des projets soumis. Cette notion comprend l'aspect général de l'ouvrage proprement dit, son impact sur l'environnement et son intégration au site.

c) *L'économie*
Ce critère porte essentiellement sur le coût de construction et les frais d'entretien de l'ouvrage. La recherche d'une solution économique ne devait toutefois pas se faire au détriment de la qualité de la construction et de l'esthétique du projet.
Le coût de chaque projet soumis a été déterminé par les experts de la *Société suisse des entrepreneurs* et du *Centre suisse de la construction métallique* après que les bureaux d'ingénieurs chargés de vérifier les métrés eurent effectué leur contrôle et que des adaptations techniques de quantités eussent été prescrites pour amener chacun des projets à un niveau comparable.

3. Palmarès

Résultats

1er prix : Fr. 42000.–
de Kalbermatten, Burri et Missbauer, Sion, associés à de Torrenté et Pellissier, Sion, en collaboration avec Christian Menn, professeur, Zurich.

2e prix : Fr. 41000.–
Compagnie d'études et de réalisations techniques SA, Sion, associée au groupement d'ingénieurs indépendants, Sierre (Simon Crettaz, Stéphane Balmer et Ch. Wuilloud, Sierre ; Hans Gerhard Dauner, Aigle).

3e prix : Fr. 32000.–
Association d'ingénieurs «Pont de Chandoline» (Guillaume Favre, Sion, Ateliers de constructions mécaniques de Vevey, Vevey, Glauser et Granges SA, Sion, et Gilles Rey, Montana).

4e prix : Fr. 25000.–
Communauté d'ingénieurs : Bureau d'ingénieurs Michel Andenmatten, Sion, Bureau d'ingénieurs SA, Sierre (Jérémie Robyr, Sierre), et René Walther, professeur, Lausanne.

5e prix : Fr. 24000.–
Groupement de bureaux d'ingénieurs Dénériaz et Pralong SA, Sion, G. et J. Pralong, Saint-Martin, et Schmidt & Partner AG, Bâle.

6e prix : Fr. 10000.–
Deléglise et Tremblet, Sion et Genève.

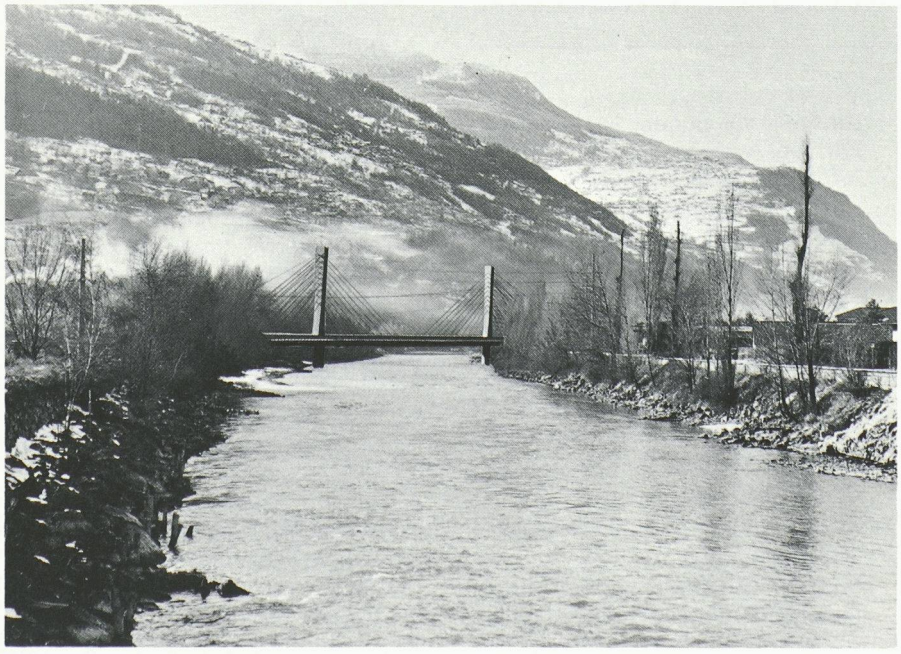
7e prix : Fr. 6000.–
Gianadda et Guglielmetti SA, Martigny, associés à Hünerwadel et Häberli, Sion.
Chaque concurrent reçoit en outre l'indemnité de 60000 francs prévue dans le règlement du concours.
Le jury recommande au maître de l'ouvrage d'attribuer le mandat d'étude définitif aux auteurs du projet ayant obtenu le premier prix, compte tenu des recommandations formulées dans son rapport final.

4. Extraits du rapport du jury

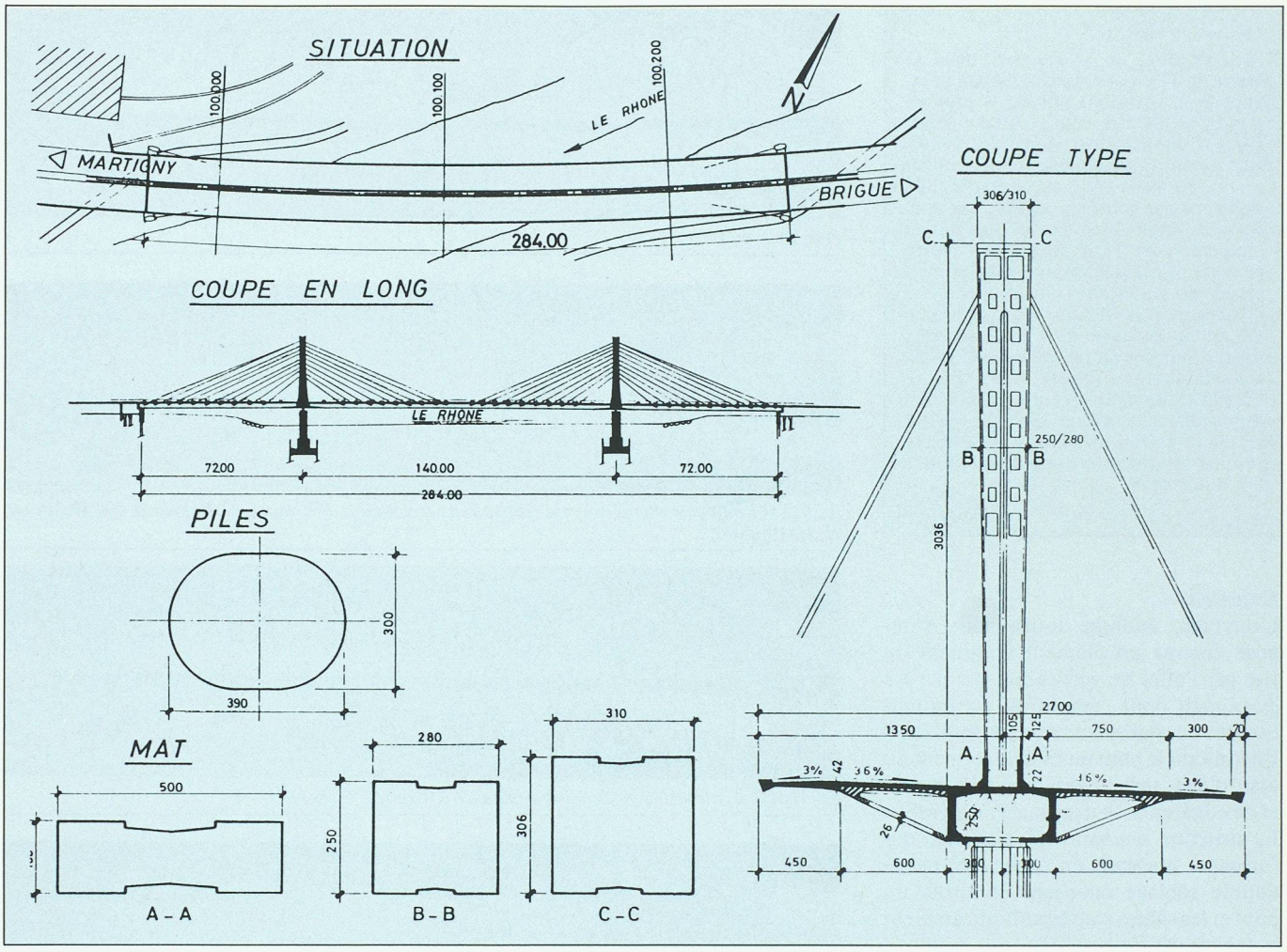
1er prix

Conception
Le pont est conçu comme pont haubané à une nappe centrale en semi-harpe, avec poutre à caisson en béton précontraint. Des haubans fixés latéralement aux entretoises des culées assurent la stabilité de l'ensemble. Les mâts sont en béton.
Les porte-à-faux s'appuient sur une triangulation de béquilles préfabriquées fixées au caisson. Aucun viaduc d'accès n'est prévu, seul le fleuve étant enjambé en ouvrage.
Cette conception claire et moderne, à structure porteuse principale au-dessus de la chaussée, permet d'affiner les sections malgré les longues portées à franchir.

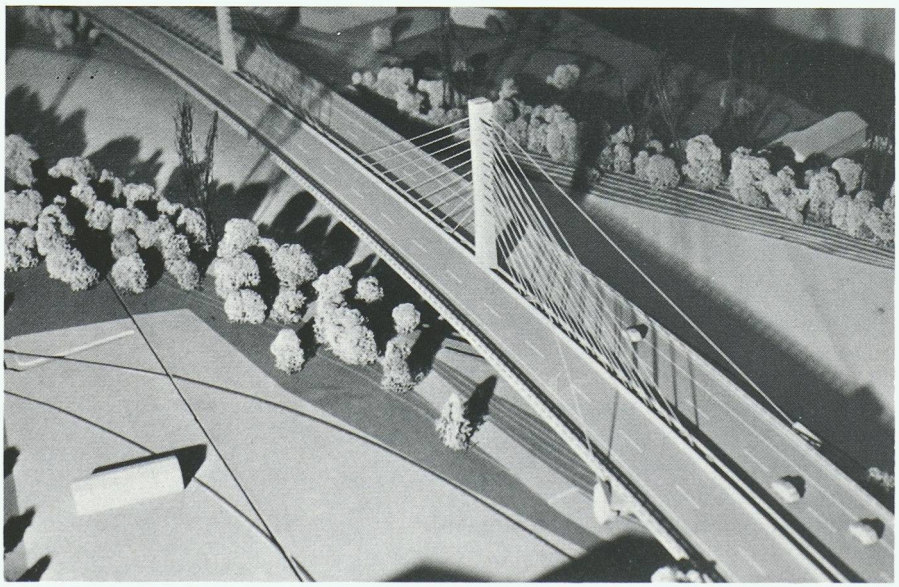
Statique
Les fondations sont bien calculées avec des hypothèses géotechniques correctes, parfois même pessimistes.
Le système statique choisi est un cadre plan. La superstructure est liée aux piles par une articulation en béton.
Les calculs au stade final sont corrects. Les phases de montage devront être

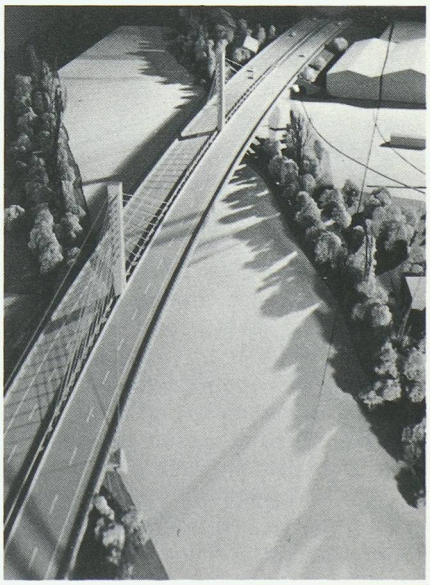


Autre vue du 1er prix en photomontage.



Caractéristiques du 1er prix.





Deux vues de la maquette du 1er prix.

reconsidérées. Le choix des divers modules d'élasticité se révèle parfois optimiste.

Mode d'exécution

L'idée de construire les piles dans le Rhône à l'abri d'une enceinte de paroi moulée est astucieuse. Le tout est correctement dimensionné.

La superstructure horizontale est exécutée en quatre phases. On édifie le caisson central en encorbellement par étape de 3 m jusqu'au joint de clavage. On élargit la section jusqu'à l'appui des béquilles triangulées. On construit les consoles jusqu'aux bordures. On bétonne enfin les bordures. Ce processus est certes réalisable mais il est cependant recommandé de le simplifier pour éviter un décalage trop important dans le temps entre les diverses phases de bétonnage.

Durabilité et maintenance

La durabilité de l'ouvrage, bonne dans l'ensemble, sera influencée cependant par les liaisons des béquilles préfabriquées, par la fissuration prévisible consécutive au mode d'exécution de la superstructure et par l'articulation en béton qu'il est recommandé de modifier.

L'accessibilité au caisson, aux joints, aux câbles et aux ancrages a été prévue.

Comme un malaise

Sous ce titre, un article paru dans *Le Matin* du 27 avril dernier expliquait pourquoi le projet ayant obtenu le premier prix aurait dû être éliminé du concours. Nous n'entrerons pas ici dans la discussion du rôle que la longueur des remblais a pu jouer dans l'évaluation par le jury. Relevons par contre la sagesse des concurrents moins bien classés, qui ont su tempérer leurs récriminations à la presse en reconnaissant les méritess du premier prix et en renonçant à un recours.
C'est en effet sur le seul critère de la qualité qu'un ouvrage d'art peut durablement s'imposer. Or on constatera à la lecture de l'article suivant que l'un des bureaux auteurs du premier prix à Sion renouvelle son succès à Orbe: peut-il vraiment y avoir un malaise, si le même résultat est sanctionné par un jury tout à fait différent?

Rédaction

Esthétique

L'ouvrage, quoique transparent, s'impose comme un élément dominant du site par l'effet de verticalité créé par les deux mâts dont l'amplitude est proportionnée au vide à franchir sur le Rhône. En limitant le pont au franchissement du plan d'eau, une impression d'harmonie et de cohérence se dégage de l'ensemble. La structure haubanée révèle le jeu des forces en présence en particulier par le double câblage épousant la forme du pont et les câbles stabilisants qui assoient le tablier par l'extérieur.
La forme perçue dans l'espace est suffisamment caractéristique pour évoquer la présence du fleuve, marquer ce qui fait passage entre le dehors et la ville, et conférer son identité à l'espace industriel qu'elle domine.

Coûts

L'estimation des coûts place l'ouvrage comme le plus avantageux.

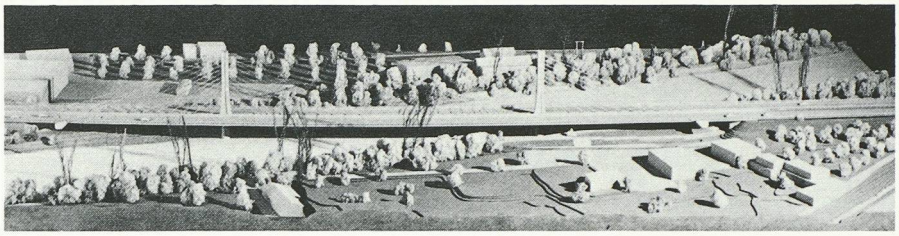
Conclusion

Ce projet se distingue par sa conception haubanée et l'idée de ne franchir que le fleuve en ouvrage. Guidés par ces deux options, les auteurs ont élaboré un ouvrage très élégant, à la technicité moderne, bien étudié et durable.
Esthétiquement réussi et au coût le plus avantageux parmi les solutions proposées, ce projet, même s'il nécessitera quelques adaptations dues à sa nouveauté relative en Suisse, peut être recommandé pour l'étude définitive.

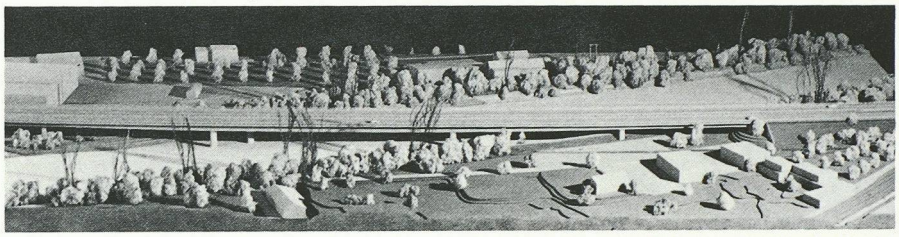
2e prix

Conception

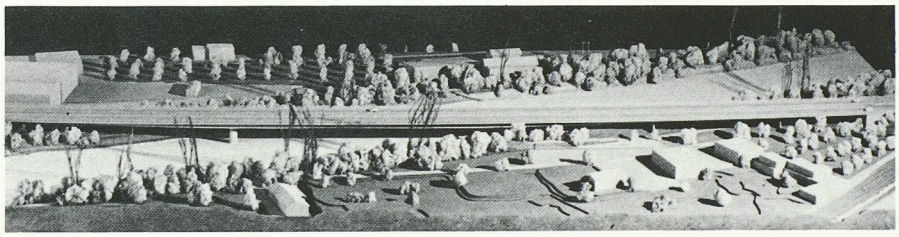
L'ouvrage se compose de deux ponts jumelés mixtes et précontraints, portés par deux caissons métalliques de hauteur linéairement décroissante à l'intérieur desquels se trouvent des câbles de précontrainte d'un tracé polygonal.
Cette conception moderne permet d'alléger sensiblement le tablier par rapport à un caisson en béton et de disposer une précontrainte soulageant notablement les efforts grâce aux forces de déviation.



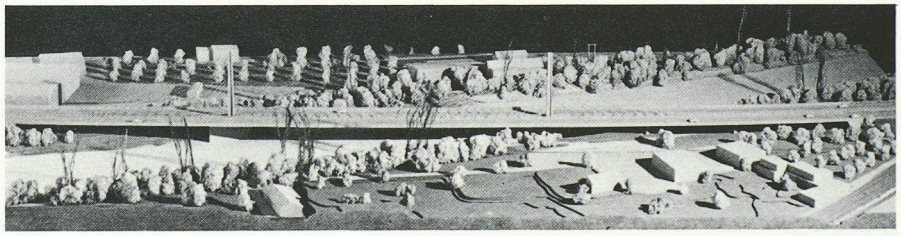
Maquette du 1er prix.



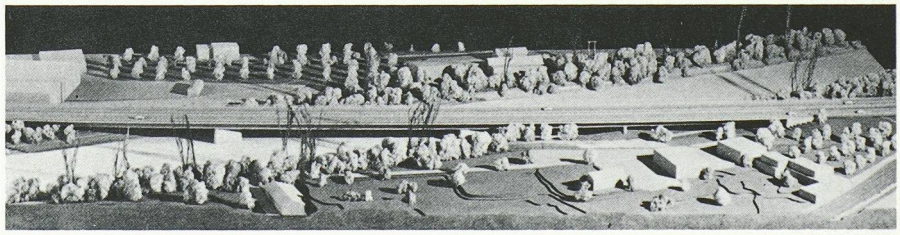
2e prix (Compagnie d'études et de réalisations techniques, S. Crettaz, S. Balmer & Ch. Wuilloud, H. G. Dauner).



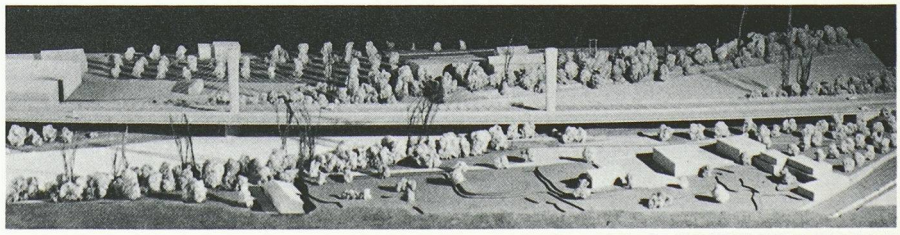
3e prix (G. Favre, Ateliers de Vevey, Glauser & Grange, G. Rey).



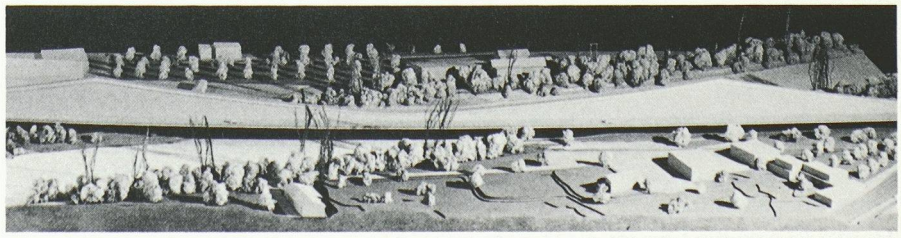
4e prix (Bureau M. Andenmatten, Bureau d'ingénieurs SA, R. Walther).



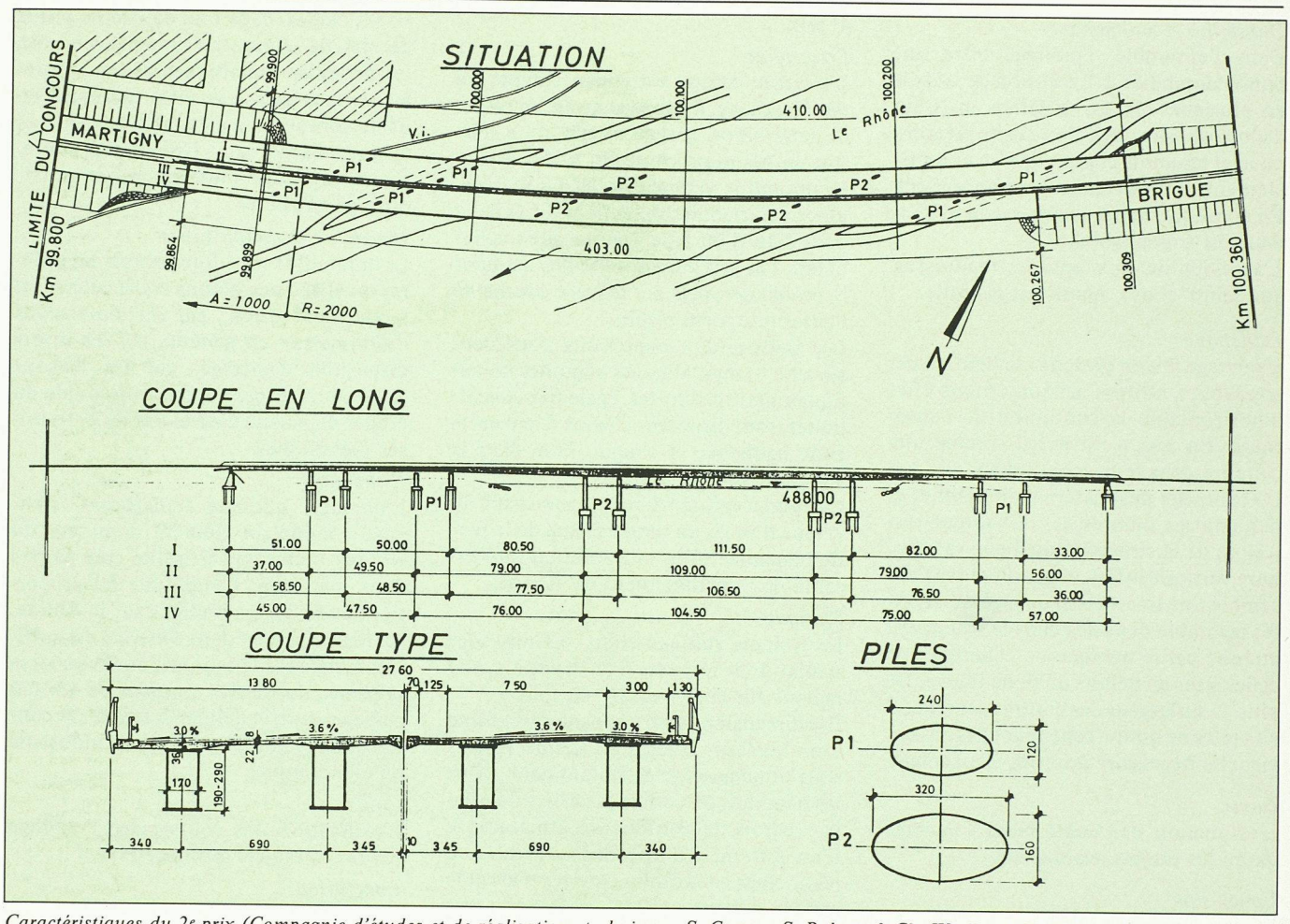
5e prix (Dénériaz & Pralong, G. & J. Pralong, Schmidt & partenaires).



6e prix (Deléglise & Tremblet).



7e prix (Gianadda & Guglielmetti SA, Hünerwadel & Häberli).



Caractéristiques du 2e prix (Compagnie d'études et de réalisations techniques, S. Crettaz, S. Balmer & Ch. Wuilloud, H. G. Dauner).

Statique
Le système statique est une poutre continue flottante stabilisée longitudinalement par un appui fixe par caisson. La section transversale correspond à une section ouverte mixte acier-béton à laquelle est ajoutée une précontrainte longitudinale.
Le grand élancement et par conséquent le comportement très souple du pont doivent être soulignés.

Mode d'exécution
Les caissons métalliques, soudés sur place, sont lancés par poussage en utilisant des piles provisoires et définitives. La dalle du tablier est bétonnée en une fois, par étape de 24 m, à l'aide d'un chariot. Ce mode d'exécution est approprié à ce type d'ouvrage.

Durabilité et maintenance
Le pont prévu garantira une bonne durabilité. Il faut cependant s'attendre à une fissuration due à la méthode d'exécution du tablier et au retrait en particulier.
L'accessibilité aux appuis, aux joints, aux caissons métalliques est assurée; celle aux câbles de précontrainte est difficile.
Esthétique
L'ouvrage, mis en évidence seulement par son tablier, affirme, par son unique effet d'horizontalité, la continuité de l'autoroute. En cela il est perçu comme une coupure dans le paysage urbain.
Le contraste des matériaux du tablier et des caissons, ainsi que la hauteur restreinte de la structure confèrent une impression de légèreté à l'ouvrage. Le foisonnement des piles produit cependant un effet peu heureux.
Si la légèreté obtenue par un minimum de matière reflète les capacités techniques de notre époque, la continuité affirmée du ruban de l'autoroute manifeste son indifférence au lieu traversé.
Coûts
L'estimation des coûts place l'ouvrage parmi les projets avantageux.
Conclusion
Le projet proposé offre une solution de franchissement du fleuve très intéressante. Innovante et de conception excellente, elle permet une utilisation rationnelle des matériaux tout en garantissant une bonne durabilité.
Légère d'aspect et de coût avantageux cette solution, si elle devait être réalisée, nécessiterait cependant quelques adaptations inhérentes à sa nouveauté.

3e prix
Conception
L'ouvrage consiste en deux ponts jumelés mixtes à deux poutres maîtresses par pont, à âmes pleines et de hauteur variable. Une précontrainte longitudinale est appliquée au droit des appuis, avant la solidarisation acier-béton.
Cette conception claire et simple influence cependant le choix des portées dans l'optique du respect des contraintes du maître de l'ouvrage à l'aide d'une structure porteuse sous le tablier.
Statique
Les fondations sont bien étudiées. Les dimensions qui en résultent sont plutôt «larges».
Le système statique est une poutre continue à hauteur variable. Les deux ponts sont flottants avec chacun un appui fixe vers le milieu.
Mode d'exécution
La solution d'un caisson havé pour la réalisation des piles dans le Rhône est originale et bien étudiée.
Les deux ponts sont lancés l'un après l'autre, par étapes de 80 m, sur les piles définitives. Le dernier tronçon de 68 m côté Brigue sera posé au moyen d'une grue.
On pose ensuite, grâce à une grue roulant sur les poutres métalliques, des dalles préfabriquées en usine. La surépaisseur de béton de la dalle est coulée par tranche de 100 m. On met enfin en place les bordures préfabriquées et on procède au bétonnage du reste de la bordure.
Le mode d'exécution de la superstructure est réalisable tel que prévu. Cependant il faut prévoir un renforcement des poutres maîtresses pour le lancement au-dessus du Rhône, ou introduire des piles provisoires dans le fleuve.

Durabilité et maintenance
Dans l'ensemble, l'ouvrage offre une bonne durabilité. L'exécution de la dalle en plusieurs étapes, sa faible épaisseur déduction faite des 6 cm de dalle préfabriquée et les joints chaque 2,80 m entre les éléments préfabriqués l'amoindrissent. En conséquence un épaississement de la dalle est souhaitable.
L'accessibilité aux poutres maîtresses, aux joints et aux appuis est garantie.

Esthétique
L'ouvrage mis en évidence seulement par son tablier, affirme par son unique effet d'horizontalité la continuité de l'autoroute. En cela il est perçu comme une coupure dans le paysage urbain.
Le contraste des matériaux du tablier et des poutres maîtresses, la hauteur restreinte de la structure ainsi que sa courbure verticale inférieure confèrent à l'ensemble une impression de légèreté. L'effet favorable des piles dans le Rhône est atténué par le manque de cohérence de celles sises en dehors du lit du fleuve. De plus, la surlargeur des poutres par rapport aux piles ne donne cependant pas l'assise visuelle nécessaire à un tel élancement.

Coûts
L'estimation des coûts place l'ouvrage parmi les projets avantageux.

Conclusion
De conception claire et simple, généralement bien étudié, le projet présenté s'appuie sur des systèmes de construction connus et éprouvés garants d'une bonne durabilité.
Compte tenu des quelques modifications proposées, cet ouvrage d'aspect léger et de coût avantageux est réalisable.

4e prix

Conception
L'ouvrage central est conçu comme un pont haubané, à nappe centrale en forme de semi-harpe, réalisé à l'aide d'un caisson en béton précontraint utilisé également pour le viaduc d'accès qui se développe sur chaque rive du fleuve. Les deux mâts sont d'un type «composite» acier-béton. Par une excentricité des haubans le problème causé par le tracé courbe de l'autoroute a été résolu.
Les porte-à-faux importants s'appuient sur une triangulation de béquilles métalliques. Des entretoises, également métalliques, sont disposées chaque 5 m dans la zone haubanée et chaque 10 m dans la zone des viaducs d'accès.
Cette conception alliant le classicisme du viaduc d'accès au modernisme de la partie haubanée offre une solution intéressante de franchissement du Rhône.

Statique
Le système statique choisi est un cadre spatial dont le point fixe se situe sur le mât sis sur la rive droite du fleuve.
Les dimensions sont à considérer comme «minimales». Elles sont même parfois sous-dimensionnées notamment pour les béquilles ou certaines parties du caisson (parois, dalle inférieure, armature...).
L'encastrement d'un mât dans le caisson, les ancrages des câbles dans les mâts et le caisson prêtent à réflexion. Des réserves sont à formuler à l'égard des pylônes «composites» (mise en place et compactage du béton) et leur fonctionnement.

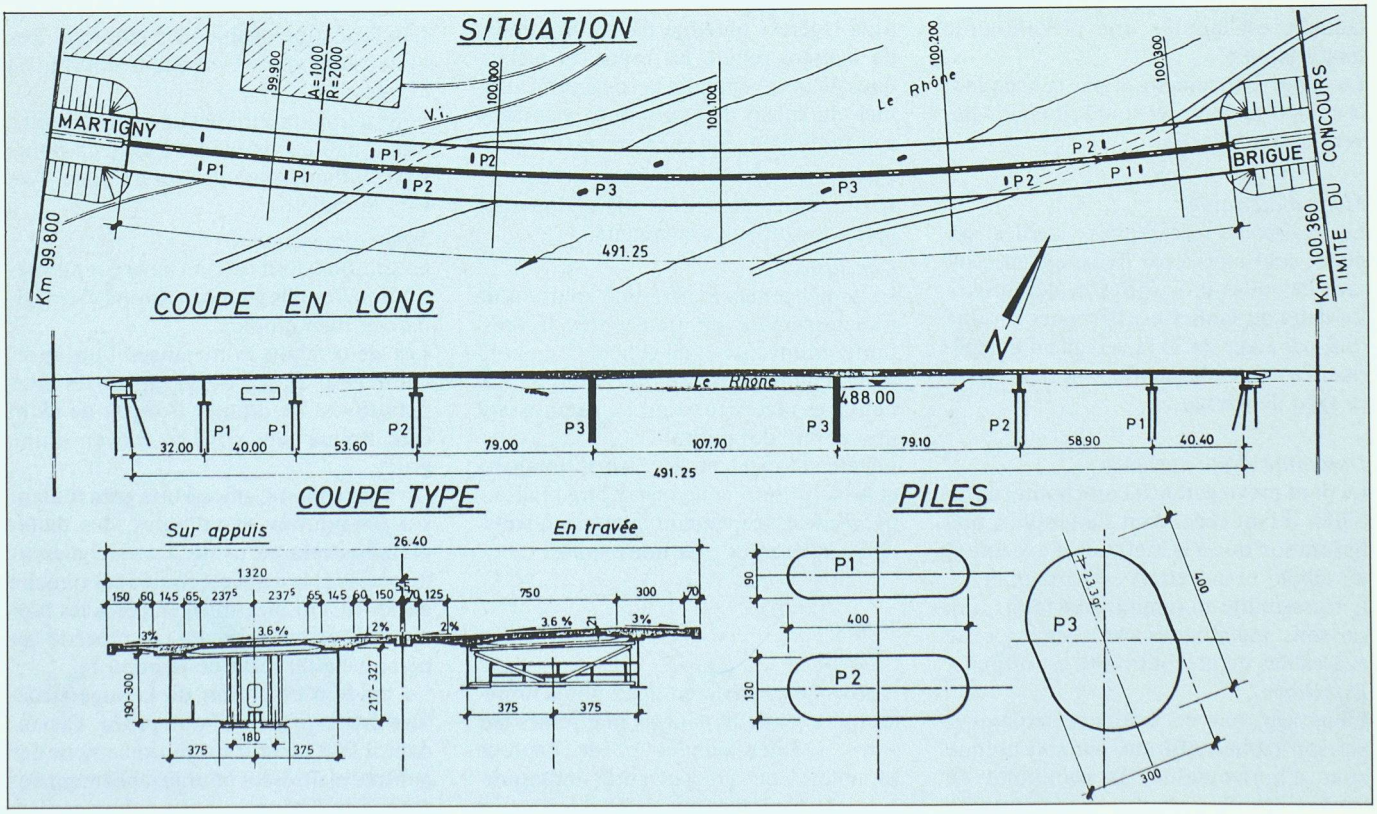
Mode d'exécution
Le Rhône est franchi en encorbellement par segment de 5 m. Dans un premier temps, on construit le caisson en plusieurs étapes, dans une deuxième phase décalée de quelques segments, on pose les béquilles métalliques et on exécute les porte-à-faux. Les mâts fabriqués en usine sont levés à partir des berges. Les viaducs d'accès sont réalisés sur cintre. Ces méthodes ne soulèvent pas de remarques particulières.

Durabilité et maintenance
La durabilité sera influencée par les différences d'âge des bétons consécutives au mode d'exécution; par les dimensions «minimales» en général, par les divers dispositifs d'ancrage, par les liaisons acier-béton et par l'appui trop souple du tablier du viaduc d'accès sur les entretoises métalliques.

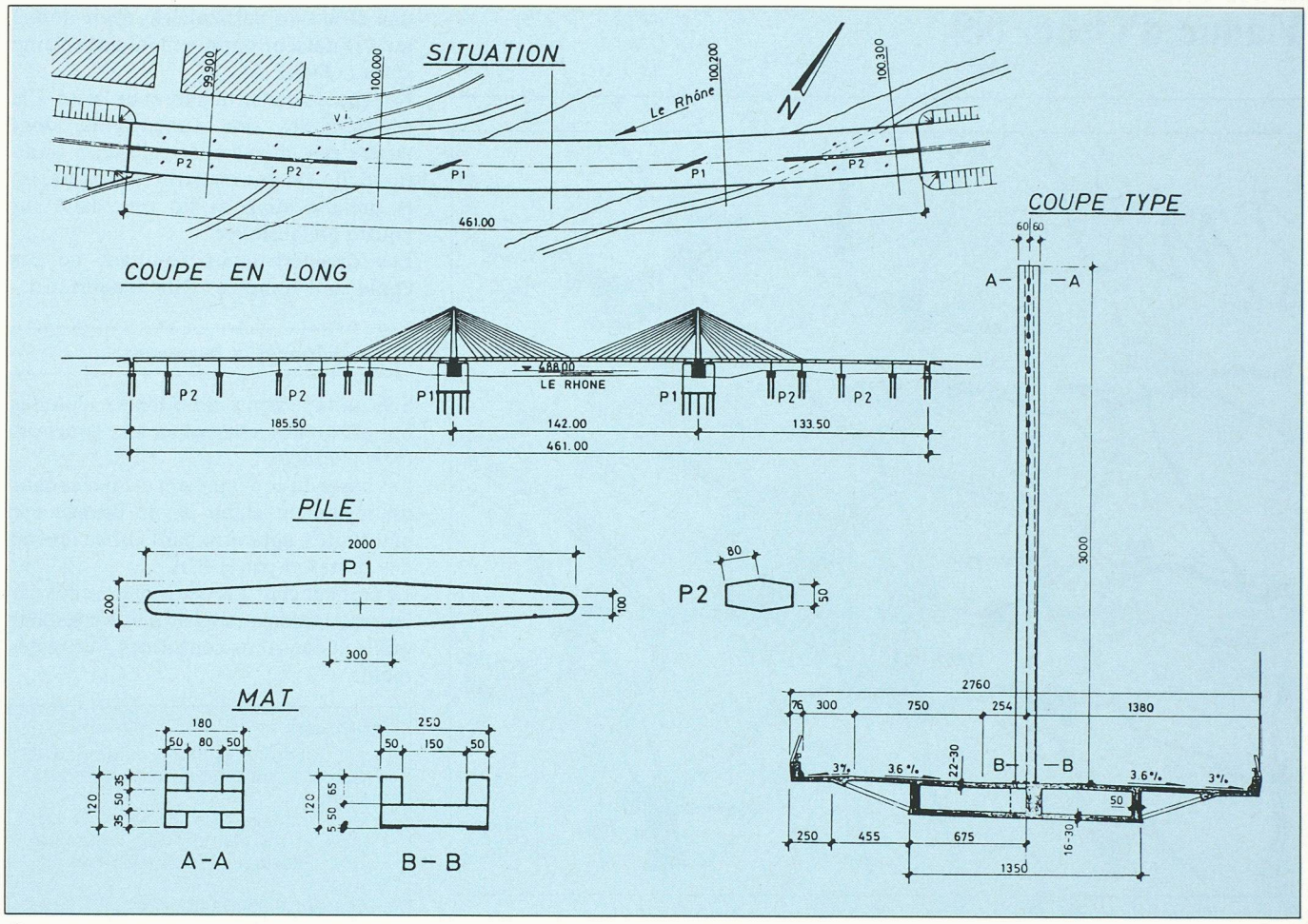
Esthétique
L'ouvrage, quoique transparent, s'impose comme un élément dominant du site par l'effet de verticalité créé par les deux mâts dont l'amplitude est proportionnée au vide à franchir sur le Rhône. La forme perçue dans l'espace est suffisamment caractéristique pour évoquer la présence du fleuve, marquer ce qui fait passage entre le dehors et la ville, et conférer son identité à l'espace industriel qu'elle domine.

Coûts
L'estimation des coûts place l'ouvrage parmi les projets avantageux.

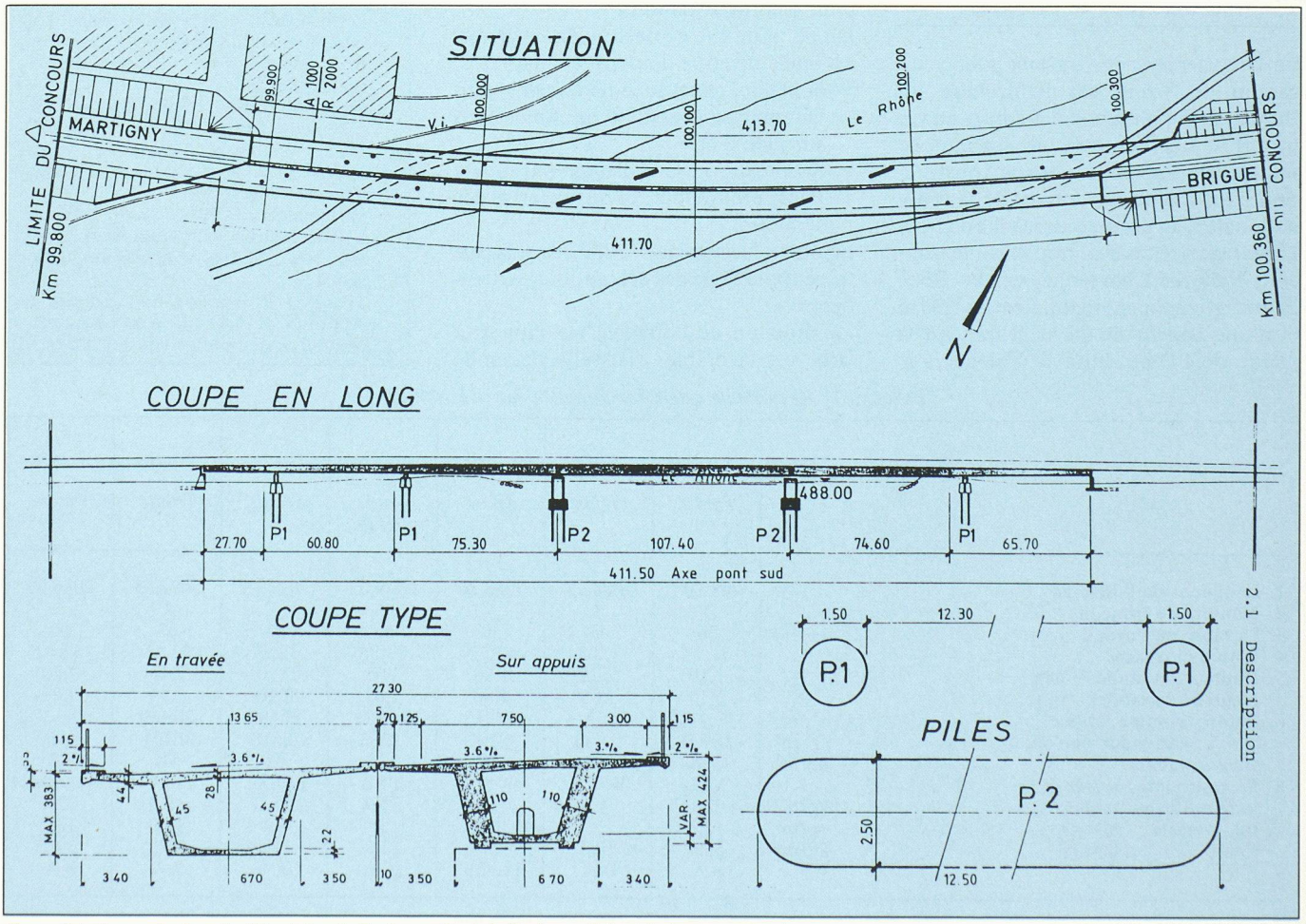
Conclusion
Ce pont haubané est dans l'ensemble de bonne facture mais suscite cependant des réserves dont les incidences sur ses dimensions et sa durabilité sont à considérer.
Esthétiquement satisfaisant ce projet, de coût avantageux, est réalisable avec quelques adaptations.



Caractéristiques du 3e prix (G. Favre, Ateliers de Vevey, Glauser & Grange, G. Rey).



Caractéristiques du 4e prix (Bureau M. Andenmatten, Bureau d'ingénieurs SA, R. Walther).



Caractéristiques du 5e prix (Denériaz & Pralong, G. & J. Pralong, Schmidt & partenaires).

Viaduc d'Orbe, N9

Plan de situation du viaduc d'Orbe (environ 1:85 000).

1. Caractéristiques de l'ouvrage

Le Département des travaux publics du canton de Vaud, par l'entremise du Bureau de construction des autoroutes, a ouvert le 8 février 1985 un concours de projets sur invitation pour la construction d'un viaduc sur le tracé de la route nationale 9, au nord-est de la ville d'Orbe. L'ouvrage à réaliser se trouve sur le tronçon Vallorbe-Chavornay de la RN9. D'une longueur approximative de 2100 m et d'une largeur de 20 m, il franchit la plaine de l'Orbe entre le Talent et le coteau situé au nord de la localité d'Orbe (voir plan de situation).

Du point de vue géotechnique, le viaduc est implanté entre deux zones distinctes :

- la plaine, constituée de terrains alluvionnaires nécessitant des fondations sur pieux, et
- le coteau, où la molasse se trouve à faible profondeur, ce qui autorise des semelles.

En outre, la nappe phréatique dans la partie centrale exige des précautions particulières.

La situation de l'ouvrage par rapport à Orbe est favorable, mais elle demande une attention particulière, étant donné qu'il se détache optiquement de la plaine et du coteau.

Le type de construction était laissé à la décision des sept concurrents, dont quatre ont choisi une réalisation traditionnelle, un une construction mixte, un la préfabrication et un une dalle sur poutre préfabriquée.

Les caractéristiques résultant de ces choix sont résumées dans le tableau 1.

2. Participants et jugement

Sept groupements de bureaux d'études ont été invités à participer à ce concours (voir encadré).

Les bases du concours ont été fixées dans un règlement établi par le Bureau des autoroutes, approuvé par l'Office fédéral des routes et par la SIA.

Le premier contrôle des projets remis par les sept participants a permis de constater qu'ils étaient tous conformes à ce règlement.

Participants

- J.-J. Alberti, ingénieurs, et Bonnard & Gardel, ingénieurs-conseils, Lausanne ;
- CETP Compagnie d'études techniques et de planification, Lausanne, DIC Dauner, ingénieurs-conseils, Aigle ;
- G. de Kalbermatten et F. Burri, P. Missbauer, associé, bureau de génie civil, Sion, J.-F. Petignat et J.-M. Narbel, bureau d'ingénieurs-conseils SA, Montreux ;
- Perret-Gentil + Rey & Associés SA, bureau d'ingénieurs, Yverdon, B. Janin et T. Girard, bureau d'ingénieurs, Lausanne ;
- G. Roubakine et Claude Monod SA, ingénieurs EPFL-SIA, Lausanne, AIC Schär, Weibel & Meylan SA, ingénieurs-conseils, Lausanne, Geotest SA, Etagnières ;
- W. Schalcher et Frey, ingénieurs civils SIA, Lausanne, Schindelholz et Dénériaz SA, société d'ingénieurs, Lausanne ;
- Schopfer et Karakas SA, Lausanne, Androux et Associés SA, Lausanne, Monod, ingénieurs civils SA, Prilly.

TABLEAU 1: *Résumé de quelques données caractéristiques*

		5e prix Tradit.	*7e prix Préfab.*	*3e prix Mixte*	*6e prix Dalle sur poutre préfab.*	*1er prix Tradit.*	*4e prix Tradit.*	*2e prix Tradit.*
1. Longueur de l'ouvrage	m	2087,00	2084,23	2085,30	2099,02	2077,00	2094,63	2086,00
2. Nombre de tronçons		3	3	3	3	3	4	3
3. Nombre de travées		56	46	50	62	63	67	65
4. Portée moyenne		37,27	45,31	41,70	33,86	32,97	31,26	32,10
5. Hauteur du tablier[1] max.		2,10	2,75	1,90	2,05	2,20	2,15	2,20
Hauteur du tablier[1] min.		2,10	2,05	1,90	2,05	2,20	2,15	2,20
6. Béton : volume tablier	m^3	20 174	18 621[2]	12 817	16 763	22 630	20 460	19 137
épaisseur moyenne	m^2	0,460	0,420	0,295	0,385	0,518	0,464	0,469
7. Aciers : tablier	kg/m^3	118	133	92	111	91	90	82
8. Précontrainte : système		VSL	BBRV	VSL	VSL	VSL	VSL	Freyssinet
longitudinale tablier	kg/m^3	22,1	10,2	14,5	11,7	13,1	13,0	25,4
transversale tablier	kg/m^3	13,3	–	11,4	–	6,4	14,0	13,7
totale tablier	kg/m^3	35,4	10,2	25,9	11,7	19,5	27,0	39,1
9. Piles		B.A.	B.A.	Préfab.	B.A.	B.A.	B.A.	B.A.

[1] Non compris haut parapet.
[2] Sans entretoises croisées.

Jury
MM. Jean-Claude Badoux, Jean-Claude Piguet et René Walther, professeurs EPFL, Roland Beylouné, ingénieur civil, Lausanne, Jean-Pierre Dresco, architecte cantonal, Hans Hauri et Christian Menn, professeurs EPFZ, Peter Schmalz, ingénieur civil, Office fédéral des routes, Hugo Vonlanthen, ingénieur en chef du Bureau de construction des autoroutes, Bernard Vouga, architecte SIA, Lausanne.
Suppléants: MM. Michel Donzel, ingénieur civil, OFR, Charles Steudler, ingénieur en chef adjoint au Bureau de construction des autoroutes, H. Fleischer, ingénieur au Bureau de construction des autoroutes.

Avant d'être admis au jugement, ces projets ont fait l'objet d'un examen détaillé par plusieurs membres du jury.
Ce dernier a apprécié les projets en fonction des mêmes critères que pour l'ouvrage faisant l'objet du concours précédent, soit:
- la conception et la construction;
- l'esthétique et l'intégration au site, et
- le coût.

Dans le cas présent, c'est le critère *conception et construction* qui a joué un rôle prépondérant dans l'appréciation des projets, les deux autres critères ayant une pondération identique entre eux, mais inférieure à celle du premier.

3. Palmarès

1er prix: Fr. 55000.–
Petignat et Narbel, Montreux/de Kalbermatten, Burri et Missbauer, Sion.
2e prix: Fr. 50000.–
Roubakine et Monod, Lausanne/AIC Schaer, Weibel et Meylan, Lausanne/Geotest SA, Etagnières.
3e prix: Fr. 45000.–
CETP, Lausanne/DIC, Aigle.
4e prix: Fr. 35000.–
Frey et associés/Schindelholz et Dénériaz, Lausanne.
5e prix: Fr. 30000.–
Perret-Gentil et Rey, Yverdon/Girard et Janin, Lausanne.
6e prix: Fr. 25000.–
Schopfer et Karakas, Lausanne/Androux et associés, Lausanne/Monod, Prilly.
7e prix: Fr. 20000.–
Jacques Alberti/Bonnard & Gardel, Lausanne.
En outre, chaque concurrent a reçu l'indemnité de 55000 francs prévue par le règlement.
Vu ses qualités, le jury recommande au maître de l'ouvrage la mise en soumission et l'exécution du projet ayant remporté le 1er prix.
Il propose le réexamen de l'implantation des piles au voisinage du futur canal D'Entreroches.

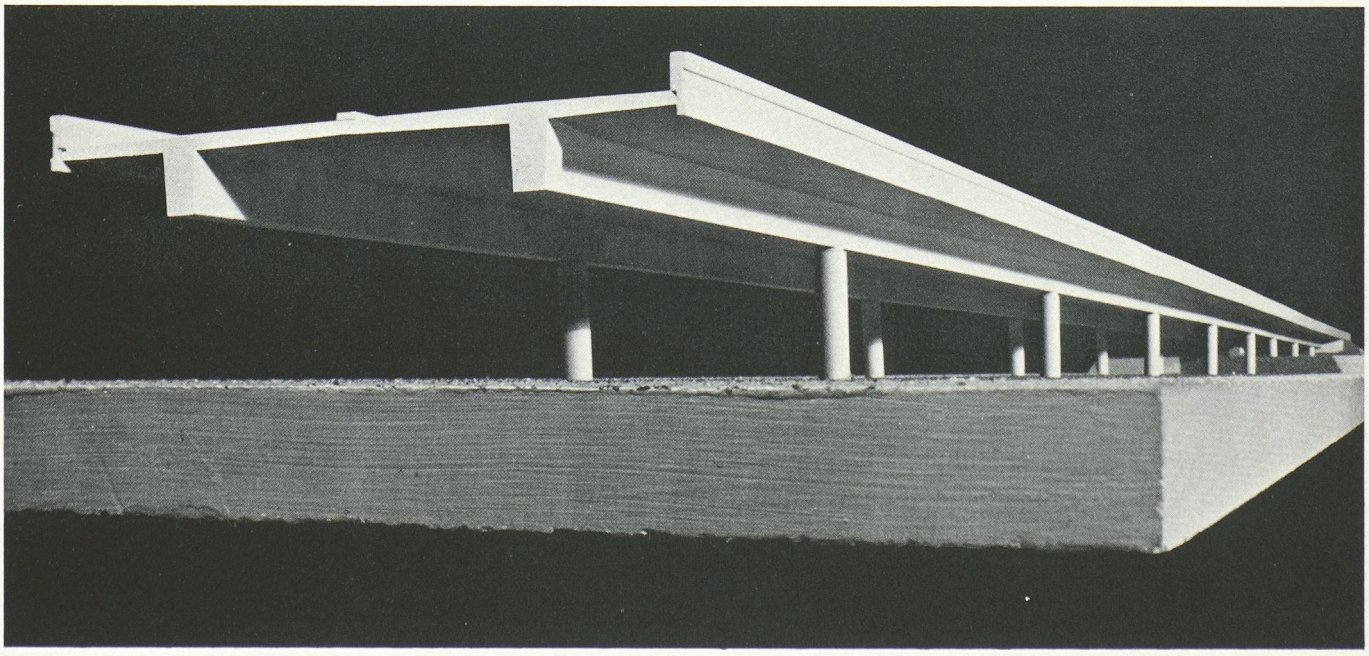
4. Extraits du rapport du jury

1er prix

L'ouvrage de 2077 m est subdivisé en trois tronçons. Il comporte 63 travées de 20 à 35 m, hormis le franchissement du canal où la portée atteint 47 m.
Le tablier en béton coulé sur place, reposant sur des piles circulaires, est constitué d'une dalle d'épaisseur variable et de deux poutres maîtresses trapézoïdales. Pour Entreroches, la même section est utilisée avec un élargissement des poutres et deux fortes entretoises.
Il s'agit d'une réalisation monolithique utilisant la précontrainte longitudinale et transversale du tablier. L'exécution moyennant un cintre autoporteur, ripable de travée en travée, est expérimentée.
L'ouvrage est d'une conception simple et éprouvée. Les portées au voisinage du canal d'Entreroches ne sont pas judicieusement réparties. Les sections bien dimensionnées lui confèrent une bonne qualité et une grande durabilité.
Les options sur le plan des fondations sont judicieuses.
Ce projet tire un bon parti de la technique du béton coulé sur place et parvient à des formes générales simples et pures. Les deux poutres présentent un léger fruit s'harmonisant bien avec les piliers ronds.
Le coût de l'ouvrage est favorable.

2e prix

La longueur de 2086 m se subdivise en trois tronçons avec des travées variant de 24 à 33 m, le franchissement du canal étant réalisé par une portée de 48 m.
La section transversale comporte deux poutres trapézoïdales de hauteur constante, de largeur variable et une dalle à gousset dont l'épaisseur passe de 24 à 60 cm au droit des appuis; elle ne comporte pas d'entretoises. Au passage sur le canal, les poutres sont plus larges.
Les piles, de forme octogonale, sont élargies dans leur partie supérieure. Au droit des joints de dilatation, elles ont la forme d'un V renversé conçu pour reprendre le séisme longitudinal.
L'exécution du tablier se fait moyennant un étayage reposant sur des palées provisoires fondées sur des pieux. Le coffrage est réalisé par des tables articulées; chaque travée est bétonnée en une fois.
L'implantation des piles en fonction des obstacles est judicieuse. La conception est bonne dans son ensemble, notamment le remplacement des entretoises par une surépaisseur de la dalle. Toutefois, du point de vue constructif, l'ouvrage présente certains inconvénients, en particulier la largeur insuffisante des poutres à la base qui n'est pas en rapport avec la section des câbles.
La concentration des efforts horizontaux sur deux points fixes entraîne des fondations très importantes. Le système de construction nécessite des fondations

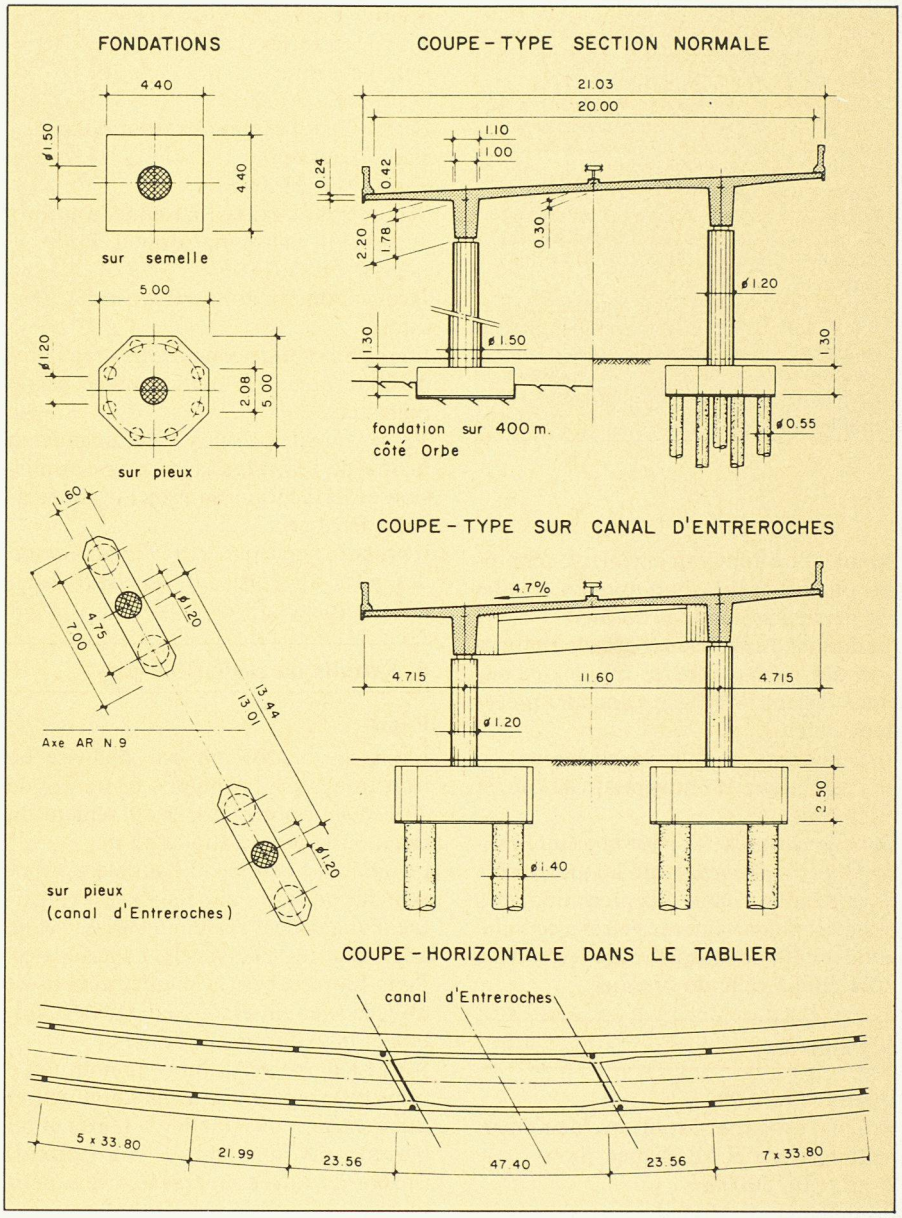


Maquette du 1er prix (Petignat & Narbel, de Kalbermatten, Burri & Missbauer).

provisoires. En revanche, le choix des pieux avec bulbe est astucieux.
Ce projet tire un excellent parti esthétique de la méthode de construction. Les pointes de diamant au sommet des piliers, ainsi que la forme du parapet sont intéressantes.
Du point de vue coût, l'ouvrage est bien classé.

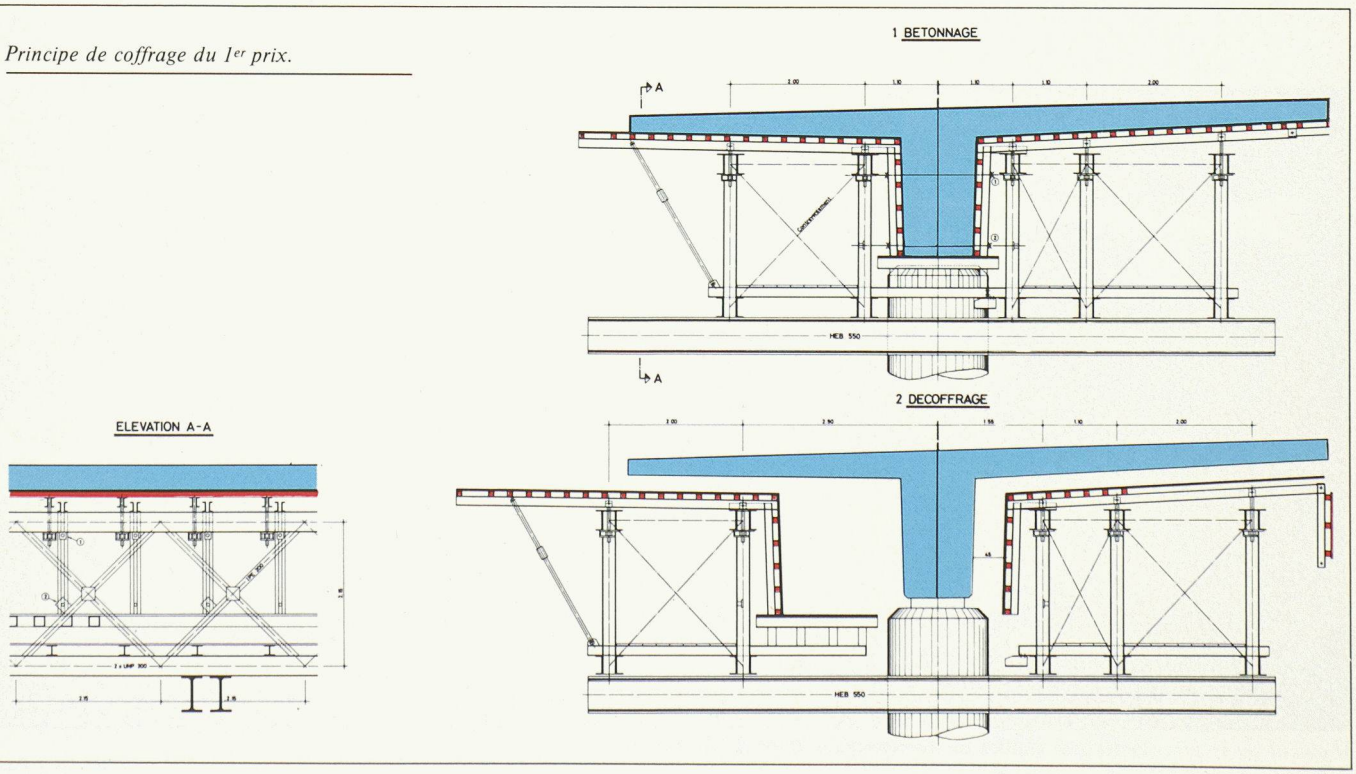
3e prix

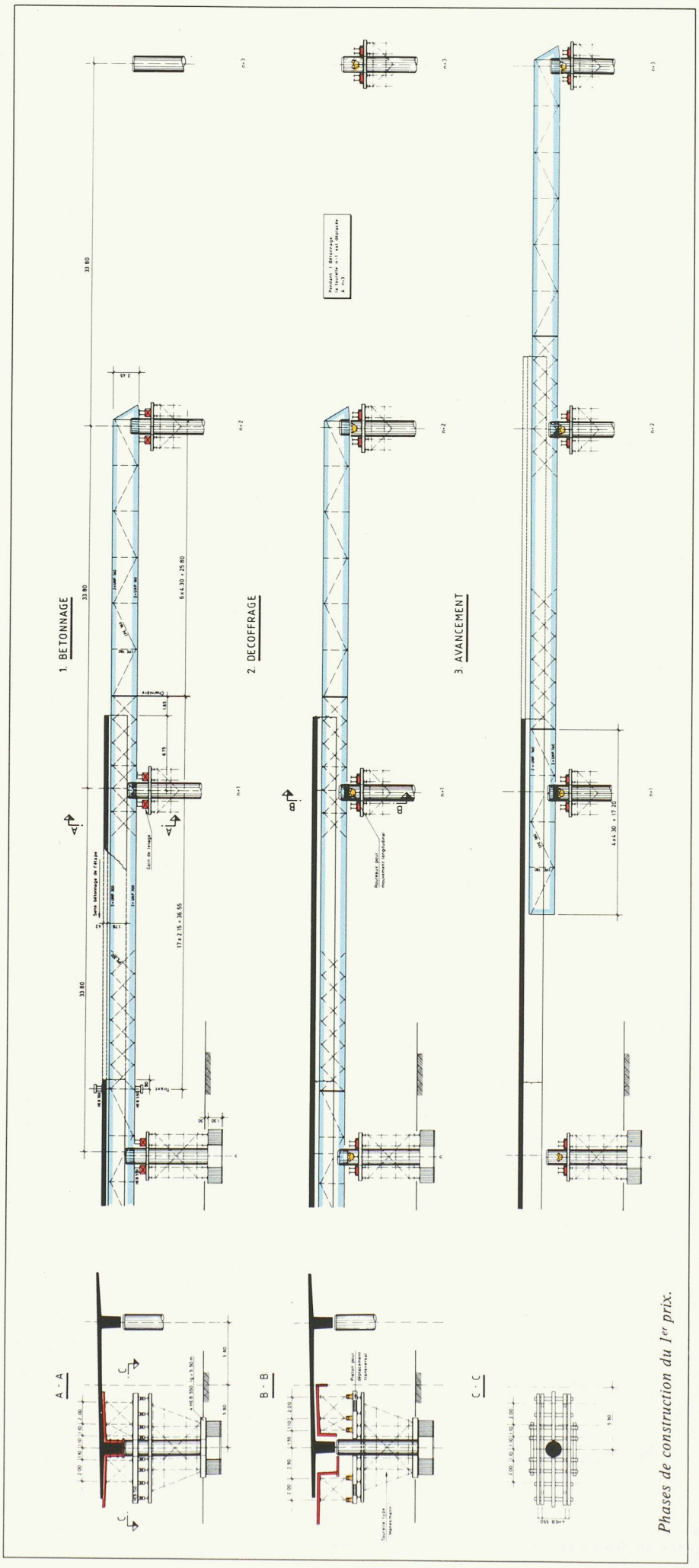
L'ouvrage, conçu en trois tronçons, est long de 2085 m. Il comporte 50 travées de 30 à 57 m. Le pont mixte est constitué par deux caissons métalliques supportant une dalle en béton. L'ensemble du tablier est précontraint longitudinalement et transversalement.
La conception générale est excellente, caractérisée par l'utilisation de la précontrainte non seulement pour la dalle, mais aussi pour les caissons métalliques, ce qui conduit à un tablier de faible hauteur. Les câbles longitudinaux, non injectés, sont accessibles. Il en résulte un ouvrage de qualité et de bonne durabilité.
La mise en place des différents éléments des caissons se fait à l'aide d'une grue sur des tours provisoires. Le bétonnage de la dalle est prévu avec des chariots, en deux étapes; la sécurité à la rupture n'est cependant pas assurée dans chacune des étapes intermédiaires.
Dans les calculs statiques, l'interprétation du concept de sécurité à la ruine est discutable.
Les fondations sur pieux sont légèrement sous-dimensionnées.
La structure élancée, ainsi que le nombre restreint des piliers, allègent la vue latérale de l'ouvrage. Les piliers octogonaux participent à l'affinement du projet, de même que le dessin du parapet.
L'ouvrage est coûteux.



Caractéristiques du 1er prix.

Principe de coffrage du 1er prix.





Phases de construction du 1er prix.

Bibliographie

Ponts – Puentes

par *Fritz Leonhardt.* – Un volume de 23 × 30 cm, relié toile sous jaquette, 308 pages avec plus de 500 photographies et 150 schémas. Texte en français et en espagnol. Editions Presses polytechniques romandes, Lausanne, 1986. Prix: Fr. 132.–.

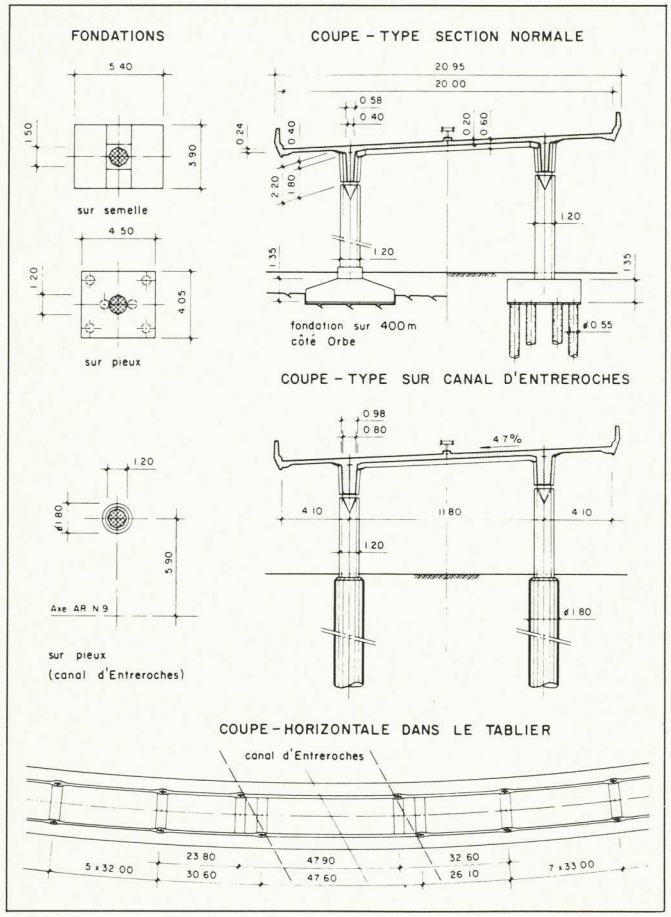
Voilà un ouvrage somptueux, propre à tordre définitivement le cou au cliché qui veut faire des ingénieurs d'affreux bétonneurs de paysage. Portant comme sous-titre «L'esthétique des ponts», il prouve par l'image que le pont n'a pas seulement la noble fonction d'établir des relations entre des lieux que la topographie sépare, mais encore de témoigner de la beauté inhérente aux créations les plus réussies de l'art de l'ingénieur.

L'auteur sait particulièrement bien de quoi il parle : il construit des ponts depuiss 1934, il a signé en 1936 avec Karl Schaechterle «Die Gestaltung der Brücken» (ouvrage destiné à servir de guide pour la construction d'innombrables ouvrages d'art pour les autoroutes allemandes) et il a été titulaire de la chaire de construction en béton de l'Université de Stuttgart de 1958 à 1974. Dans ses réalisations, qui lui ont assuré une renommée mondiale, il a attaché une importante toute particulière à l'esthétique, s'assurant la collaboration d'architectes célèbres.

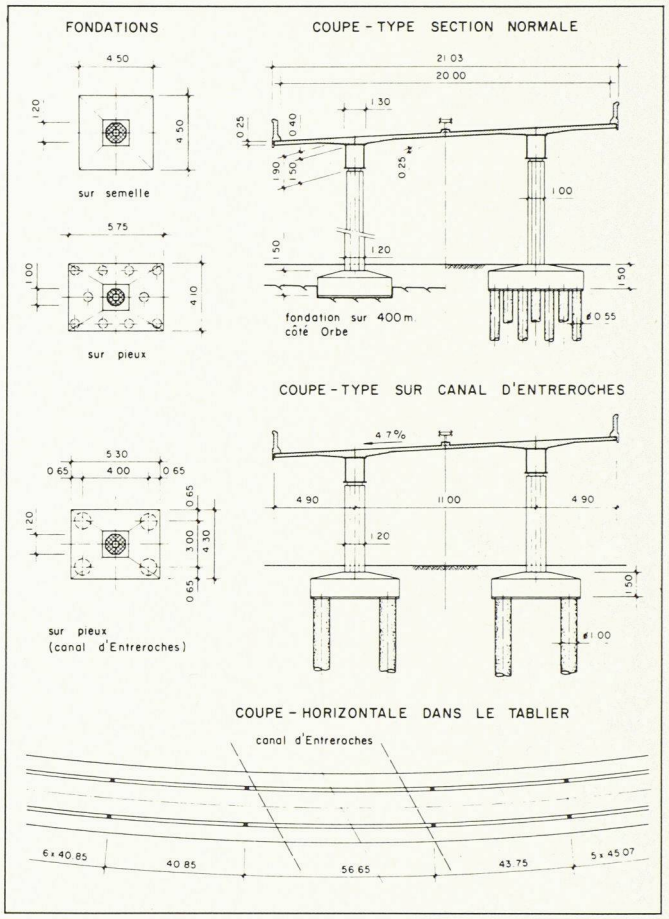
Après une introduction aux fondements de l'esthétique appliquée à la conception des ponts, l'auteur aborde les différents types de ponts et l'influence de l'esthétique au stade du projet.

Le caractère systématique de cette étude n'affecte en rien le plaisir qu'on éprouve à découvrir l'ouvrage, toutes les considérations de l'auteur étant illustrées par de splendides et nombreuses photographies, dont beaucoup sont en couleur. Elles sont complétées par des schémas et d'utiles indications dans le texte, faisant de ce livre une véritable encyclopédie des plus beaux ponts dans le monde, facile d'accès grâce à l'index des lieux en fin d'ouvrage. C'est dire qu'on peut y chercher l'inspiration auprès d'illustres prédécesseurs – ou tout simplement admirer les créations des plus grands bâtisseurs de pont au fil des âges. Bien sûr, pour rester dans le cadre d'un livre abordable, l'auteur a dû faire des choix arbitraires, tant ce domaine est riche de belles réussites, mais ce qui reste justifie un enthousiasme sans réserve.

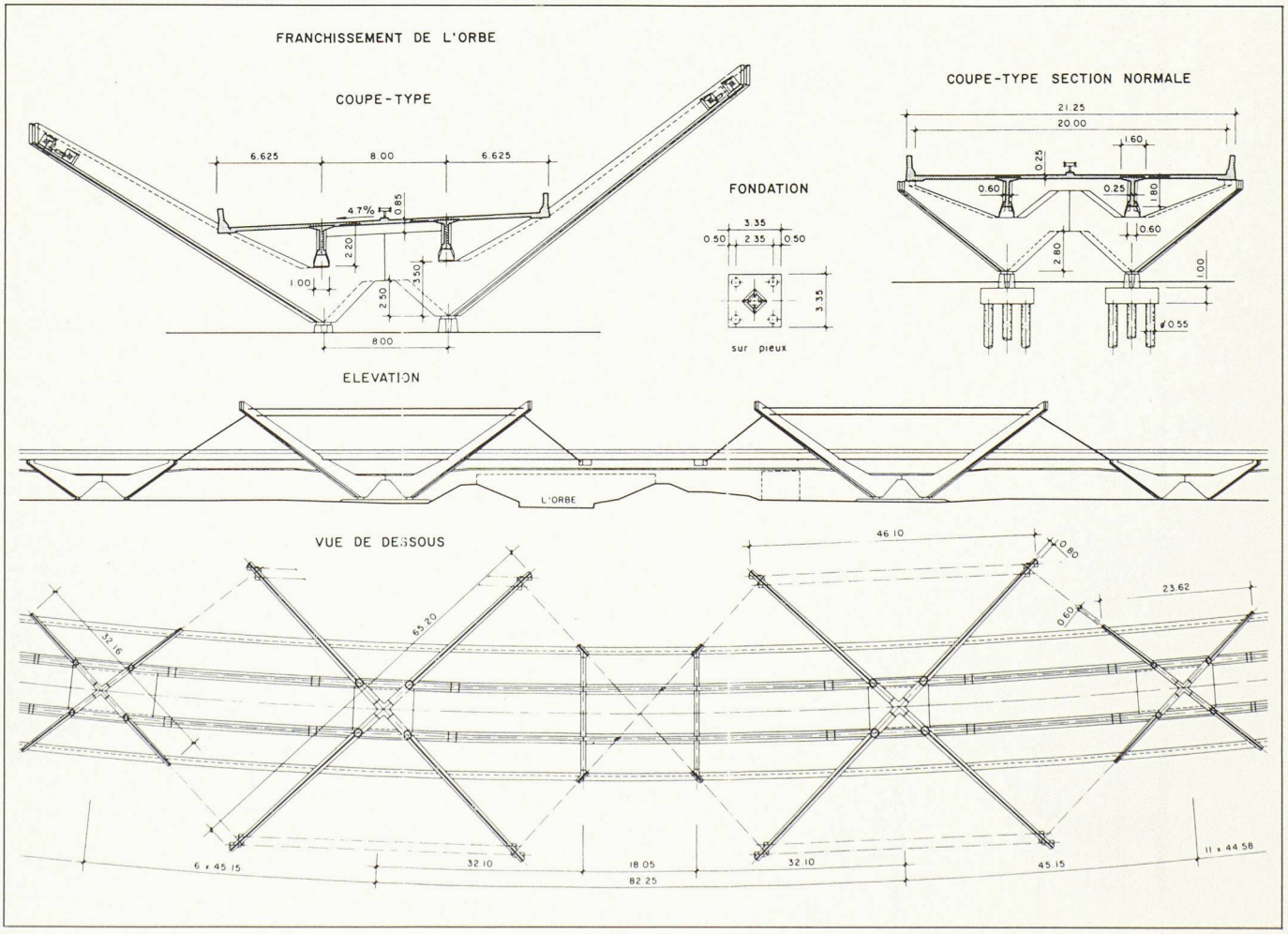
Voilà un recueil que tout ingénieur civil devrait posséder, ne fût-ce que pour le mettre en mains des détracteurs de la construction et leur clouer le bec, mais aussi pour ne pas oublier que la maîtrise de son métier lui permet d'enrichir durablement notre cadre de vie par certaines de ses créations. A ceux que le prix ferait hésiter (bien qu'il soit justifié par la qualité et l'abondance de l'illustration), suggérons de se le faire offrir en cette prochaine fin d'année.



Caractéristiques du 2e prix (Roubakine & Monod, Schaer, Weibel & Meylan, Geotest SA)..

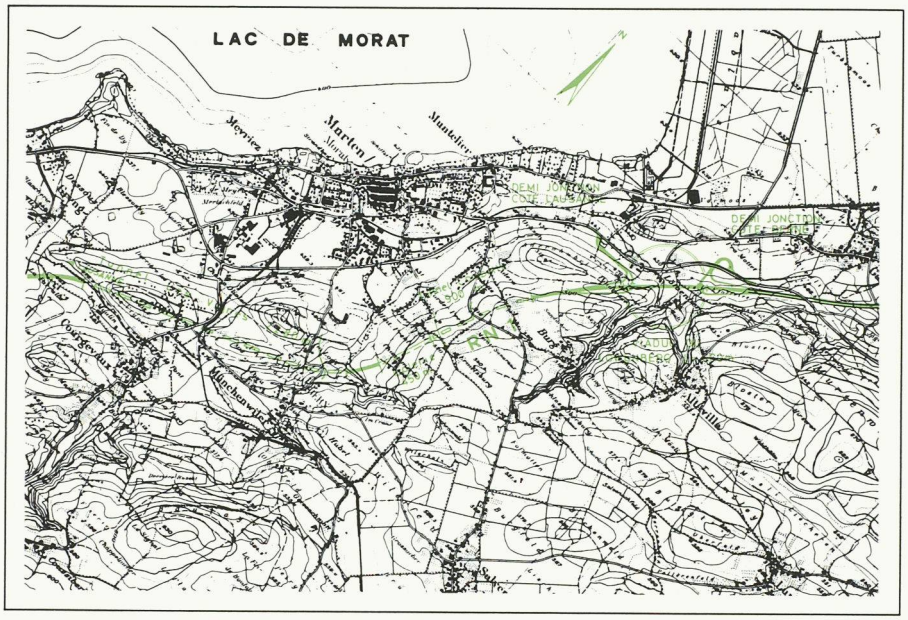


Caractéristiques du 3e prix (CETP, DIC).



Une solution délibérément originale qui n'a pas connu les faveurs du jury: 7e prix (J. Alberti, Bonnard & Gardel).

Viaduc du Löwenberg, N1



Plan de situation du viaduc du Löwenberg.

1. Caractéristiques de l'ouvrage

Le concours de projets sur invitation, organisé par la Direction des travaux publics du canton de Fribourg, par l'entremise de son Bureau des autoroutes (BAR) en accord avec l'Office fédéral des routes (OFR), avait pour but l'établissement d'un projet général pour un viaduc permettant à la route nationale 1 de franchir la dépression du Löwenberg, au nord-est de Morat (voir plan de situation).

La longueur totale du viaduc varie entre 657,60 et 679 m selon les projets, avec un nombre de travées allant de 17 à 21.

2. Participants et jugement

Cinq groupes de bureaux d'ingénieurs ont été invités à présenter des projets (encadré).

Après examen par les personnes de l'art et contrôle détaillé, le jury (voir encadré) a admis au jugement les cinq projets soumis, reconnus conformes au règlement du concours.

Les critères de jugement définis par les dispositions du règlement étaient:

Participants
- D. J. Bänziger et partenaires, Zurich, et Zschokke & Wälchli, Morat;
- M. Monnard, Châtel-Saint-Denis, et Perret-Gentil, Rey et Associés, Yverdon;
- P. + H. Brasey, Fribourg, A. Barras, Bulle, et Réalini, Bader et Associés, Epalinges;
- GHHV Ingénieurs civils SA, Saint-Blaise, Brügger, Clément, Collaud SA, Marly, et Zwick-Gicot SA, Fribourg;
- Ingénieurs civils associés SA, Fribourg, et B. Bernardi, Zurich.

Jury

MM. Peter Schmalz, ing., OFR, Berne, président, Wladimir Schmid, directeur BAR, Fribourg, E. Rizcallah, chef du bureau des ouvrages d'art, BAR, Fribourg, représentants du maître de l'ouvrage, Jean-Claude Badoux, prof. EPFL, Lausanne, Jean-Pierre Dorthe, géologue, Fribourg, Hans Hauri, prof. EPFZ, Zurich, Christian Menn, prof. EPFZ, Zurich, Charles Passer, arch. SIA, Fribourg, et Jean-Claude Piguet, prof. EPFL, Lausanne, personnes de l'art. Suppléant: J. Dudler, directeur adjoint, BAR, Fribourg.

Le jury s'est adjoint les experts suivants: MM. F. Benoît, ing., Bonnard & Gardel, Lausanne, Guy Papilloud, ing., Société suisse des entrepreneurs, Lausanne, et C. von der Weid, ing.-conseil, Fribourg.

- la conception générale;
- la qualité et la durabilité;
- l'aspect et l'intégration au site;
- le coût et l'économie;
- la durée d'exécution et les risques.

Les projets et les maquettes proposés par les concurrents font apparaître qu'ils ont choisis des solutions simples et classiques, du reste très voisines les unes des autres. Du point de vue esthétique, ils s'intègrent tous de façon élégante et discrète au paysage, abstraction faite de quelques nuances.

3. Palmarès

Sur la base des critères mentionnés plus haut, le jury établit le classement et décerne les prix suivants:

1er prix: Fr. 37000.–
GHHV Ingénieurs civils SIA, Brügger, Clément, Collaud SA, Zwick-Gicot SA.

2e prix: Fr. 36000.–
P. + H. Brasey, A. Barras, Réalini, Bader et Associés.

3e prix: Fr. 34000.–
D. J. Bänziger + partenaires, Zschokke & Wälchli.

4e prix: Fr. 30000.–
M. Monnard, Perret-Gentil & Rey associés SA.

5e prix: Fr. 23000.–
Ingénieurs civils associés SA, B. Bernardi.

La somme de 160000 francs mise à disposition du jury a donc été utilisée. En outre, chaque participant reçoit une indemnité fixe de 55000 francs.

Le jury recommande au maître de l'ouvrage d'attribuer le mandat pour la poursuite de l'étude au groupe classé au premier rang, moyennant la mise au point de son projet d'entente avec un expert désigné par le maître de l'ouvrage.

4. Extraits du rapport du jury

L'ouvrage est constitué de deux ponts parallèles identiques, en béton précontraint, de 665,00 m de longueur, comprenant 17 travées, variant de 31,00 à 40,20 m. Le tablier est précontraint longitudinalement et transversalement. Le pont est flottant, avec joint de dilatation sur les deux culées et relié à 9 piles sur 16 par articulation.

La section transversale de la superstructure de chaque pont est un caisson trapézoïdal, dont l'élancement est de 16,1 m. Son exécution se fait par le système du poussage cadencé.

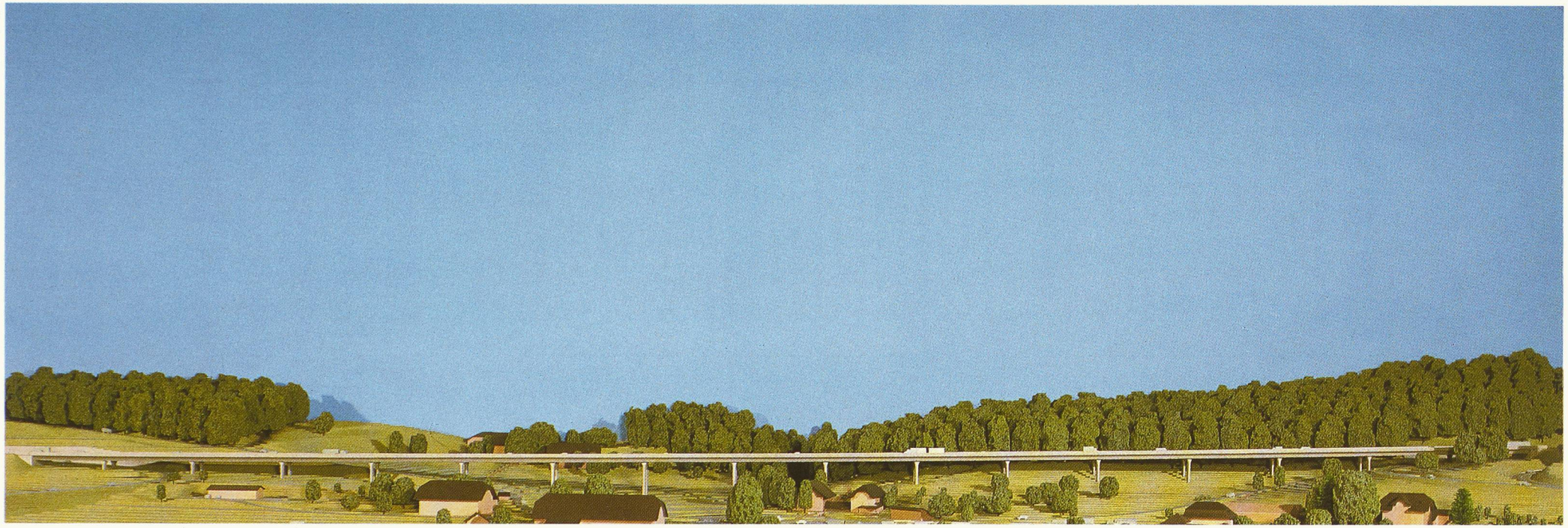
La hauteur des piles varie de 3,00 à 21,70 m. Les piles courtes ont une section peine de 1,20 m de largeur, les piles hautes une section évidée de 1,50 m de largeur; les têtes de piles sont élargies dans le sens longitudinal. Toutes les piles de chaque pont sont situées dans le même plan transversal.

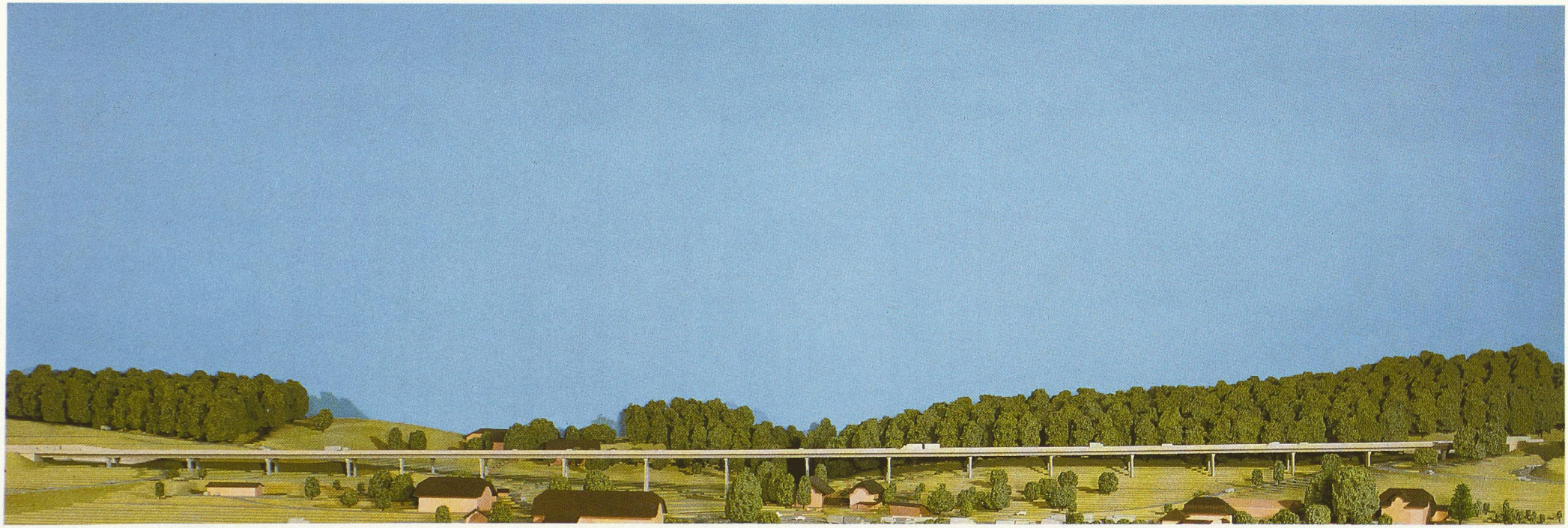
Chaque pont comprend 7 fondations sur semelles reposant sur la molasse en surface, et, 9 fondations sur 4 pieux forés, encastrés dans la molasse en profondeur.

Le choix de la méthode de construction par poussage cadencé est, dans le cas présent, judicieux sur le plan technique et économique. La répartition des portées et la longueur relativement importante de la travée normale ont vraisemblablement été choisies pour éviter le décalage des piles au passage de la route d'Altavilla. Le caisson est en soi bien dimensionné, mais sa forme pourrait être mieux adaptée au système de construction. Le centre de gravité de la section situé relativement haut, exige en conséquence une plus grande force de précontrainte. En outre, la précontrainte centrée nécessaire pour les étapes de construction, est relativement forte par rapport à la précontrainte parabolique, nécessaire pour l'état final.

La section transversale des piles est bien choisie en fonction de leurs sollicitations.

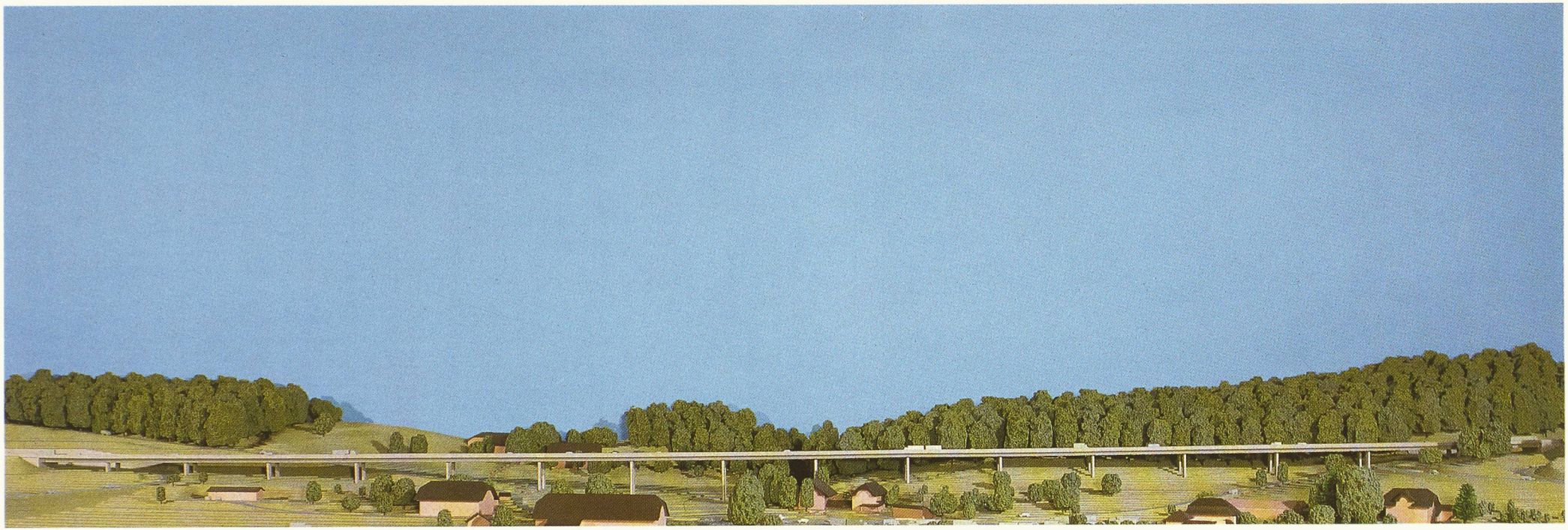
1er prix : GHHV Ingénieurs civils SA, Brügger, Clément, Collaud SA, Zwick-Gicot SA.

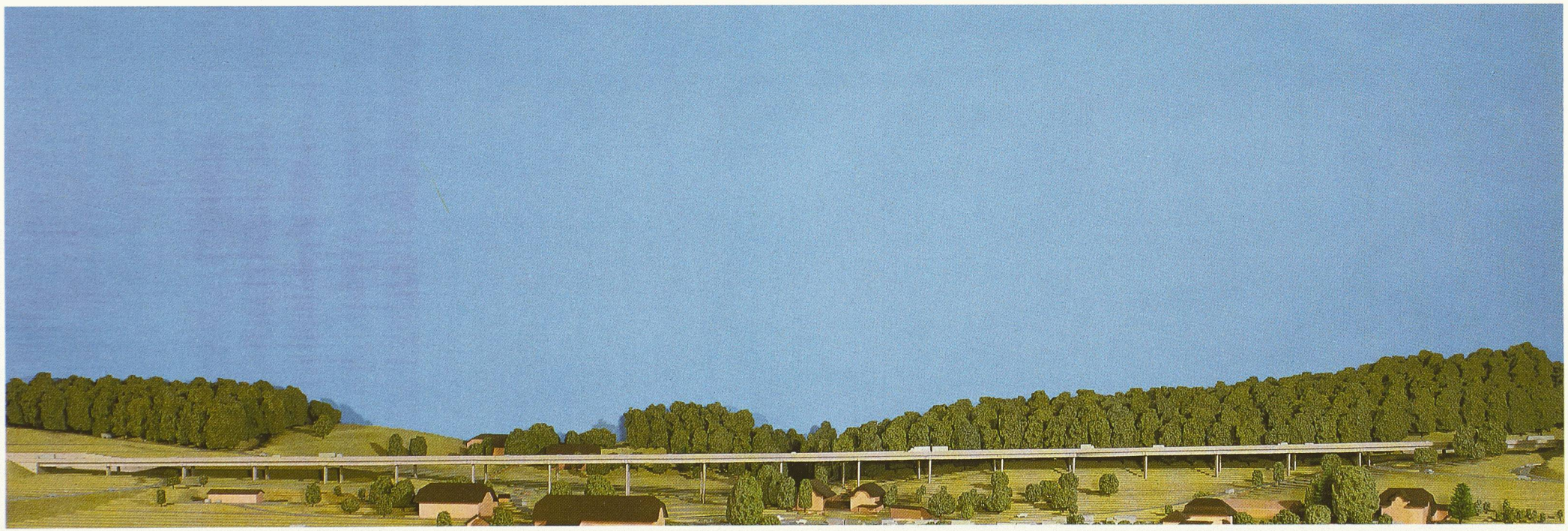




2e prix : P. + H. Brasey, A. Barras, Réalini & Bader et associés.

3e prix : D. J. Bänziger & partenaires, Zschokke & Wälchli.





4e prix : M. Monnard, Perret-Gentil & Rey associés.

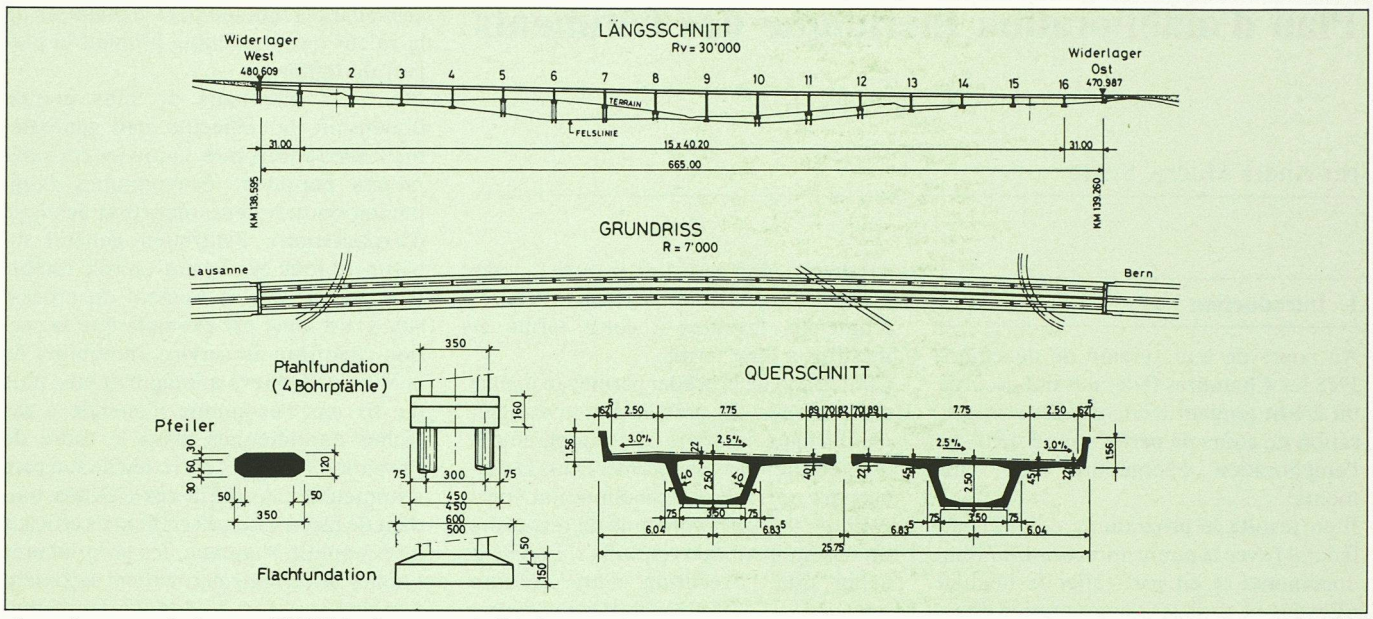
GROUPES	RANG	COUPES TRANSVERSALES	FONDATIONS PIEUX	LONGUEURS PORTEES	EXECUTION
DJ BANZIGER ZSCHOKKE & WALCHLI	3		4 PIEUX ϕ 130 cm	665,50 17 3550·12·4065·3930· 3730·3530·3030	COULE SUR PLACE AVEC POUTRE DE LANCEMENT
M. MONNARD PERRET-GENTIL & REY	4		4 PIEUX ϕ 90 cm	679,00 21 2200·2500·8·3400· 6·3200·4·3400·3200	POUTRES·PREDALES PREFABRIQUEES TABLIER COULE SUR PLACE
P·H BRASEY A BARRAS REALINI, BADER	2		2 PIEUX ϕ 140 cm	657,60 19 2800·2·3480·11·3600 ·2400·3·3600·3200	POUSSAGE CADENCE
GHHV & BCC SA ZWICK-GICOT SA	1		4 PIEUX ϕ 100 cm	665,00 17 3100·15·4020·3100	POUSSAGE CADENCE
ICA SA B BERNARDI	5		4 PIEUX ϕ 100 cm	660,00 18 3000·16·3750·3000	COULE SUR PLACE AVEC POUTRE DE LANCEMENT

Caractéristiques principales des projets.

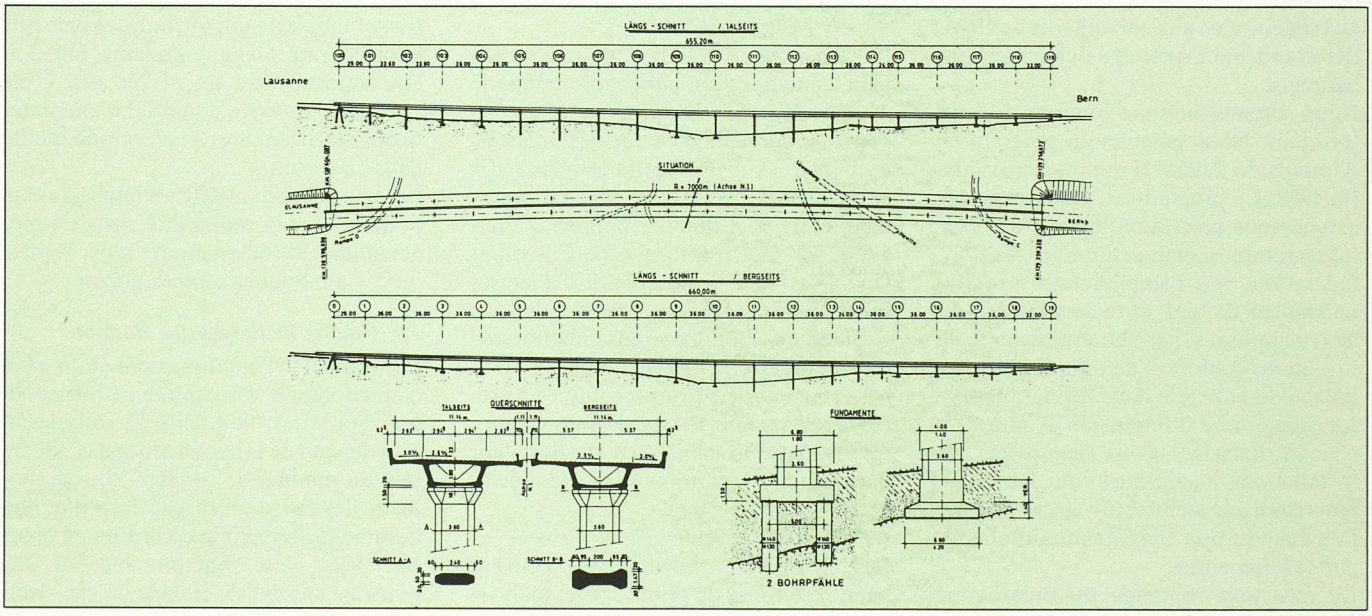
Le choix des systèmes de fondations est bien adaptée à l'horizon de la molasse. La liaison de la pile avec la banquette de fondation sur 4 pieux forés est bien conçue; elle évite en grande partie la flexion dans les pieux.

L'ouvrage est constitué de deux ponts parallèles en béton précontraint de 657,60 m de longueur, comprenant 19 travées, variant de 24,00 à 36,00 m. Le tablier est précontraint longitudinalement et transversalement. Il est flottant, avec joint de dilatation sur les deux culées, et, relié à 14 piles sur 18 par articulation.
La section transversale de la superstructure de chaque pont est un caisson trapézoïdal, dont l'élancement est de 16,4 m. Son exécution se fait par le système de poussage cadencé.
La hauteur des piles varie de 3,75 à 18,80 m. Elles ont toutes la même section pleine, de forme octogonale; les têtes de piles sont élargies dans les deux directions. Les piles de chaque pont sont situées dans le même plan transversal, sauf au passage de la route d'Altavilla, où elles sont décalées de 12 m d'un pont à l'autre.
Chaque pont comprend 8 fondations sur semelles reposant sur la molasse en surface, et 10 fondations reposant sur deux pieux forés, ϕ 1,30 m, encastrés dans la molasse en profondeur.
La conception générale de l'ouvrage et le choix de la méthode de construction par poussage cadencé sont, dans le cas présent, judicieux sur le plan technique et particulièrement sur le plan économique. La répartition des portées, les dimensions de la section transversale du tablier et la conception de la précontrainte sont très bien adaptées au système de construction.
Le choix du système de fondations est bien adapté à l'horizon de la molasse. La conception des fondations sur pieux et particulièrement la liaison piles-pieux n'est pas satisfaisante.
La forme et les dimensions de la section transversale sont judicieuses tant au point de vue statique que constructif. La précontrainte longitudinale est simple, claire et bien dimensionnée. La sécurité à la rupture est assurée pour toutes les sections et pour l'ensemble de l'ouvrage. Les contraintes de traction dans le béton, calculées de façon correcte, se situent dans les limites admissibles aussi bien pour les étapes de construction que pour l'état final.
Le dimensionnement des sections, les détails constructifs et la méthode de construction garantissent une bonne durabilité de l'ouvrage. Le calcul statique, effectué à l'aide de plusieurs programmes électroniques, n'est cependant pas très clair et difficilement contrôlable.

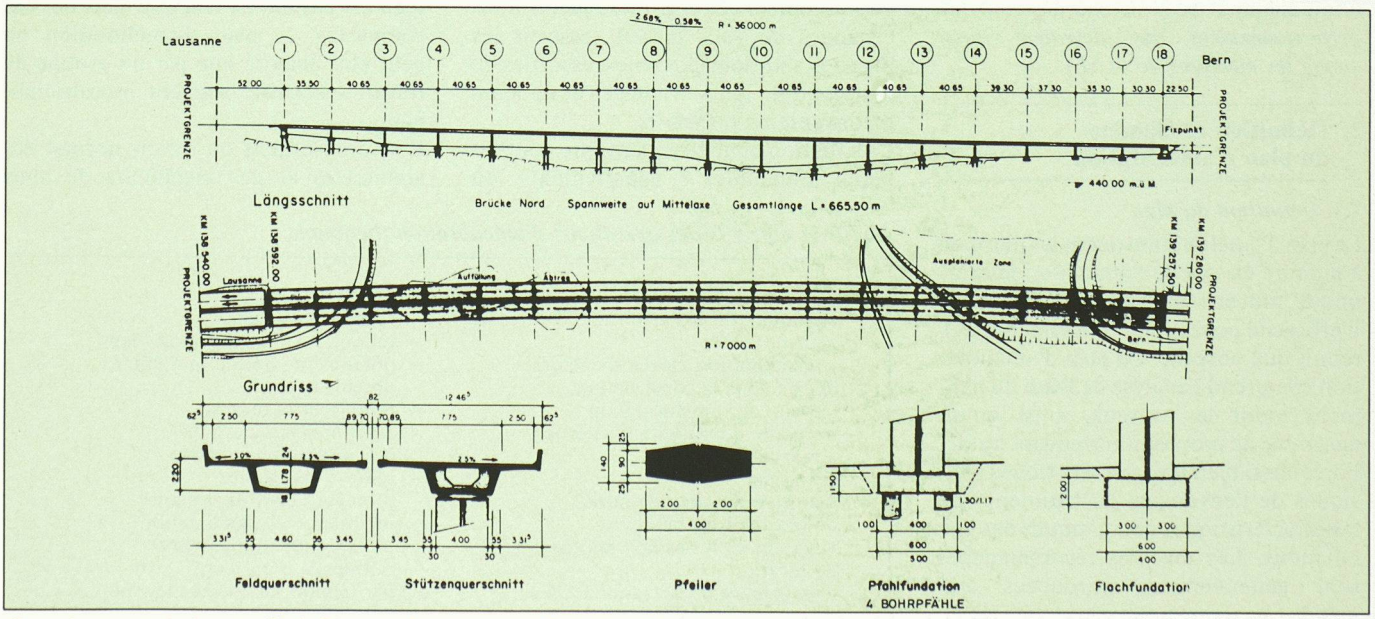
L'ouvrage est constitué de deux ponts parallèles identiques de 666,50 m de longueur, comprenant au total 17 travées, variant de 30,33 à 40,69 m. L'appui fixe est situé au droit de la culée Berne.
La section transversale de la superstructure de chaque pont est un caisson trapézoïdal, dont l'élancement est de 18,5 m. Son exécution est du type «coulé sur place», travée par travée, au moyen d'un coffrage mobile.
Les piles de chaque pont sont situées dans le même plan transversal. Elles sont hexagonales, de 4,00×1,40 m de section pleine. Leurs hauteurs varient de 5,00 à 19,00 m. Elles sont considérées comme parfaitement encastrées à leur base dans le massif de fondation.
Chaque pont comprend 3 fondations sur semelles reposant sur la molasse et 13 fondations sur 4 pieux forés, encastrés dans la molasse. La culée Berne est fondée sur semelle, la culée Lausanne sur pieux forés.
Le choix des portées est statiquement et économiquement bon; il tient compte des contraintes dues aux voies de circulation passant sous le pont. On se demande toutefois ce qu'apportent 3 portées successives variables entre le chemin Altavilla et la rampe côté Berne.
L'auteur du projet a pris en compte le critère de durabilité par le choix de la section transversale et de ses épaisseurs, par la précontrainte longitudinale et transversale, par l'introduction de monotorons dans les bordures et parapets.
Cette conception classique a déjà fait ses preuves lors de constructions similaires. L'auteur du projet a fourni en outre une étude intéressante d'intégration dans le site, en proposant des aménagements sauvegardant l'environnement.



Caractéristiques du 1er prix (GHHV Ingénieurs civils SA, Brügger, Clément, Collaud SA, Zwick-Gicot SA).



Caractéristiques du 2e prix (P. + H. Brasey, A. Barras, Réalini & Bader et associés).



Caractéristiques du 3e prix (D. J. Bänziger & partenaires, Zschokke & Wälchli).