

# Viaduc des Esserts (Jura): développement d'une variante d'entreprise

Autor(en): **Maillet, Christian**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **121 (1995)**

Heft 6

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78587>

## 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.

# Viaduc des Esserts (Jura)

## Développement d'une variante d'entreprise

Par Christian Maillet,  
ingénieur civil EPFL-  
SIA/GPC  
Ambrosetti SA  
généraliste d'entreprises  
Rue de Frontenex 86b  
1208 Genève

### 1. Introduction

#### 1.1 Historique du réseau

Il fallut attendre l'entrée en souveraineté de la République et Canton du Jura, en 1979, pour voir se débloquer la situation de la Transjurane ou N16, projet à l'étude depuis trente ans. Dès cette date, les dossiers passèrent au crible des administrations (et des oppositions!) pour finalement déboucher sur un démarrage effectif des travaux dix ans plus tard. La Transjurane (route nationale de 2<sup>e</sup> classe) reliera les réseaux nationaux suisse et français entre Belfort et Bienne, et assurera le désenclavement de toute une région en instaurant une voie de communication à travers le Jura (fig. 1).

#### 1.2 Situation

Le viaduc des Esserts se situe sur le tronçon Porrentruy-Delémont, considéré comme prioritaire, car il relie les deux principales agglomérations du canton. Il fait partie de la section 6 située entre Glovelier et Delémont ouest, dans une région assez vallonnée. L'ouvrage est implanté à flanc de coteau dans une zone qui se révélera instable à l'arrière de la culée ouest.

#### 1.3 Géologie

Le profil géologique dans l'axe de l'ouvrage (fig. 2) fait apparaître une première couche limonneuse, puis une succession de marnes et de grès intercalés. Cette géologie a imposé pour les fondations de l'ouvrage des pieux d'un diamètre de 120 cm à raison de six par pile et dix à vingt par culée. La zone de glissement, située à l'arrière de la culée ouest, a nécessité la mise en place de micro-pieux comme épingle provisoire du glissement. Le projet initial, qui prévoyait une berme de stabilisation, a donc évolué vers une structure assez complexe. Au stade final, l'autoroute sera fondée sur un réseau de pieux reliés par des sommiers raidisseurs an-

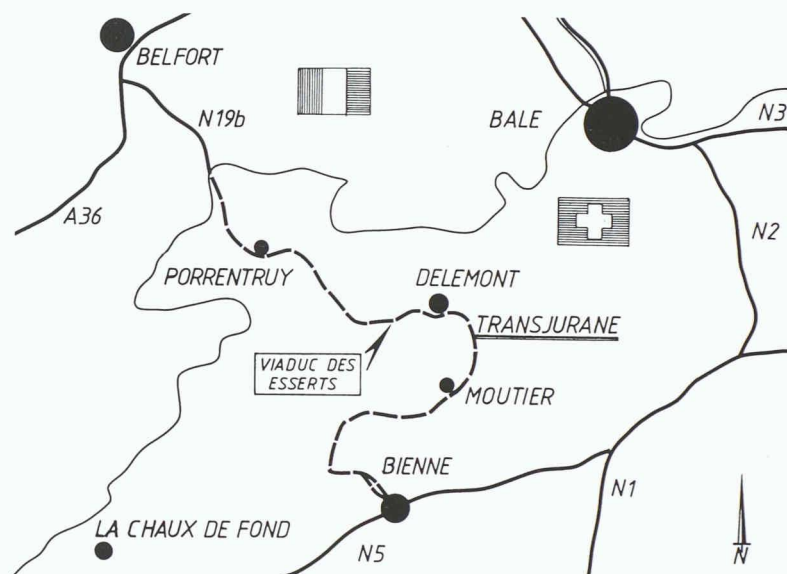


Fig. 1. – Situation du viaduc des Esserts

crés. Le plan de glissement, repéré à -14 m avec une pente inférieure à 5%, montre la très mauvaise qualité des terrains dans cette zone.

### 2. Le projet d'appel d'offre

L'ouvrage a fait l'objet d'un appel d'offre en 1992. Le projet mis en soumission était un pont à caisson en béton précontraint coulé sur cintre fixe, d'une longueur de 364 m. Le tracé autoroutier au niveau de l'ouvrage comporte un rayon vertical de 21 000 m et un rayon horizontal de 1300 m. La pente longitudinale de l'ouvrage est donc variable et le dévers constant à 6%. L'élancement du caisson est de 19,2 pour une portée de 48 m (fig. 3). Les âmes, assez épaisses, mesuraient de 46 cm en travée à 60 cm sur appuis, afin de pouvoir positionner les quatre câbles paraboliques nécessaires dans chaque âme. Le hourdis inférieur avait une

épaisseur de 24 cm en travée et de 40 cm sur appuis. Le hourdis supérieur était constitué d'une dalle d'épaisseur variable (24 à 40 cm) comportant deux porte-à-faux de 3,90 m sans précontrainte transversale. Les piles arrondies et évasées en tête varient de 11 à 18 m de hauteur (fig. 4).

### 3. La variante d'entreprise

#### 3.1 Caractéristiques générales

La géométrie constante et les portées inférieures à 50 m ont été les éléments principaux permettant d'envisager un ouvrage construit par poussage cadencé. Cette solution consiste à construire le pont par éléments à l'une des extrémités dans un coffrage fixe et à le pousser régulièrement sur les piles afin de libérer la zone de chantier pour la réalisation de l'étape suivante. Or la section de pont telle que pro-

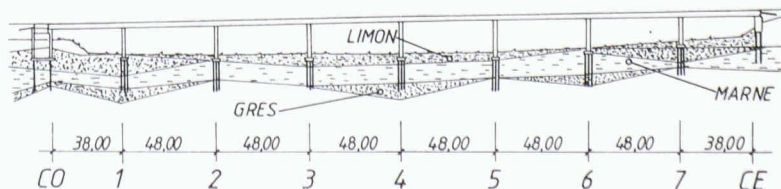


Fig. 2. – Coupe longitudinale



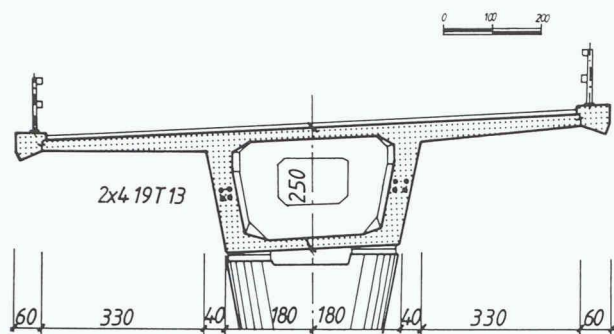


Fig. 3. - Coupe type du caisson: solution initiale

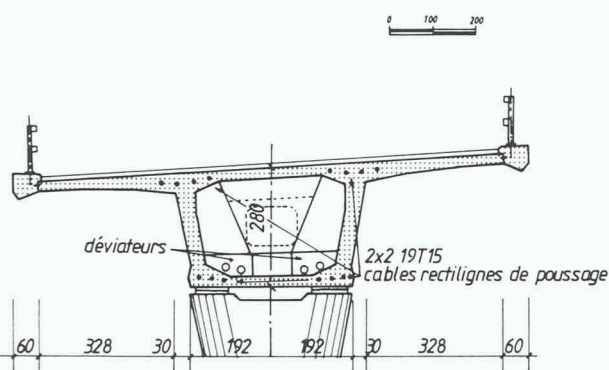


Fig. 5. - Coupe type du caisson: variante d'entreprise

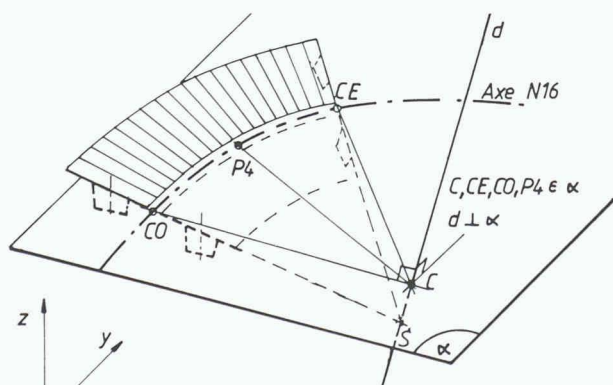


Fig. 7. - Géométrie générale de l'ouvrage  
 $S$  = sommet du cône de rotation définissant la dalle de roulement  
 $R$  = rayon de l'axe N16  
 $d$  = axe de rotation  
 $\alpha$  = plan incliné

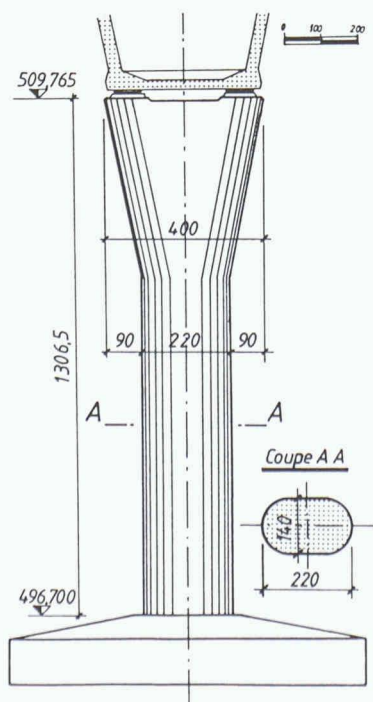


Fig. 4. - Pile

posée dans le projet de base s'est avérée mal adaptée à cette méthode de construction, si bien que la géométrie du caisson a été modifiée pour augmenter l'inertie et diminuer le poids propre. La section revue a une hauteur de 2,8 m, correspondant à un élanement de 17,1 (fig. 5). Les choix techniques principaux sont les suivants:

- La précontrainte rectiligne nécessaire au poussage est enrobée dans les hourdis (supérieur et inférieur).
- Des câbles complémentaires sont ajoutés dans les âmes dans les cinquante premiers mètres de l'ouvrage pour reprendre les efforts supplémentaires de poussage dans cette zone.
- La précontrainte parabolique initiale est remplacée par une précontrainte extérieure au béton, constituée de quatre câbles 19T15S (fig. 6). Ces câbles situés à l'intérieur du caisson sont protégés par une gaine en PEHD (polyéthylène à haute densité) et une injection à base de coulis de ciment.
- Les âmes du caisson, libérées du câblage parabolique, sont amincies.
- La précontrainte extérieure nécessite la mise en place de déviateurs au tiers des portées et une modification des entretoises de piles et de culée.

### Fiche technique

Viaduc autoroutier de la N 16  
 Exécution par poussage cadencé

#### Caractéristiques générales

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| Longueur                 | 364 m     |
| Portée maximale          | 48 m      |
| Portée minimale          | 38 m      |
| Nombre de piles par pont | 7         |
| Hauteur                  | 12 à 20 m |

#### Caractéristique du tablier

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Hauteur du caisson         | 2,8 m               |
| Volume de béton du tablier | 4800 m <sup>3</sup> |
| Acier type III             | 750 t               |
| Précontrainte de poussage  | 103 t               |
| Précontrainte extérieure   | 66 t                |

- Les bordures sont bétonnées séparément après poussage.

### 3.2 Le mode de construction

#### La géométrie

Si la géométrie définie par le tracé autoroutier semble constante à première vue sur la longueur de l'ouvrage ( $R_v = 21\,000$  m;  $R_h = 1300$  m), la courbe résultant de la projection d'un arc en plan sur un cercle vertical présente une distorsion. En effet, la figure résultant de cette opération est une hélice à pas variable, donc une courbe non superposable. La correction du tracé s'est faite en prenant trois points définis comme fixes et correspondant aux deux culées et à la pile (4) centrale (fig. 7). L'opération a consisté à recalculer l'arc de cercle passant par ces trois points (solution unique) ainsi que la géométrie générale. Les variations obtenues

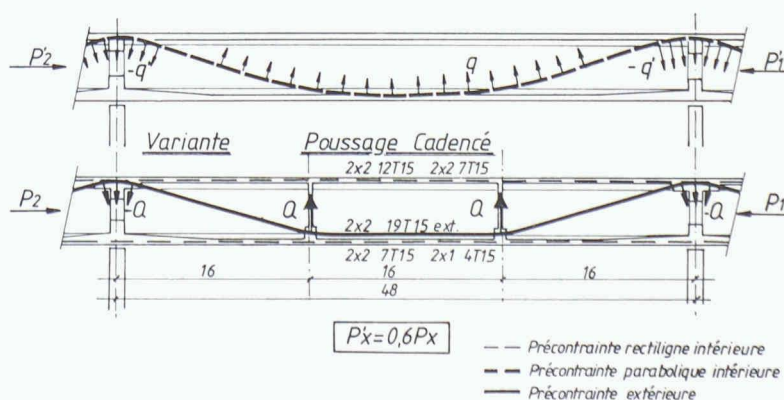


Fig. 6. - Précontrainte selon projet initial et variante d'entreprise



nues par rapport au tracé initial étaient de quelques centimètres au maximum. La courbe calculée sur l'axe N16 fut ensuite transposée pour définir les axes des deux ponts au niveau du hourdis supérieur. Ces arcs de cercle correspondant aux axes des deux ponts appartiennent à un plan incliné. Il est à noter que les différentes faces des caissons n'appartenant pas à ce plan vont définir dans l'espace des surfaces coniques, entraînant les phénomènes suivants:

- le dévers de 6% n'est plus constant sur la longueur de l'ouvrage, mais variera de 1% entre les deux culées, soit de 5,5 à 6,6%;
- le hourdis inférieur n'est plus horizontal, mais sa pente varie dans les mêmes proportions que celle de la dalle supérieure (-0,5% à +0,5%).

*Les étapes (fig. 8-12)*

Chaque pont est divisé en treize étapes de 24 m et deux de 26,8 m correspondant aux extrémités. Ce découpage permet, en fonction des portées de 48 m, d'exécuter alternativement une étape sur pile et une étape en travée, en maintenant les éléments particuliers tels que déviateurs et entretoises toujours aux mêmes endroits dans l'installation de coffrage. Les reprises de bétonnage sont voisines des zones de moments nuls. La réalisation du caisson se fait en deux étapes. La première consiste à bétonner la section en U c'est-à-dire le hourdis inférieur et les deux poutres. La deuxième comprend la réalisation du hourdis supérieur. Le rythme de construction prévoit la réalisation chaque semaine de la première étape de l'élément ( $n-1$ ) et la deuxième étape de l'élément ( $n$ ) ce qui, globalement, permet de réaliser un élément de 24 m par semaine.

*Le poussage*

Le poussage est réalisé à l'aide de deux vérins fixés sur la culée

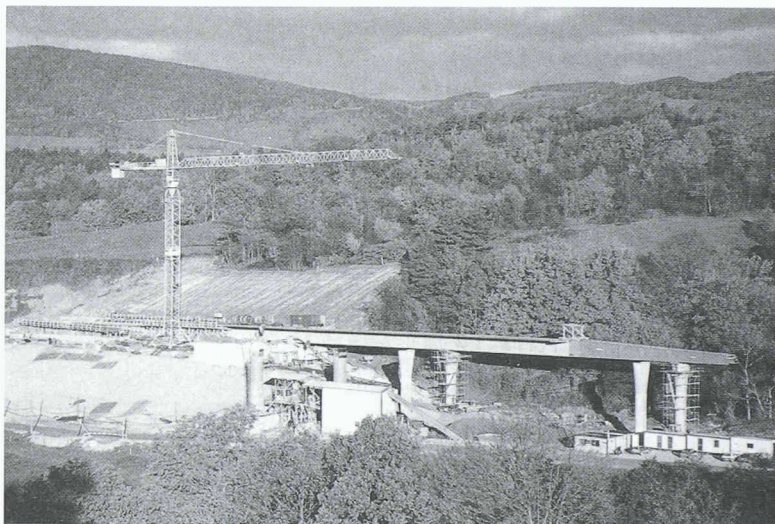


Fig. 8. - Vue générale du chantier; à gauche: site de bétonnage



Fig. 9. - Guidage d'un élément

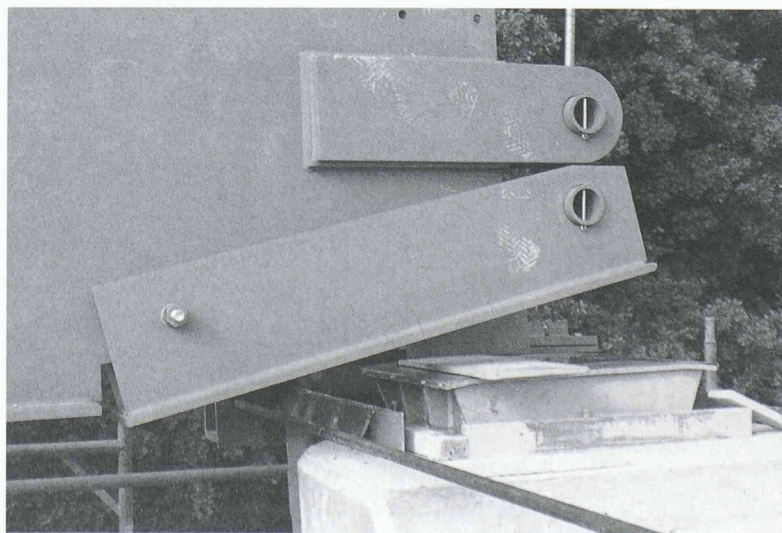


Fig. 10. - Détail du dispositif de guidage



ouest tirant deux câbles (19T18) reliés à un étrier (poutre) de poussage. Cet étrier transmet la force de poussée par l'intermédiaire de pattes métalliques s'appuyant sur la section des âmes du caisson. Le poussage s'effectue par glissement de l'ouvrage sur des appuis spéciaux, constitués d'une selle en métal scellée et bétonnée. Lors du poussage, des plaques de *Teflon* sont introduites manuellement entre le pont et la selle. Dans la zone de bétonnage de la première étape, l'ouvrage glisse sur un profilé métallique (HEA300) par l'intermédiaire d'une tôle métallique graissée.

#### *Le guidage*

Le contrôle des déplacements de l'ouvrage est assuré par des guides réglables et adaptés à l'installation de chantier et aux piles. Capable de reprendre des efforts de 50 à 100 tonnes, ils doivent surtout être le plus rigides possible pour garantir la position de l'ouvrage.

#### *L'avant-bec*

Lors du poussage, l'ouvrage doit franchir des portées de 48 m. Sa résistance ne lui permettant pas de reprendre les efforts consécutifs à un porte-à-faux de 48 m, le dispositif courant consiste à fixer à l'avant de l'ouvrage une poutre métallique d'une rigidité suffisante, capable de limiter les efforts dus au porte-à-faux dans la première section de l'ouvrage. Pour le viaduc des Esserts, l'avant-bec métallique a une longueur de 30 m pour un poids de 41 t, ce qui correspond au dixième du poids linéaire de l'ouvrage. La zone de fixation est très sollicitée, les efforts calculés dans cette section sont les suivants:

$$M_d = [+23\,000; -7100] \text{ kNm}$$

$$V_d = [+4550; -530] \text{ kN}$$

Ces efforts nécessitent la mise en place de douze barres de précontrainte d'un diamètre de 40 mm tendues à 900 kN en

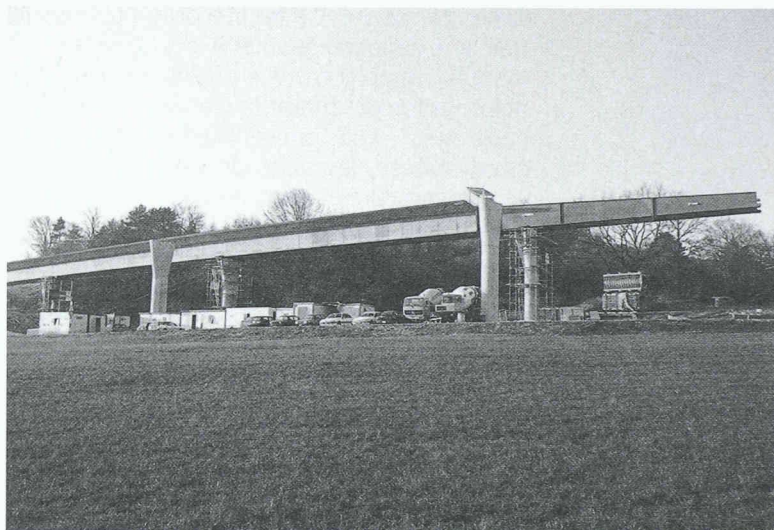


Fig. 11. – L'ouvrage en cours de lancement

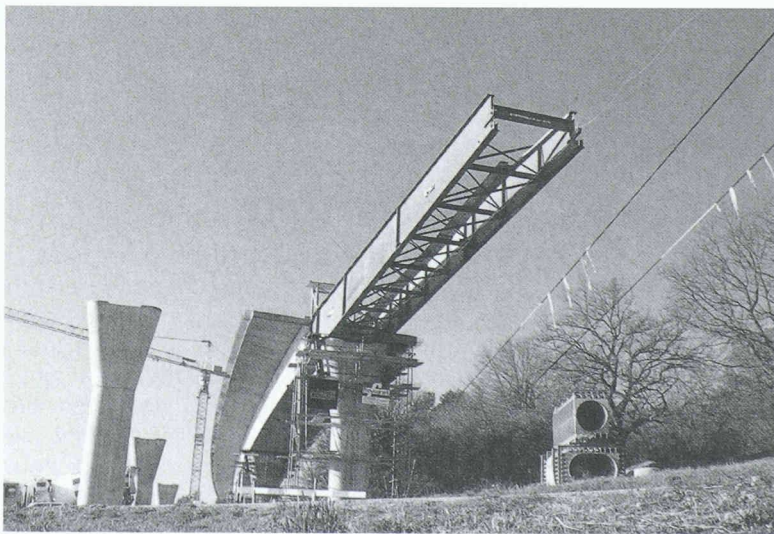


Fig. 12. – Vue montrant l'avant-bec

partie intérieure, et quatre barres du même type en partie supérieure. Les déformations élastiques maximales de l'extrémité de l'avant-bec ont été calculées entre 15 et 20 cm. A l'approche des piles, les patins situés à l'extrémité de l'avant-bec sont relevés, ce dernier est soutenu par des vérins, afin de compenser la flèche et de permettre de descendre les patins sur les appuis provisoires.

#### **4. L'ouvrage au stade final**

La variante d'exécution de l'entreprise propose une précontrainte extérieure au stade final.

Celle-ci, constituée de quatre câbles 19T15, sera mise en place et tendue à la fin des opérations de poussage. Cette précontrainte doit reprendre les surcharges occasionnelles et permanentes. Le tracé des câbles est assuré par des tubes placés dans les déviateurs et les entretoises lors du bétonnage. Les tubes de déviation, traités contre la corrosion, sont munis d'un évasement pour limiter les risques de cassure dans le tracé des câbles. Des réservations dans les gaines de protection permettent d'atteindre les torons afin de contrôler une éven-



tuelle corrosion. Cette précontrainte extérieure peut être démontée, remplacée, éventuellement renforcée durant la vie de l'ouvrage. La précontrainte étant réalisée, les selles de glissement provisoires sont remplacées par les appuis définitifs de type *TETRON*. Les travaux de finition – bordures, étanchéité, canalisations, revêtement – sont exécutés dans le même temps.

## 6. Conclusion

Dans le domaine des ouvrages d'art, tout mode de construction a des répercussions sur leur dimensionnement et peut consti-

tuer parfois la situation déterminante pour ce dimensionnement. Dans le cadre du projet décrit ici, nous avons pu constater l'influence du mode de construction sur la section. C'est pourquoi nous tenons à remercier le groupement de bureaux d'ingénieurs GGT de leur participation et de leur désir de mettre en œuvre les innovations proposées dans la variante d'entreprise. Cette expérience est, à ce titre, singulière et nous ne désespérons pas de voir se développer ce type de collaboration, car l'évolution dans le domaine des ouvrages d'art passe aussi par le

développement de matériaux et de techniques nouvelles, auquel l'entreprise peut prendre une part active. Le viaduc des Esserts construit par poussage cadencé n'est pas à proprement parler une innovation, mais la mise en place d'une précontrainte extérieure au stade de la réalisation dans un caisson en béton est une première en Suisse. Un choix technique qui a requis, de la part du bureau d'ingénieur comme de l'entreprise, un volume de travail supplémentaire pour l'intégration au calcul statique de l'ouvrage et la mise au point des détails d'exécution.

## Note de lecture

### Transformation de structures porteuses

A cause de la forte augmentation du trafic, le nombre de voies de l'autoroute entre Barcelone et La Junquera a dû être porté de deux à trois dans chaque sens. L'artère est enjambée par une série d'ouvrages à tablier continu en béton précontraint, à quatre travées, reposant sur trois piles intermédiaires. Pour donner passage aux nouvelles voies, deux piles de chaque ouvrage devaient être remplacées par des piles situées plus près des extrémités, les portées passant ainsi de 15,25 m à 18,80 m, soit une augmentation de 3,55 m ou 23,5%. De surcroît, la transformation devait être

esthétique, économique et réalisable sans interruption du trafic.

La solution choisie consiste en l'adjonction de deux poutres latérales métalliques en caisson, parallèles à l'ancienne structure en béton et rendues solidaires avec celle-ci par précontrainte transversale. Leur section est rhomboïdale pour s'adapter à la forme du tablier existant. En outre, la section de la pile centrale devait également être augmentée pour offrir un appui au tablier élargi.

L'auteur du projet avait déjà acquis une expérience préalable de la transformation de structures porteuses, en procédant à la suppression des pi-

liers centraux d'une salle du musée du Prado à Madrid. Les charges d'appui correspondantes ont été reprises par des poutres métalliques.

CALZON, JULIO MARTINEZ: «Ampliación de las luces de 14 pasos superiores continuos postesados para conseguir el ensanchamiento a seis carriles de la autopista A-7 Barcelona-La Junquera. Tramo: Hostalric-Mañanet» (Augmentation de la portée de 14 passages supérieurs à tablier continu précontraint, pour permettre l'élargissement à six voies de l'autoroute A-7 entre Barcelone et La Junquera), *Informes de la construcción* 46(1994)431, pp. 5-25, Instituto Eduardo Torroja, CSIC, Madrid, largement illustré (texte en espagnol)

