

Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 55 (1987)

Artikel: Évolution récente des ponts en béton précontraint
Autor: Mathivat, Jacques
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-42743>

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: 12.01.2026

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

Évolution récente des ponts en béton précontraint

Die jüngste Evolution der vorgespannten Betonbrücken

Latest Developments in Prestressed Concrete Bridges

Jacques MATHIVAT
Professeur ENPC
Paris, France



Jacques Mathivat, né en 1932, a été jusqu'en 1977 Directeur des Études des Entreprises Campenon Bernard. Il est actuellement Ingénieur-Conseil de SECOA (Société d'Études et de calculs en Ouvrages d'Art) qu'il a créée en 1978. Jacques Mathivat, Directeur Technique au SNBATI, est Membre du Conseil Exécutif de l'AIPC et Vice-Président de l'AFPC.

RÉSUMÉ

L'évolution des ponts en béton précontraint a été marquée, au cours de la dernière décennie, par le développement spectaculaire, dans une large gamme de portées, des structures haubanées, ainsi que par l'apparition de nouvelles méthodes de construction, comme par exemple la réalisation des ponts en arc par rotation verticale de chaque demi-arc. Mais deux autres tendances importantes, l'allègement des structures transversales des tabliers et le recours à la précontrainte extérieures au béton, sont apparues récemment, plus particulièrement sous l'impulsion des ingénieurs français grâce auxquels elles ont connu des applications intéressantes.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Evolution im vorgespannten Betonbrückenbau war während der letzten 10 Jahren gezeichnet durch die spektakuläre Entwicklung auf dem Gebiet der seilverspannten Brücken und durch die Anwendung neuer Bauverfahren, wie zum Beispiel die Errichtung des Bogens durch die vertikale Rotation der beiden Halbbo-gen, beim Bau von Bogenbrücken. Aber auch zwei andere wichtige Tendenzen, die leichtere Ausführung des Ueberbaus in Querrichtung und die Anwendung der äusseren Vorspannung auf den Beton, sind ersichtlich. Diese haben dank französischen Ingenieuren interessante Anwendungen gefunden.

SUMMARY

Progress made in the construction of prestressed concrete bridges over the past ten years has been marked by a spectacular development in the area of cable-stayed bridges and by the application of new building methods as e.g. , erecting an arch bridge by vertically rotating both semi-arches. However, two other important tendencies have arisen recently , namely, employing lighter transverse structures for bridge decks and the use of external prestressing of the concrete. These techniques have found interesting application thanks to French engineers.



L'évolution des ponts en béton précontraint a été marquée, au cours de la dernière décennie, par le développement spectaculaire, dans une large gamme de portées, des **structures haubanées**, ainsi que par l'apparition de **nouvelles méthodes de construction**.

Mais deux autres tendances importantes, **l'allègement des structures transversales des tabliers** et le recours à **la précontrainte extérieure au béton**, sont apparues récemment, plus particulièrement sous l'impulsion des ingénieurs français grâce auxquels elles ont connu des applications intéressantes.

1 - DEVELOPPEMENT DES PONTS HAUBANES

Dans les dernières années de nombreux ponts haubanés en béton ont été construits un peu partout dans le monde. Pour des **portées supérieures à 250 m**, ces ouvrages remplacent généralement les ponts traditionnels construits par encorbellements successifs.

Les **structures transversales** les mieux adaptées aux tabliers de largeur moyenne sont aujourd'hui (Fig. 1) :

- dans le cas d'une **suspension centrale**, une poutre tubulaire à deux âmes inclinées et à encorbellements latéraux, raidie par une triangulation intérieure ;
- dans le cas d'une **suspension latérale**, une poutre tubulaire en forme d'aile d'avion, sans encorbellements latéraux et à deux âmes fortement inclinées, dont le hourdis sous-chaussée est supporté par des poteaux.

Bien que la plus grande travée haubanée en béton - celle du pont de Barrios de Luna, en Espagne - ne franchisse que 440 m, des portées de **600 m à 700 m** peuvent être atteintes avec les matériaux et la technologie actuels. Mais, pour de telles portées, une **structure mixte acier-béton** est certainement plus économique, surtout si elle associe des nervures longitudinales fortement comprimées en béton avec des entretoises transversales fléchies en acier. La même conception peut d'ailleurs s'appliquer à des ouvrages de portées modérées.

Une solution de ce type a été adoptée pour le pont du Boulevard urbain de Gennevilliers, dont la construction a malheureusement été différée (Fig. 2).

Une autre particularité de cet ouvrage réside dans la simplicité de sa suspension qui comporte des mâts uniques centraux et un **"haubanage en parapluie"**, constitué de haubans latéraux traversant la tête des mâts et assurant efficacement leur stabilité élastique. La bonne tenue à la fatigue des ancrages par courbure des haubans à travers les mâts a été confirmée par des essais effectués au Laboratoire Fédéral de l'EMPA, en Suisse, à l'occasion de la construction du pont de Coatzacoalcos.

Dans le domaine des **portées inférieures à 250 m**, une nouvelle famille de structures, dites à **"précontrainte extradossée"** - qui sont décrites en 4 - constitue une transition économique entre les ponts traditionnels par encorbellements successifs et les ponts à haubans (Fig. 18).

2 - EVOLUTION DES METHODES DE CONSTRUCTION

Les tabliers en béton précontraint peuvent être classés en deux catégories, ceux qui sont construits à leur emplacement définitif et ceux qui sont construits à un emplacement différent - où leur exécution est plus facile - et mis en place par **déplacement**. Cette dernière catégorie a connu récemment quelques développements nouveaux.

Les tabliers peuvent être déplacés par **translation** ou par **rotation**.

La **translation** peut avoir lieu dans un plan horizontal et être transversale (ripape) ou longitudinale (poussage). La translation peut aussi être verticale

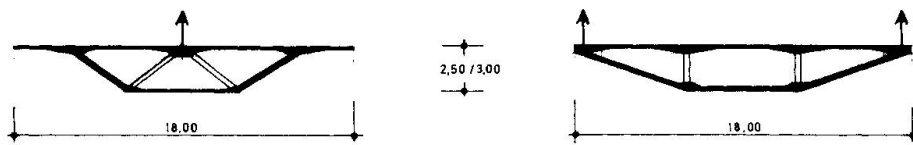


Fig. 1 Structures transversales des ponts à haubans modernes

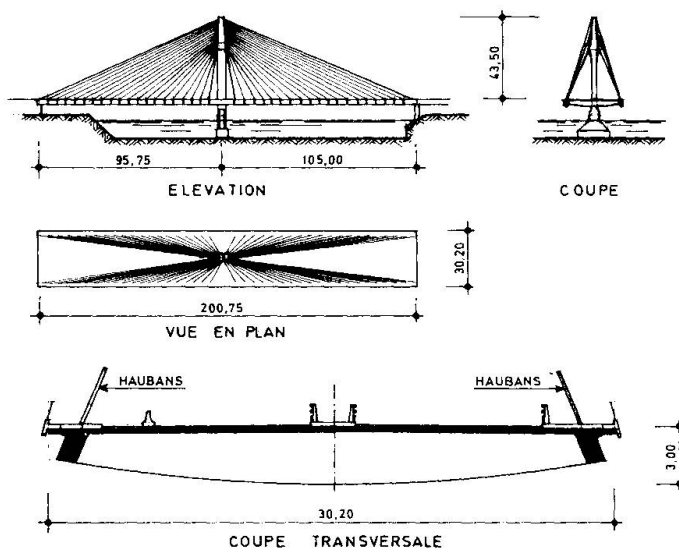


Fig. 2 Pont du Bd urbain de Gennevilliers (projet SECOA/SETRA)

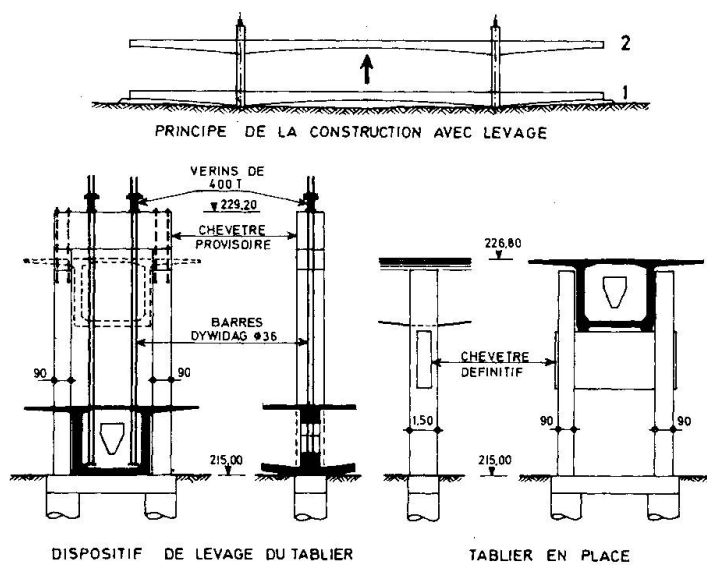


Fig. 3 Levage d'un tablier (projet Dragages et Travaux Publics)



et consister alors dans le **levage d'un tablier** construit à un niveau inférieur.

Cette méthode de construction a été envisagée par l'Entreprise Dragages et Travaux Publics pour un projet, qu'il nous paraît intéressant de mentionner et dans lequel le tablier, exécuté au sol, était ensuite levé à partir des piles définitives de l'ouvrage conçues de manière à servir d'appuis pendant cette opération (Fig. 3). Le levage terminé et le tablier maintenu en position définitive, il était ensuite procédé à l'exécution des chevêtres des piles sur lesquels venait enfin reposer le tablier.

Dans le cas d'une **rotation**, celle-ci s'effectue généralement dans un plan horizontal autour d'un des appuis de l'ouvrage et d'assez nombreux ouvrages ont été construits suivant ce procédé, chaque fois qu'il était difficile ou coûteux de les construire directement au-dessus de la brèche à franchir.

Mais la rotation peut aussi avoir lieu dans un **plan vertical**. C'est le cas du pont en **arc** d'Argentobel, en République Fédérale d'Allemagne, qui a été construit par bétonnage des demi-arcs en position quasi verticale, et rotation de ceux-ci autour des culées (Fig. 4). Ce mode de construction peut également s'appliquer à la réalisation de **tabliers rectilignes de portées moyennes**, mis en place à l'avancement par travées entières lancées comme un **pont-levis** (Fig. 5). Le tablier, bétonné verticalement dans des coffrages grimpants au moyen d'une grue à tour située sur le tablier, est ensuite basculé par rotation verticale autour d'articulations provisoires disposées en tête de pile. Des haubans de retenue assurent la stabilité du tablier pendant son déplacement.

3 - ALLEGEMENT DES STRUCTURES TRANSVERSALES DES TABLIERS

Depuis de nombreuses années les projeteurs ont cherché à alléger la structure transversale des tabliers des ponts en béton précontraint en réduisant la section des **âmes**. Ces dernières, quand elles sont en béton, représentent en effet une part importante du poids propre du tablier (couramment entre 30 % et 40 % pour un tablier de hauteur constante) qui correspond à une répartition inefficace de la matière diminuant le rendement géométrique de la section (rendement géométrique passant de 1 pour une section idéale sans âmes aux environs de 0,6 pour une section tubulaire à âmes pleines).

La limitation de l'importance des âmes dans la section transversale entraîne donc une double économie au niveau de la précontrainte longitudinale du tablier, par suite d'une part de la réduction du poids propre et d'autre part de l'amélioration du rendement géométrique de la section, économie à laquelle vient s'ajouter le gain sur les quantités de béton à mettre en oeuvre.

Cet allègement de la structure transversale a été obtenu de différentes façons, notamment par :

3.1 - L'amincissement des âmes (Fig. 6)

3.1.1 en faisant **varier leur épaisseur** sur la hauteur du tablier de manière que cette épaisseur, à l'encastrement des âmes sur les membrures supérieure et inférieure soit proportionnelle au moment statique de la membrure adjacente.

3.1.2 en ayant recours de façon systématique à la **précontrainte verticale des âmes**, associée généralement à une précontrainte longitudinale horizontale logée dans les membrures supérieure et inférieure. Cette solution, qui a probablement été délaissée à tort en France depuis quelques années, devrait trouver dans l'avenir un nouveau développement avec l'utilisation de torons gainés graissés.

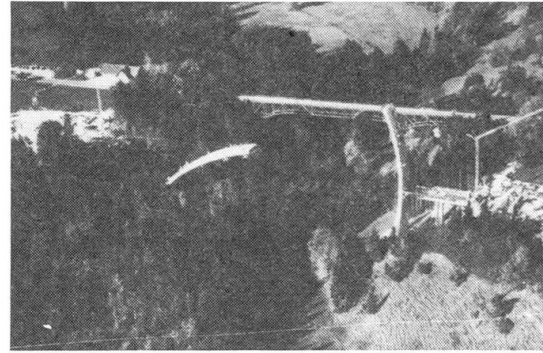
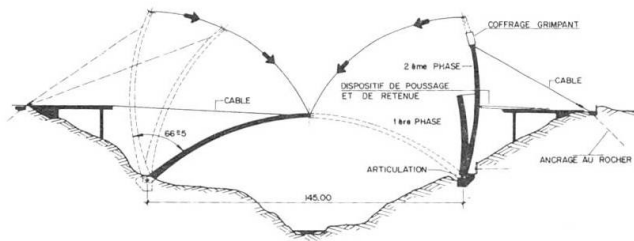


Fig. 4 Construction d'un arc par rotation dans un plan vertical
Pont d'Argentobel

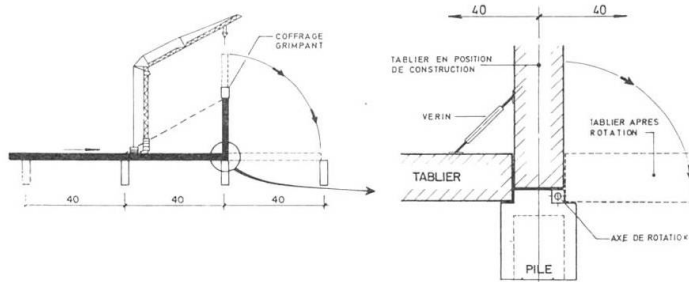


Fig. 5 Construction d'un tablier à l'avancement par rotation dans un plan vertical

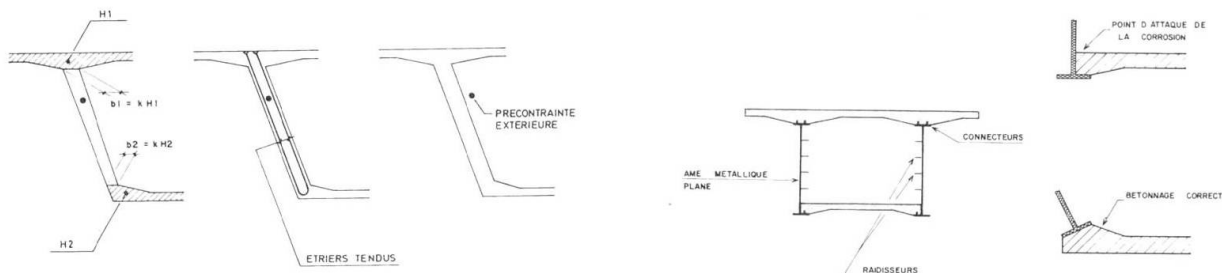


Fig. 6 Amincissement des âmes traditionnelles

Fig. 8 Position de la membrure inférieure en béton

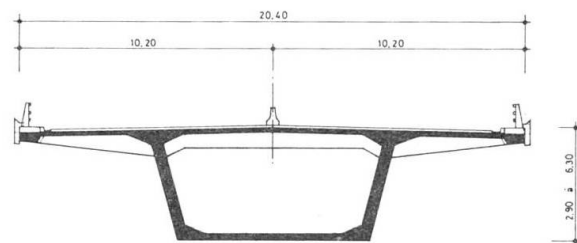
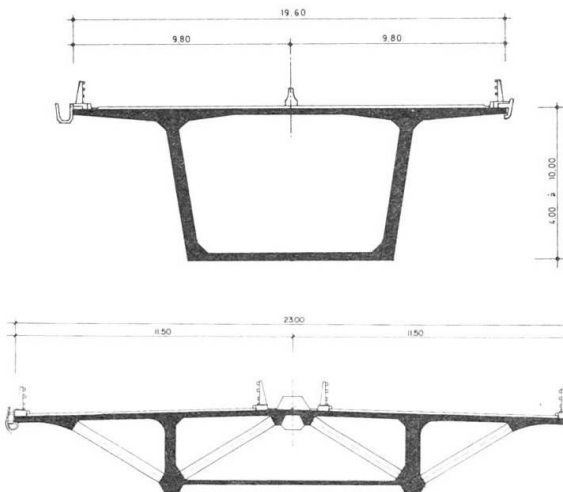


Fig. 7 Coupes transversales des tabliers larges à deux âmes :

Viaduc de Poncin (projet Spie Batignolles & Dragages et Travaux Publics)
Viaduc de l'Arrêt Darré (projet Spie Batignolles)
Pont d'Elbeuf (projet SETRA/SECOA)





3.1.3 en disposant la **précontrainte longitudinale du tablier à l'extérieur des âmes**, ce qui évite deux sujétions souvent prépondérantes pour leur dimensionnement, relatives l'une au bétonnage de l'âme et l'autre à l'ancrage des câbles de précontrainte longitudinaux. La **précontrainte extérieure** permet également de profiter de l'épaisseur totale des âmes pour la résistance à l'effort tranchant (suppression de la déduction d'un demi-diamètre de gaine conformément aux prescriptions du règlement français de béton précontraint - BPEL). Mais cet avantage disparaît dans certains pays étrangers où aucune diminution de l'épaisseur de calcul n'est exigée en présence de câbles de précontrainte à l'intérieur des âmes. La **précontrainte extérieure** fait l'objet du paragraphe 4.

Les trois moyens précédents peuvent être utilisés simultanément.

3.2 - La réduction du nombre des âmes en augmentant les portées transversales des hourdis sous-chaussée.

Il est habituel aujourd'hui de réaliser des poutres tubulaires à deux âmes de plus de 20 m de largeur, en constituant la dalle sous chaussée soit d'un hourdis épais (épaisseur de 0,30m), soit d'un hourdis nervuré, soit d'un hourdis traditionnel supporté par une triangulation ou des poteaux intérieurs ou par des bracons inclinés extérieurs.

Deux ouvrages récemment construits, les viaducs de Poncin et de l'Arrêt Darré, ainsi qu'un projet, celui du Pont d'Elbeuf, donnent des exemples de tabliers larges à deux âmes (Fig. 7).

3.3 - La substitution de structures plus légères aux âmes traditionnelles en béton

Ces structures peuvent être de différents types :

3.3.1. **âmes métalliques planes raidies**

Cette solution est la plus simple car inspirée directement des ossatures mixtes acier-béton classiques. Elle pose toutefois deux problèmes spécifiques.

Le premier concerne la répartition des contraintes normales entre l'acier et le béton par suite du fluage qui, sous l'effet de la précontrainte longitudinale, transfère une part importante des efforts de compression des membrures en béton aux âmes métalliques. Ces compressions rendent nécessaire un coûteux raidissage des âmes, tant longitudinal que vertical.

Le second est relatif à la position de la membrure inférieure en béton par rapport aux semelles des âmes métalliques (Fig. 8). Il est préférable du point de vue constructif de placer la membrure inférieure au-dessus des semelles, ce qui permet un bétonnage aisé et éventuellement le lancement des âmes métalliques avant toute autre opération

Mais il en résulte un point de contact triple : air, acier, béton, le long des âmes, qui constitue une zone d'attaque privilégiée de la corrosion. Il est donc meilleur de placer les semelles au-dessus de la membrure en inclinant les âmes suffisamment de manière à rendre possible la mise en place du béton dans de bonnes conditions.

Un ouvrage expérimental, comportant une travée isostatique de 40 m de portée, a été réalisé sur l'Autoroute A 71, à Salbris, par l'Entreprise Fougerolle (Fig. 9).

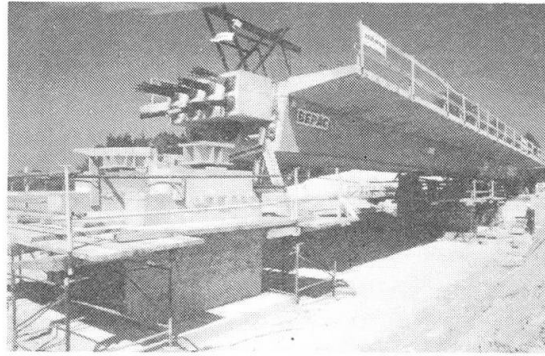
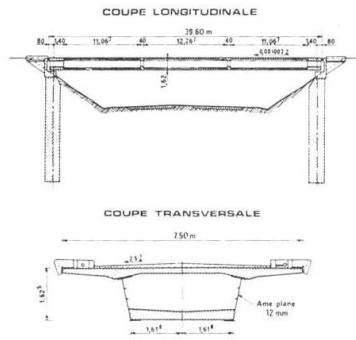


Fig. 9 Pont sur l'Autoroute A71 à Salbris (projet Fougerolle)

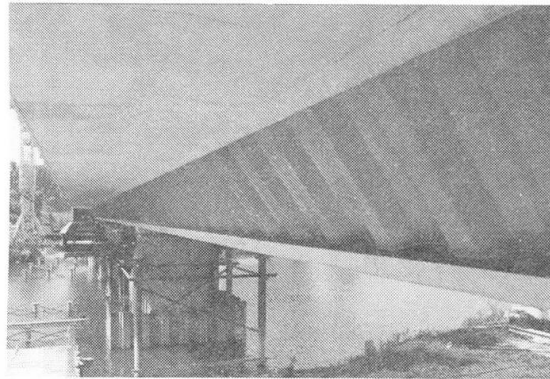
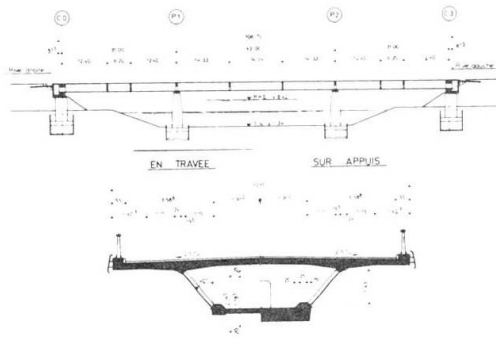


Fig. 10 Pont de Cognac (projet Campenon Bernard)

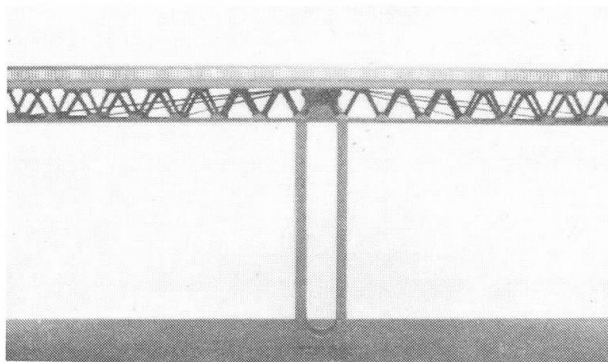


Fig. 11 Maquette du Viaduc de Charolles (projet SECOA)

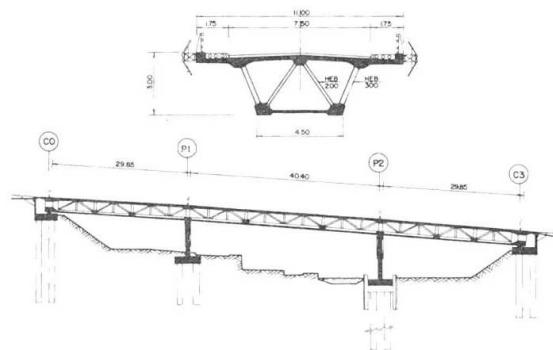
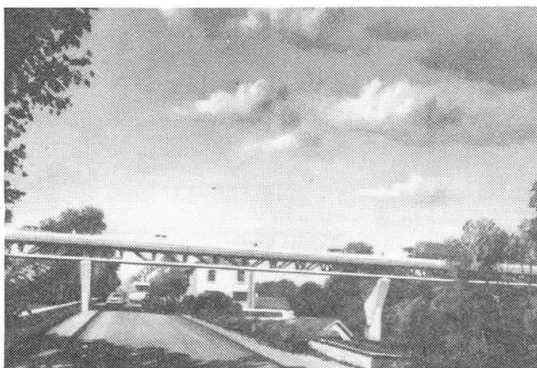


Fig. 12 Pont d'Arbois (projet Dragages et Travaux Publics et Société Générale d'Entreprises)



3.3.2. âmes métalliques en tôle plissée

Une solution, imaginée par l'Entreprise Campenon Bernard, consiste à utiliser des âmes métalliques plissées que leur grande déformabilité longitudinale sous-trait à l'effet des compressions longitudinales induites par la précontrainte.

Un choix judicieux des dimensions des ondulations permet d'obtenir une rigidité de flexion transversale comparable à celle d'âmes traditionnelles en béton et d'assurer ainsi la stabilité de l'âme au voilement et sa résistance à l'effort tranchant et à la torsion. Les âmes plissées posent toutefois le même problème que les âmes planes raidies vis-à-vis de la corrosion à la jonction de la membrure inférieure et des âmes. Des contraintes locales apparaissent également à l'enracinement des âmes dans les membrures par suite des raccourcissements du béton sous l'effet du retrait et du fluage.

Cette solution a fait l'objet d'une première réalisation expérimentale à l'occasion de la construction du pont de Cognac par l'Entreprise Campenon Bernard (Fig. 10).

3.3.3. âmes triangulées ou triangulation spatiale reliant les membrures supérieure et inférieure

Les âmes de la poutre peuvent être remplacées par un treillis plan ou par une triangulation spatiale, reliant les deux membrures et constitués d'éléments en béton ou en métal. Dans le cas d'éléments métalliques, ceux-ci sont généralement réalisés au moyen de profilés en H ou de tubes circulaires ou carrés.

Les problèmes principaux posés par ce type de structure concernent la forme de la triangulation et la conception des noeuds d'assemblage avec les membrures, qui doivent pouvoir reprendre les efforts de glissement et les efforts de flexion locaux.

La figure 11 montre le projet que nous avons établi pour le Viaduc de Charolles et qui comportait des âmes en treillis métallique avec des profilés en H. Le premier ouvrage réalisé suivant ce principe est le pont d'Arbois, construit par Dragages et Travaux Publics et par la Société Générale d'Entreprises (Fig. 12).

L'idée d'une triangulation spatiale a été développée pour la première fois par l'Entreprise Bouygues lors de la construction du Pont de Bubiyan au Koweït au moyen de voussoirs préfabriqués à joints conjugués constitués par l'assemblage en cellule des membrures supérieure et inférieure avec des triangles préfabriqués en béton (Fig. 13). Un principe analogue a été repris par la même entreprise pour les Viaducs de Sylans et des Glacières avec une triangulation constituée d'X préfabriqués en béton disposés transversalement selon quatre plans formant un W (Fig. 14). Dans ces deux derniers ouvrages les éléments de la triangulation sont de section pseudo-carrée.

3.3.4. âmes évidées en béton à montants trapézoïdaux

Les solutions développées précédemment présentent certains inconvénients qui ont été indiqués en 331, 332 et 333.

D'autre part, en ce qui concerne les structures mixtes acier-béton, leur intérêt économique n'a pas encore été prouvé, tout au moins dans les portées moyennes, la plupart des réalisations à ce jour étant des ouvrages expérimentaux confiés directement à des entreprises ou le résultat d'adjudications lancées dans un cadre étroit n'autorisant pas d'autres alternatives. Le choix par l'Entreprise Bouygues pour ses ouvrages à triangulation spatiale d'éléments en béton au lieu d'éléments métalliques semble confirmer ce fait.

Dans le domaine des structures en béton, la triangulation spatiale est une solution assurément économique au niveau de l'allègement de la structure et des quantités de matériaux à mettre en oeuvre. Mais le grand nombre d'assemblages, qui constituent toujours les points faibles d'une construction, ainsi que la faible dimension des éléments de la triangulation, laissent peser quelques incertitudes sur le comportement dans le temps de ce type de structure.

Enfin, toutes les solutions précédentes s'accompagnent généralement d'une précontrainte longitudinale partiellement extérieure au béton dont le tracé nécessite la mise en oeuvre de bossages, diaphragmes ou entretoises, assurant la déviation ou l'ancrage des armatures. Ces éléments en saillie par rapport à la section transversale courante alourdissent le tablier et leur exécution, souvent difficile, en renchérit le prix.

C'est la raison pour laquelle nous avons imaginé de remplacer les âmes traditionnelles par des âmes évidées en béton constituées de montants trapézoïdaux, qui, tout en diminuant le poids propre du tablier et en améliorant son rendement géométrique, facilitent le tracé de la précontrainte extérieure longitudinale. Un dessin de principe de ces âmes est donné à la figure 15.

Les montants trapézoïdaux sont disposés "pointe en bas", la grande base des montants réalisant ainsi un encastrement continu de la membrure supérieure sous l'effet des charges d'exploitation, tandis que la pointe inférieure assure la déviation des câbles de précontrainte extérieure filants, sans bossages ni entretoises supplémentaires.

Cette disposition permet d'autre part le bétonnage aisé des montants et l'ancrage sur leur tranche de câbles de précontrainte dont la mise en tension peut ainsi s'effectuer à n'importe quel moment.

Du point de vue des quantités de béton à mettre en oeuvre, les âmes évidées à montants trapézoïdaux se situent entre les âmes pleines et les âmes à triangulation plane. Elles représentent un gain d'environ 50 % sur le volume de béton d'âmes pleines de même épaisseur.

Elles offrent également plusieurs autres avantages :

- utilisation d'éléments plans (plaques) plus robustes et moins exposés à la corrosion des armatures que les éléments linéaires d'une triangulation (barres), qui ont une plus grande surface de contact avec l'atmosphère extérieure.
- suppression par rapport aux structures triangulées des noeuds de jonction entre éléments, de conception et d'exécution difficile.

Nous avons étudié, pour les Entreprises Quillery, un projet de ce type, à l'occasion de l'appel d'offre des Viaducs de Sylans et des Glacières. Cet appel d'offre comportait deux niveaux :

- un premier niveau, dit de préconsultation technique, destiné à sélectionner, en dehors de toute considération de prix, les variantes proposées par les entreprises. A ce stade de la consultation notre projet a été une des deux solutions retenues.
- un second niveau, de consultation proprement dite, dans lequel les entreprises devaient soumissionner à la fois le projet de base élaboré par le maître d'oeuvre Scetauroute et leur projet variante qui avait été accepté, en y incluant les modifications techniques demandées.

A l'issue de cette consultation et, bien que le projet présenté par les entreprises Quillery se soit révélé le plus économique (Fig. 16), la Société des Auto-

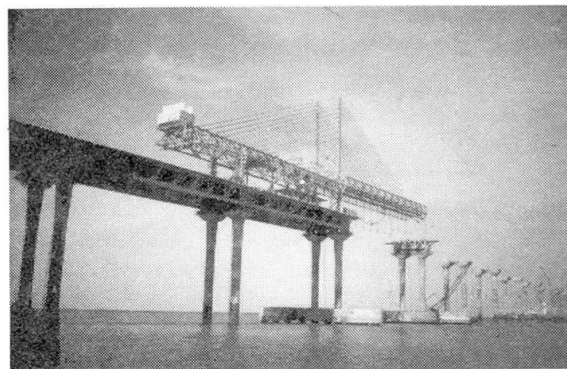
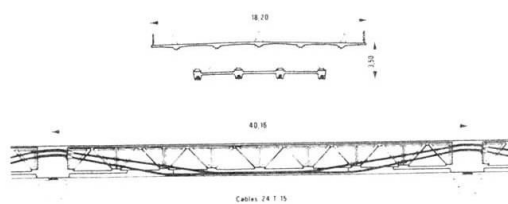


Fig. 13 Pont de Bubiyan (projet Bouygues)

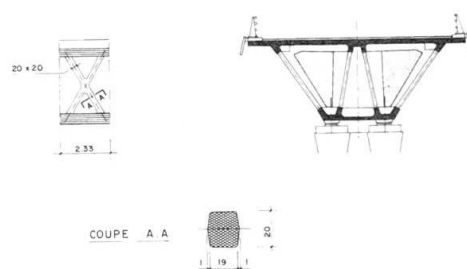
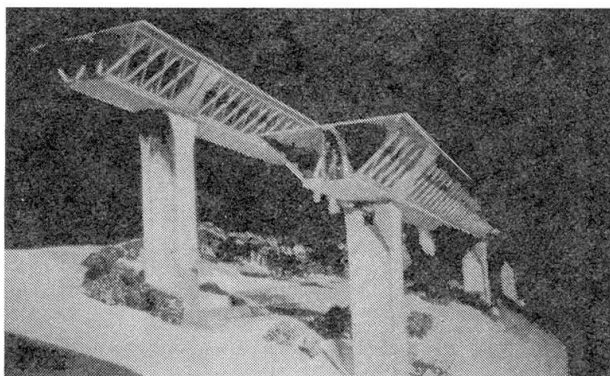


Fig. 14 Viaducs de Sylans et des Glacières (projet Bouygues)
Maquette et voussoirs type

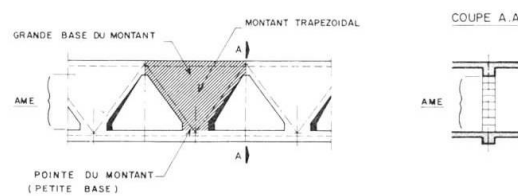
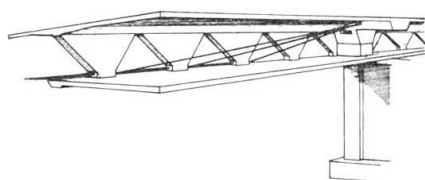


Fig. 15 Principe des âmes évidées à montants trapézoïdaux

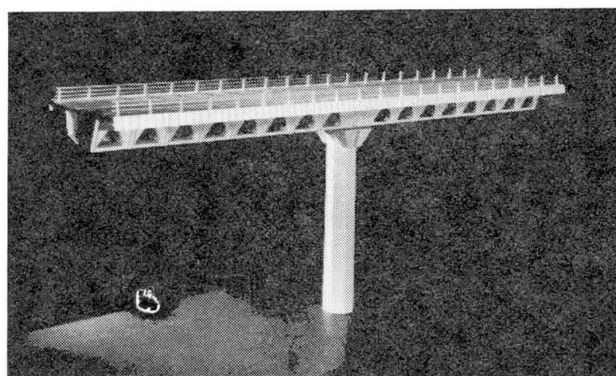


Fig. 16 Viaducs de Sylans et des Glacières (projet SECOA)
Maquette et voussoirs type

routes Paris-Rhin- Rhône a finalement choisi le projet de l'entreprise Bouygues, en raison de son caractère plus innovant.

4 - LA PRECONTRAINTE EXTERIEURE AU BETON

Une autre tendance marquante dans la conception des ponts en béton précontraint est le recours à des câbles de précontrainte extérieurs au béton.

Depuis quelques années, sous l'impulsion du SETRA, en la personne de Michel Virlogeux, et de plusieurs entreprises, la **précontrainte extérieure** a connu en France un développement important.

Cette technique présente de nombreux avantages liés à la facilité d'exécution et à la qualité de la structure finie, sans toutefois qu'il en résulte généralement une économie significative dans les constructions courantes de portées moyennes.

Mais son principal avantage réside dans la possibilité de remplacement éventuel des armatures corrodées ou rompues, moyennant une conception appropriée du câblage. Aussi nous semble-t-il souhaitable de prévoir systématiquement une précontrainte extérieure **démontable**, qui constitue une garantie supplémentaire pour la durabilité des ouvrages.

Les ouvrages à précontrainte totalement extérieure et intégralement remplaçable sont d'autre part particulièrement bien adaptés à l'utilisation d'une **précontrainte partielle**, la fissuration du béton tendu n'ayant aucune conséquence sur la conservation des aciers de précontrainte.

Les premières applications systématiques de la précontrainte extérieure ont eu lieu aux Etats-Unis avec les projets de "Figg and Muller", comme "Long Key Bridge" (Fig. 17). Il s'agissait d'ouvrages de portées moyennes, réalisés par **travées entières** entre appuis et constitués de voussoirs préfabriqués assemblés sur cintres. La précontrainte, totalement extérieure et filante sur chaque travée, est ancrée dans les entretoises sur pile. Les câbles sont déviés au droit de petits bossages en béton armé, situés à la jonction des âmes avec la membrure inférieure. Cette solution est simple car ces déviateurs, même s'ils sont en saillie par rapport à la section courante, sont de faible poids et d'exécution facile, contrairement aux nervures et diaphragmes utilisés dans d'autres projets.

Comme nous l'avons dit précédemment l'utilisation d'**âmes évidées à montants trapézoïdaux** apporte dans ce cas une solution élégante et économique à la déviation des câbles de précontrainte extérieure.

La précontrainte extérieure a également permis d'obtenir un allègement des structures dans le domaine des **ponts poussés** où les âmes des sections tubulaires ont été réduites de façon sensible (2 âmes de 0,30 m pour un tablier de 10 m de largeur et de 50 m de portée).

Les ponts construits par **encorbellements successifs** ont enfin fourni un nouveau champ d'application à la précontrainte extérieure mais n'ont pas permis, jusqu'à ce jour, la réalisation d'ouvrages à précontrainte totalement extérieure et remplaçable.

Les projets les plus satisfaisants construits en France comportent généralement trois familles de câbles :

- des câbles de fléaux, semi-horizontaux, et intérieurs au béton, disposés au voisinage de la membrure supérieure du tablier et reprenant son poids propre en console.



- des câbles extérieurs au béton, mis en place après clavage des fléaux, filants d'une entretoise sur pile à l'autre et déviés à l'aide de dispositifs spéciaux.

- quelques câbles de continuité, horizontaux et intérieurs au béton, disposés au voisinage de la membrure inférieure du tablier dans la zone de clé des travées. Ces câbles complètent la précontrainte engendrée à la clé des travées par les câbles filants.

Ce type de câblage, appelé **câblage mixte**, présente l'inconvénient de comporter un certain nombre de câbles intérieurs au béton, dont le remplacement est impossible.

Il est alors préférable de substituer aux câbles de fléaux précédents des câbles extérieurs au béton disposés au-dessus de la dalle sous-chaussée et déviés à l'aplomb des piles par des voiles verticaux de faible hauteur. Nous avons donné à cette famille de câbles le nom de **précontrainte extradossée**.

Ces câbles sont différents de haubans car leur rôle essentiel est d'assurer une précontrainte horizontale du tablier et non de développer des réactions élastiques verticales. D'autre part, contrairement aux haubans, ils sont peu sollicités à la fatigue (leur variation de tension sous charges d'exploitation demeurant faible) ce qui permet de les tendre à des valeurs proches de celles des armatures de précontrainte traditionnelles. Enfin, leur faible excentricité au droit des piles (de l'ordre de $1/15$ de la portée) nécessite des déviateurs moins sollicités et de construction beaucoup plus facile que les mâts des ponts haubanés.

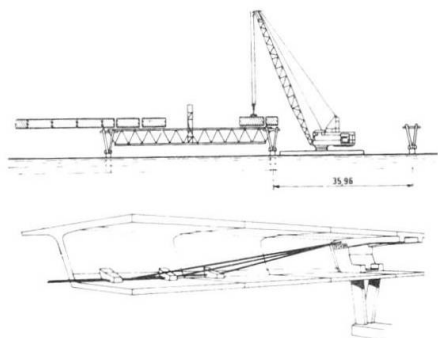
L'efficacité de ces câbles, qui équilibrent une fraction importante du poids propre, permet enfin de donner au tablier une **section constante**, ce qui facilite grandement son exécution.

La précontrainte extradossée est complétée par des câbles filants, mis en place après clavage des fléaux, déviés en travée et ancrés dans les entretoises sur piles. Tous les câbles constituant la précontrainte longitudinale de ce type d'ouvrage sont alors extérieurs au béton et remplaçables.

Nous avons développé cette idée pour la première fois à l'occasion du projet du pont de l'Arrêt Darré pour les Entreprises Quillery. Les deux idées exposées précédemment, les âmes évidées à montants trapézoïdaux et la précontrainte extérieure extradossée, sont associées dans ce projet et ont conduit à une économie de matériaux de l'ordre de 30 % par rapport à la solution à deux caissons parallèles à deux âmes (Fig. 18).

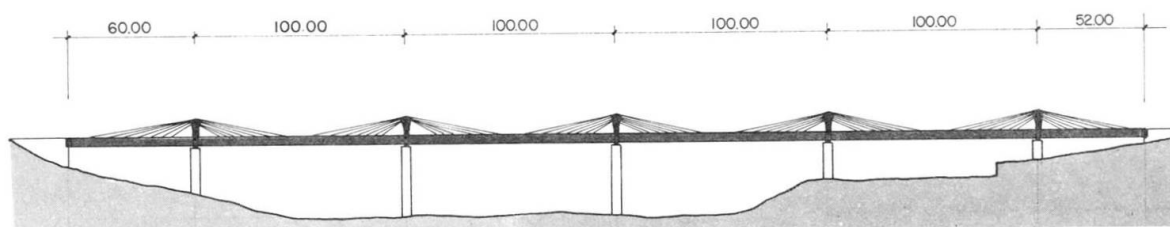
Dans le cas de tabliers larges à deux sens de circulation séparés, la précontrainte extradossée est située dans l'axe de l'ouvrage comme au pont de l'Arrêt Darré. Dans le cas de tabliers de faible largeur, la précontrainte extradossée est disposée latéralement selon deux plans verticaux.

On peut également envisager d'enrober la nappe de câbles constituant la précontrainte extradossée dans un voile en béton (Fig. 19). Si le voile est exécuté après mise en tension des câbles, comme au pont du Ganter, en Suisse, son béton est tendu sous l'effet des charges d'exploitation et devient un élément passif qui alourdit inutilement la structure. Si le voile est bétonné au fur et à mesure de la mise en oeuvre des câbles et forme ainsi une épine dorsale qui complète la section résistante du tablier, on obtient un autre type de structure, appelé **"Fin-back bridge"**, dont la première réalisation est le pont de Barton Creek, aux Etats-Unis, à partir des idées du Professeur Lee.

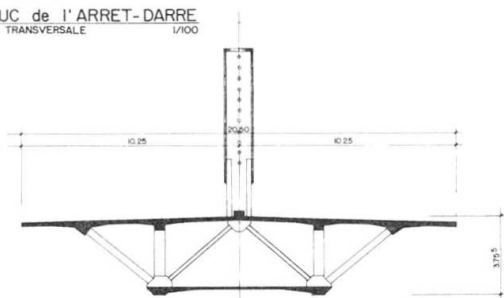


*Fig. 17 Pont de Long Key
(projet Figg and Muller)*

VIADUC de l'ARRET-DARRE
COUPE LONGITUDINALE 1/2000



VIADUC de l'ARRET-DARRE
COUPE TRANSVERSALE 1/100



*Fig. 18 Viaduc de l'Arrêt Darré
(projet SECOA)
Coupes longitudinale et transversale
Maquette*

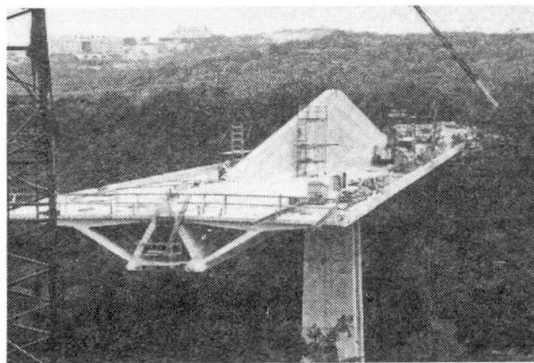
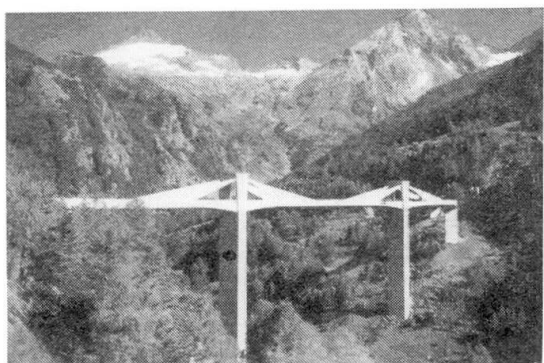
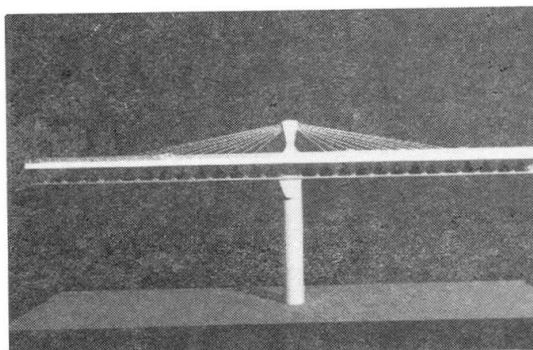


Fig. 19 Pont du Ganter et Pont de Barton Creek (Fin back bridge)

Leere Seite
Blank page
Page vide