

LE VIADUC DE LA ROCADE NORD-EST DE COMPIÈGNE

THE COMPIEGNE NORTH-EAST RINGROAD VIADUCT

Didier PRIMAULT, Luc RICHARD-HULIN

VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS

Jean VASSORD, Patrice ELLO

ARCADIS France

1. LA POSE À L'AVANCEMENT PAR HAUBANAGE PROVISOIRE

1.1. Principe

La méthode de pose à l'avancement, déjà utilisée pour la réalisation de 13 ponts en France, permet d'exploiter les avantages de la préfabrication des tabliers de ponts. La structure du tablier est construite en continu d'une culée à l'autre en plaçant les voussoirs préfabriqués, l'un après l'autre. La stabilité du tablier en phase de construction est assurée par un haubanage provisoire. Une potence de pose est installée à l'extrémité libre de l'encorbellement pour mettre en place les voussoirs.

Avec cette méthode, il est possible de construire des tabliers à structure en caisson supportant 3 voies de circulation, avec des portées atteignant 60 mètres et des rayons de courbure minimaux de 350 mètres. Les voussoirs préfabriqués ont un poids maximal de 50 tonnes.

1.2. Matériel spécial

Les voussoirs sont transportés sur le tablier depuis l'aire de préfabrication jusqu'à l'extrémité libre du tablier au moyen d'un fardier spécifique.

La potence de pose, équipée d'un bras orientable, a une capacité de levage de 50 tonnes. En phase de levage, elle est ancrée dans les derniers voussoirs posés du tablier.

Le mât de haubanage provisoire est une charpente métallique composée de 2 jambes verticales contreventées entre elles.

1. THE TEMPORARY STAY PROGRESSIVE CONSTRUCTION METHOD

1.1 General principle

The temporary stay progressive construction method, already used in France for thirteen bridges, enables to fully benefit from the precasting of a bridge deck on a large scale. The structure is built continuously, from one abutment to the other, by regularly placing precast segments, one after the other. The temporary stability of the deck is ensured by staying. Lifting equipment located at the extremity of the cantilever lifts the segments into position.

This technology allows realizing easily three-lane box girder bridges, with spans up to 60m and a plane radius of curvature as low as 350m. The segments weigh up to 50 t.

1.2 Specific equipment

The segments are carried along the deck from the storage area to the end of the cantilever with a self-propelled multi-wheeled trailer.

The lifting equipment is a self-moving purpose-made swivel crane of 50 ton capacity; it is anchored on the last erected segment.

The temporary staying mast, which lets the segments through, consists of two vertical transversally braced steel legs, on which regularly spaced hydraulic jacks allow the tensioning of the cable-stays by pulling back their anchor plates.

L'espace entre ces jambes permet le passage des voussoirs sur le fardier à travers le mât. Des vérins hydrauliques à grande course sont installés sur les jambes pour mettre en tension les haubans provisoires. Le mât est déplacé d'une pile à l'autre au moyen d'une remorque spéciale tractée par le fardier de transport des voussoirs.

The mast is transferred from one pier to the next on a trailer drawn by the multi-wheeled trailer used also for segment transportation.



1.3. Cycle courant de réalisation d'une travée

Dès que la précontrainte d'une travée est appliquée, la construction de la travée suivante démarre par la mise en place de quelques voussoirs en encorbellement (mini-fléau), afin de dégager à l'axe de la pile l'espace nécessaire au mât de haubanage. Lorsque la précontrainte de la travée précédente est terminée, les haubans provisoires sont détendus et démontés, le mât est déplacé sur la pile suivante et la première paire de haubans est montée et tendue.

Le voussoir suivant est alors transporté depuis l'aire de stockage, levé et mis en place par la potence, puis brélé à l'extrémité du tablier au moyen de barres de précontrainte provisoire. La potence est ensuite avancée sur ce voussoir et une paire de haubans est tendue. Lors de l'accostage sur la pile suivante, avant de placer le voussoir sur pile, le niveau du tablier est réglé, si nécessaire, avec des vérins hydrauliques, pendant que les appuis définitifs sont mis en place.

Le cycle complet est alors répété pour la travée suivante.

1.3. Description of a typical span erection cycle

As the final pre-stressing of a span is progressively applied, the construction of the following span starts with the erection of a few segments in free cantilever, in order to give place to the staying mast on the pier.

After post-tensioning the complete previous span, the staying system is released, moved forward to the next pier and the first two pairs of cable-stays are tensioned. The next segment is transferred from the storage area, lifted into position by the swivel crane and bound fast to the deck with pre-stressed bars. Then the swivel crane moves onto this segment and the next two pairs of temporary cable-stays are tensioned, and so on. Before placing the pier segment, the level of the deck can be adjusted, if necessary, with hydraulic jacks, while the permanent bearings are placed. Afterwards the whole cycle can be repeated.

1.4 Advantages

This method enables to crossover waterways, railways and main roads, without disturbing the traffic. Moreover, bridges with double curvature and varying width are easily erected.

1.4. Avantages de la méthode

Cette méthode permet de franchir des brèches, telles que des voies d'eau, des routes et des voies ferrées, sans interrompre le trafic. De plus, des ponts avec des géométries complexes - double courbure en plan et largeur variable - sont réalisés aisément. Pour ce qui concerne l'organisation des travaux, la gestion de la préfabrication est simplifiée. La mise en place des voussoirs se fait en continu (une travée en une semaine) et en toute sécurité, car les travaux se font sur le tablier. La précontrainte est minimale comme pour un pont coulé en place, et les coûts de construction sont réduits, grâce à un matériel spécial léger et facilement réutilisable.

2. CONSTRUCTION DU VIADUC DE LA ROCADÉ NORD EST DE COMPIÈGNE

2.1. Généralités

Le viaduc de la rocade nord-est de Compiègne est un pont à 2 voies de 2143,50 mètres de long, qui permet à la RN31 de franchir une zone sensible inondable au confluent de l'Oise et de l'Aisne.

Ce viaduc franchit d'Est en Ouest :

- la départementale RD66,
- l'Aisne,
- le future Canal Seine Nord Europe,
- l'Oise,
- les voies ferrées de la ligne Paris-Belgique,
- la nationale RN32.

Le pont se décompose en 3 viaducs successifs :

- viaduc 1 - 785.25 mètres - 13 travées
- viaduc 2 - 712.20 mètres - 12 travées
- viaduc 3 - 646.05 mètres - 11 travées

avec des travées courantes de 58,70 mètres et des travées allongées de 66,50 mètres pour respecter les gabarits au-dessus des voies navigables.

Le tracé en plan est en 'S' : une courbe de 3600 mètres de rayon suivi d'une contre-courbe de 1350 mètres de rayon.

As far as the organization of the works is concerned, the management of precasting is simplified, and the placing of the segment is continuous (a whole span can be built every week) and safe, since everything takes place on the already assembled part of the deck. Furthermore, prestressing is minimal, as in a cast-in-place bridge, and construction costs are reduced, thanks to light and easily reusable equipment.

2. CONSTRUCTION OF THE NORTH-EAST RINGROAD VIADUCT IN COMPIEGNE

2.1 General

The Compiègne north-east ringroad viaduct is a 2143.50m long 2 lane road bridge, which allows the crossing of the sensitive, liable to flooding lowland of the Oise and Aisne Rivers by the RN31 major road.

This viaduct crosses from East to West:

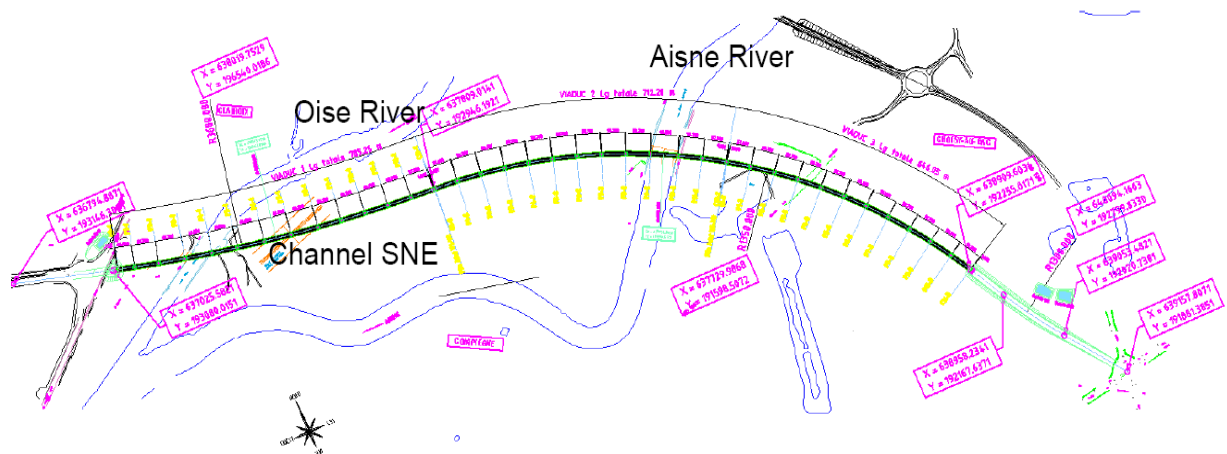
- the RD66 local road,
- the Aisne River,
- the future Channel 'Seine-North Europe',
- the Oise River,
- the Paris to Belgium railway lines,
- the RN32 major road.

The complete length comprises three successive viaducts:

- viaduct 1 - 785.25m - 13 spans,
- viaduct 2 - 712.20m - 12 spans,
- viaduct 3 - 646.05m - 11 spans,

with 58.7m long typical spans and 66.50m long spans to allow navigational channel clearances.

The horizontal layout consists of a curve with a 3600m radius, followed by a 1350m radius counter curve.



Le dossier d'appel d'offres du SETRA proposait 3 solutions de tablier.

La solution A était un bipoutre mixte.

La solution B était une poutre-caisson en béton précontraint construit en encorbellement.

La solution C était une poutre-caisson en béton précontraint posé à l'avancement.

Un groupement d'entreprises filiales de Vinci Construction France proposa l'offre la plus compétitive sur la base de la solution C. Le contrat de construction du viaduc a été attribué à ce groupement en mars 2007 avec un délai contractuel de 30 mois.

2.2. Description

Le tablier a une largeur de 12,75 m incluant deux voies de circulation de 3,50 m séparées par une GBA de 0,50 m et deux BAU de 2,00 m.

Les piles sont constituées d'un fût circulaire de 3,50 m de diamètre surmonté d'un chevêtre pyramidal et fondées sur 4 pieux forés de diamètres 1400 mm ou 1600 mm. La hauteur des piles varie de 5 à 20 mètres.

Le tablier est une poutre-caisson en béton précontraint préfabriquée en voussoirs posés à l'avancement avec haubannage provisoire.

For the tender, the SETRA proposed to the bidding companies 3 different solutions of bridge deck :

Solution A was a composite deck: 2 longitudinal H-shape steel girders with a concrete top slab.

Solution B was a concrete box girder erected by use of the cantilevering method.

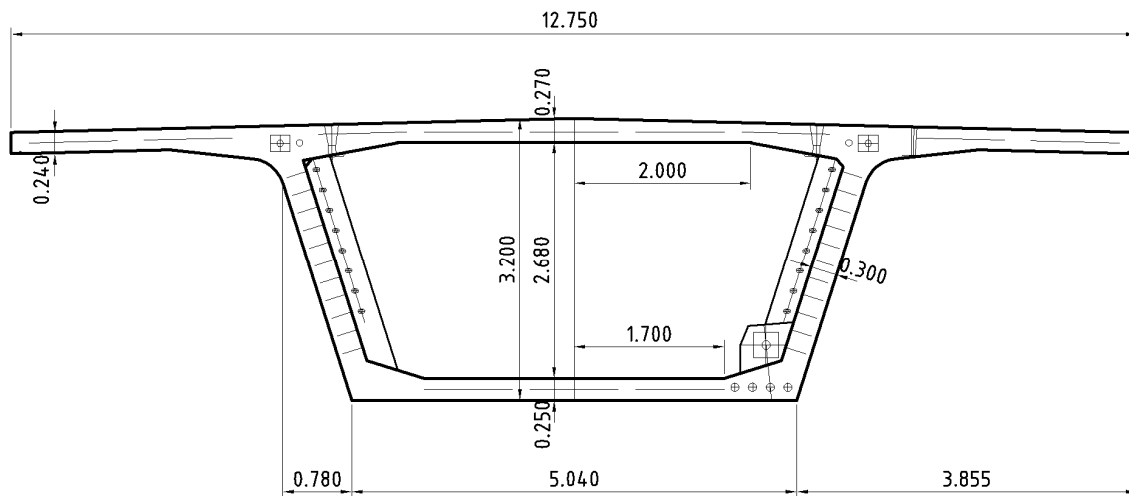
Solution C was a concrete box girder erected by use of the temporary stay progressive method.

A joint venture of Vinci Construction France subsidiary companies proposed the most competitive offer with the solution C. It has been awarded the contract of the viaduct construction in March 2007. The completion of works is scheduled within 30 months.

2.2 Description

The deck width is 12.75m including two 3.50m lanes separated by a 0.50m wide concrete barrier and two 2.00m emergency shoulders. The piers are 3.50m circular shafts with height ranging from 5.00m to 20.00m, founded on 4 Ø1400mm or 1600mm bored piles.

The deck is a precast concrete segmental hollow box girder with reinforced and post-tensioned concrete, constructed using the temporary stay progressive method.

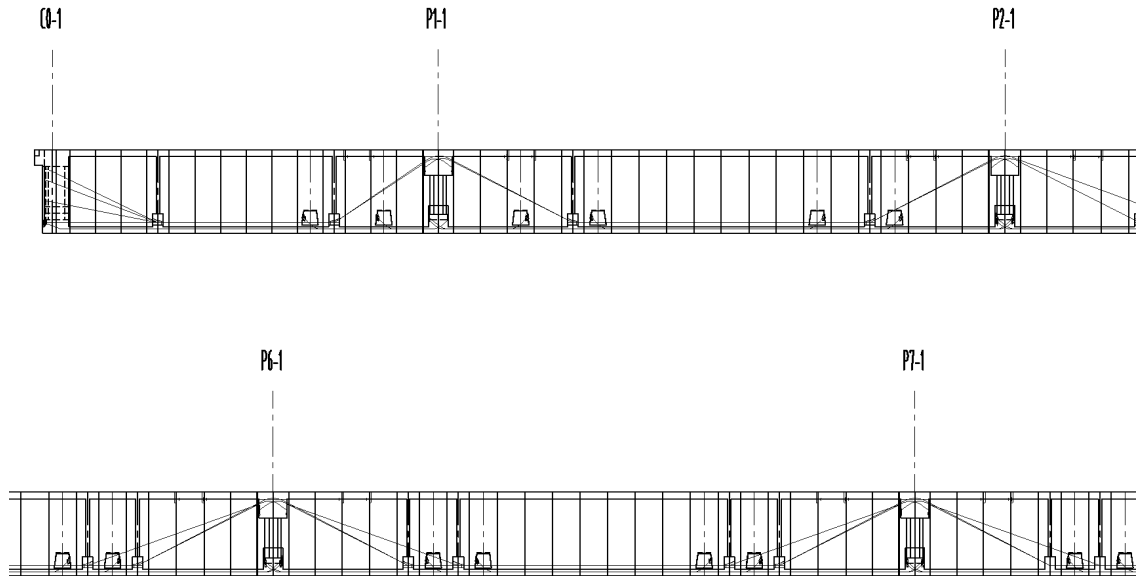


La précontrainte extérieure est constituée de 4 paires de câble 19T15S par travée courante et 4 paires de câbles 25T15S pour les travées de longueur supérieure. Chaque câble extérieur a une longueur égale à 2 travées, sauf sur les travées de rive, où ils n'ont que la longueur d'une travée.

La précontrainte intérieure est constituée de 4 câbles 19T15S par travée dont 2 paires sont tendues de pile à pile. Cette précontrainte est complétée par des câbles courts de fléau pour les premiers voussoirs de la travée posés en encorbellement.

The external prestressing is carried out using 19T15S strand tendons for the typical spans and 25T15S strand tendons for the longest spans (length>58.70m), with 4 pairs of tendons by span. Each external tendon is two span long except on side spans, where they are only one span long.

The internal prestressing is carried out using 4 pairs of 19T15S strand tendons with 2 pairs stressed from piers to piers. This prestressing is completed by short cantilever tendons so as to allow the temporary mast to be fixed on pier segments.



Les calculs de structure du tablier ont été menés entièrement selon les Eurocodes.
Les principales quantités du tablier sont les suivantes :

- Béton: 16300 m³
- Précontrainte extérieure = 27 kg/m³,
- Précontrainte intérieure = 21 kg/m³,
- Armatures : 3400T; ratio moyen : 208 kg/m³

2.3. Construction

Le tablier du viaduc est préfabriqué en voussoirs. Le matériel spécial de pose – mât de haubanage, potence et fardier – a été calculé pour une charge maximale de 50 tonnes par voussoir. La longueur de chaque voussoir a été définie afin que son poids ne dépasse pas 50 tonnes.

The deck of the bridge has been entirely designed with the Eurocode.

The main quantities of the deck are:

- *Concrete: 16300 m³*
- *External prestressing = 27 kg/m³,*
- *Internal prestressing = 21 kg/m³,*
- *Reinforcing steel: 3400T; mean ratio: 208 kg/m³*

2.3. Construction

The deck is constructed with prefabricated segments. The erection equipment – staying mast, swivel crane and self-propelled trailer - has been designed for a maximal load of 50 tons per segment. So, the length of each segment is adjusted so that its weight doesn't exceed 50 tons.



Une travée courante de 58,70 m de long est composée de :

- 18 voussoirs courants de 2,82m de long,
- 2 voussoirs déviateurs de 2,32m de long,
- 2 voussoirs sur pile de 1,60m de long.

Pour l'ensemble du tablier, il y a 810 voussoirs, soient :

- 732 voussoirs courants et déviateurs,
- 78 voussoirs sur pile et sur culée.

Les voussoirs sont préfabriqués sur le chantier. Une usine de préfabrication a été installée sur une aire de 25000m² le plus près possible de la culée est du pont afin de réduire la distance de transport des voussoirs.

Les voussoirs sont bétonnés à joints conjugués dans des cellules. L'aire de préfabrication comprend trois cellules pour les voussoirs courants et déviateurs et une cellule pour les voussoirs spéciaux (voussoirs sur pile et voussoirs sur culée). Les cycles de production sont les suivants :

- 1 jour par voussoir courant ou déviateur,
- 2 jours par voussoir sur pile ou sur culée.

L'ensemble de la production est réalisée en 12 mois. Le tablier est assemblé travée par travée de la culée est à la culée ouest. Les voussoirs sont chargés sur le fardier par le portique de l'usine de préfabrication. Les voussoirs sont transportés par les pistes de chantier jusqu'à la culée est, puis sur le tablier au fur et à mesure que sa construction progresse. Les voussoirs sont transportés jusqu'à l'extrémité du tablier, où ils sont déchargés et mis en place avec la potence.

Avant mise en place d'un voussoir, une couche de 1mm de colle époxydique bi-composant est appliquée sur la face verticale du joint. Le voussoir est alors posé avec la potence et brélé à l'extrémité du tablier avec 4 paires de barres horizontales de précontrainte provisoire de diamètre 36 mm afin d'appliquer à la colle une compression minimale de 2 MPa. Dès que le voussoir est brélé, la potence avance dessus et une paire de haubans provisoires est mise en tension.

Pendant la construction d'une travée, 17 voussoirs sont supportés, chacun avec une paire de haubans provisoires. Chaque hauban est constitué de 7 torons T15 tendu à 45% de F_{prg}. Les haubans provisoires sont fixés au voussoir au moyen de chaises métalliques ancrées dans le hourdi supérieur au droit des âmes. La tension de chaque hauban est calculée et appliquée de façon à équilibrer les efforts horizontaux dans le mât de haubanage.

A typical 58.70m long span is composed of 22 units of segment:

- 18 2.82m long typical span segment,
- 2 2.32m long span segment with diaphragm wall,
- 2 1.60m long pier segment.

For the whole viaduct deck, there are 810 segments:

- 732 span segments,
- 78 pier segments.

Segments are prefabricated on site. A prefabrication yard has been installed on a 25000 sqm area as close as possible of the East abutment of the bridge in order to shorten the segment transportation distance.

The segments are poured in short line type formwork cells using the match cast joint method. The prefabrication yard consists of 3 units of formwork cells for the span segments and 1 unit of formwork cell for the pier segments. The production cycles are:

- 1 day for a span segment,
- 2 days for a pier segment.

The whole production will be completed within 12 months.

The deck is erected span by span from East abutment to West abutment. Segments are loaded on the self-propelled trailer by the gantry crane of the prefabrication yard. Segments are carried along the site track to the East abutment. As the erection proceeds, the trailer is driven on the erected deck. The segments are delivered to the end of the deck and unloaded by the lifting crane.

Before lifting a segment, a 1 mm thick layer of bicomponent epoxy glue is applied on the face of the vertical joint. Then, the segment is placed by use of the swivel crane and stressed to the end of the cantilever with four pairs horizontal 36 mm diameter temporary prestressing bars in order to obtain a remaining stress applied to the glue more than 2 MPa. As soon as the segment is fixed at the end of the cantilever, the swivel crane is moved forward and a pair of temporary cable stays is tensioned.

During the erection of a span, 17 span segments are supported by use of a pair of temporary stays. A temporary stay consists of 7 units of T15 strand, stressed at 45% of F_{prg}. The temporary stays are fixed in the concrete top slab of the deck by use of steel anchoring saddles. The strength of each cable stay is calculated and applied in order to balance the horizontal loads in the staying mast.



Le phasage de construction d'une travée courante est le suivant :

- phase 1 :
 - mise en place de 4 voussoirs en encorbellement,
 - déplacement du mât à l'axe de la pile N+1.
- phase 2 :
 - mise en position du mât à l'axe de la pile N,
 - mise en tension de la 1ère paire de haubans supportant le 4ème voussoir de la travée.
- phase 3 :
 - mise en place et haubanage de 16 voussoirs en travée de la pile N à la pile N+1.
- phase 4 :
 - mise en place des voussoirs sur pile,
 - mise en tension des câbles de précontrainte et dé-tension des haubans provisoires

Suivant ce phasage, une travée courante de 58,70 m de long est assemblée en 9 postes de travail. Comme les travaux de pose des voussoirs sont organisés à 2 postes, une travée courante est construite en moins de 5 jours.

The sequence of works of a typical span is as follows

- stage 1 :
 - *placing of 4 cantilevering span segments,*
 - *moving of the staying mast on the pier n°N.*
- stage 2 :
 - *securing of the staying mast on the pier n°N,*
 - *tensioning of the 1rst pair of cable stays on the 4th span segment.*
- stage 3 :
 - *placing and staying of 16 units of span segments from pier n°N to pier n°N+1.*
- stage 4 :
 - *placing of the pier segments,*
 - *tensioning of the prestressing tendons and de-tensioning of the cable stays.*

According to this sequence of works, a 58.70m long typical span is completed within 9 work shifts. As the works are organized in double-shift, a typical span is achieved within less than 5 days.



2.4. Conclusion

Cette méthode est bien adaptée au franchissement de voies de communication (voies navigables, voies ferrées ou routes importantes), car le trafic de ces voies n'est pas perturbé par la construction. Pour l'économie du projet, cette méthode est la meilleure réponse à :

- Une géométrie complexe,
- De nombreux franchissements (rivières, voies ferrées, routes nationales),
- Une construction plus rapide avec peu de matériel,
- Une quantité réduite de précontrainte (comme une construction sur étaie),
- Une méthode industrielle avec une préfabrication sur le site à faible impact environnemental.

2.4. Conclusion

This construction method is well adapted for bridges crossing navigation channels, railway lines or important roads as it allows traffic to keep going on. It appeared that for the economy and sustainability of the project, this method was the most appropriate answer to:

- *A complex geometry,*
- *Many crossings (navigational channels, railway-lines, major roads),*
- *A faster construction, with a reduced amount of material,*
- *A reduced quantity of prestressing steel (similar to a cast on scaffolding bridge),*
- *An industrialized process with a casting yard on site with low environmental impact.*