

PONT-PASSERELLE DU MONT-SAINT-MICHEL : RÉALISATION D'UN PONT SEMI-INTÉGRAL DANS UN CADRE D'EXCEPTION

JETTY TO MONT SAINT MICHEL : CONSTRUCTION OF A SEMI-INTEGRAL BRIDGE IN AN EXCEPTIONAL SITE

Andreas KEIL, Michael ZIMMERMANN, Pierre-Yves OLLIVIER
schlaich bergemann und partner

1. INTRODUCTION

La Baie du Mont-Saint-Michel, située dans le nord-ouest de la France, possède l'un des joyaux de la culture occidentale : le Mont-Saint-Michel et son abbaye prestigieuse. Afin de préserver le caractère exceptionnel du site et renforcer l'expérience des visiteurs dans leur cheminement vers le Mont, un projet de grande envergure a été entrepris avec pour objectif le rétablissement du caractère maritime du lieu.

1. INTRODUCTION

The Mont Saint Michel Bay, located in the north-ouest of France, presents one of the jewels of the western culture : The Mont Saint Michel with its famous abbey on the top. To preserve the magic of the site and enhance the experience of the visitor on their way to the Mont, a big-scale project has been conceived to restore the Mont Saint Michel's maritime character.

2. LE COMPLEMENT DE LA BAIE

Chaque année, de par sa position géographique en fond de baie, les sédiments amenés par la marée montante ont tendance, peu à peu, à réduire le caractère maritime du Mont. Ce phénomène naturel, bien connu des spécialistes, touche les baies du monde entier. La marée descendante étant moins forte que la montante, les sédiments finissent en effet par s'entasser en fond de baie, là où les courants de marée terminent leur course à marée haute. Ces dépôts successifs ont notamment permis la création de « prés salés », des surfaces de terre/sédiments recouverts à marée haute d'eau de mer, salée, utilisée par les éleveurs locaux d'agneaux comme pâturages. Et ces terrains gagnent de l'emprise, au point d'initier un encerclement du Mont, et à terme, la continentalisation du Mont-Saint-Michel.



Fig. 1. L'avancée des prés salés sur la mer en baie du Mont-Saint-Michel (Normandie, France).
The advance of the salt meadows on the sea, in the Bay of Mont Saint Michel (Normandy, France).

Par ailleurs, les interventions humaines ont amplifié le rapprochement du Mont à la terre : une digue d'accès au Mont a empêché la circulation d'eau autour, augmentant la sédimentation ; et un barrage a été construit à l'embouchure du Couesnon, réduisant encore plus la chasse des sédiments vers le large.

Des études hydrologiques ont dû être menées pour évaluer les conséquences de la situation. Le bureau SOGREAH (devenu aujourd'hui ARTELIA) a ainsi réalisé une maquette de la Baie et montré qu'un comblement de la Baie pouvait s'opérer d'ici environ une cinquantaine d'années si rien n'était fait pour changer la donne.

Le projet de pont-passerelle s'inscrit dans le cadre de cette problématique et vise à fluidifier les écoulements d'eaux autour de la Merveille tout en restant discret et en retrait par rapport au Mont, comme les méandres observables tout autour du Mont.

3. LE PROJET DE RESTAURATION DU CARACTÈRE MARITIME

En 1995, avec le concours des collectivités territoriales, de l'Etat, de l'Union Européenne et des agences de l'eau

2. THE SILTING-UP OF THE BAY

Because of its place at the very end of the Bay, the tides create a dynamic of piling sediments that reduce year after year the Mont Saint Michel's maritime character. This natural phenomenon, well known by the specialists, is active in all the bays of the world. The low tide, whose flow is weaker than the high tide, let some sediments deposit around the Mont Saint Michel without bringing them back to the deep sea. These successive deposits have in particular created the "salt meadows", areas won by the earth/sediments on the sea, that are now used by local stock breeders as meadows for their lambs. These areas win space on the sea and start to surround the Mont, which would lead in the future, if nothing is done, to the incorporation of the Mont into the earth, thus losing its maritime character.



Fig. 2. Le pont-passerelle du Mont-Saint-Michel en construction (septembre 2013)
Fig. 2. The jetty of Mont Saint Michel under construction (September 2013)

Moreover, the Mont is becoming even closer to the earth because of the human interventions : a causeway to the Mont that stopped any water circulation all around it, increasing the sedimentation process; and a dam has been built at the mouth of the river Couesnon, decreasing the sediment flush to the open sea after the high tides.

Hydrological studies have been made to estimate the consequences of this situation in the future. The consulting office SOGREAH (nowadays ARTELIA) thus created a scale model of the Bay and showed that a silting-up of the Bay could happen in around 50 years if nothing was done to prevent this to happen.

The jetty was planned in this context and its aim is both to allow a free flow of the water all around the Mont and to offer a discreet access, almost vanishing face to the Mont, like the meanders all around.

3. THE RESTORING OPERATION OF THE MONT SAINT MICHEL'S MARITIME CHARACTER

In 1995, with the support of the territorial collectivities, the State, the European Union and the water agencies

Loire-Bretagne et Seine-Normandie, un projet global a été officiellement lancé autour du Mont-Saint-Michel, avec plusieurs axes :

- barrage sur le Couesnon effectuant des chasses adaptées, après les marées hautes, avec capacité accrue de stockage des eaux marines et fluviales en amont
 - création d'une zone de parking sur terre, pour redonner à la mer sa prédominance à proximité du Mont
 - réalisation d'un ouvrage d'accès discret permettant un passage des eaux ininterrompu tout autour du Mont
 - mise en place d'un système de transport collectif
- Chiffré à 200 millions d'€, l'opération a nécessité de nombreuses années d'études en amont et tous les ouvrages sont prévus d'être mis en service au printemps 2014.

4. LES CONTRAINTES DU SITE

Réaliser un ouvrage à la fois discret tout en permettant l'accès à un nombre important de visiteurs et un écoulement fluide des eaux en dessous du tablier représente un des challenges les plus importants du projet.

Pour relever ce défi, un concours a été passé en 2001 par l'Etat français et remporté par le groupement de maîtrise d'œuvre Dietmar Feichtinger Architectes et schlaich bergemann und partner. Il a conçu une structure semi-intégrale exploitant les qualités intrinsèques du béton pour réaliser des encastresments efficaces, tant du point de vue du résultat que de la méthodologie de mise en œuvre.

Afin de garantir un taux d'obstruction minimal du chenal, le choix s'est porté sur des poteaux de très faible diamètre. Ces poteaux devaient en outre fonctionner dans deux situations fort différentes :

- aujourd'hui avec un frottement latéral important (présence de tangué, un mélange d'alluvions fluviales et de débris coquillés),
- disparition d'environ 6m de tangué le long des poteaux quand le désensablement sera effectif autour du mont.

Parmi les autres contraintes, on peut noter la singularité géologique de l'endroit, composé d'un substratum schisteux associé, au droit du Mont, à une inclusion granitique, observable aussi non loin de là, à Dol-de-Bretagne. Les couches supérieures sont quant à elles composés de limons et sables variés, dont par endroit les fameux sables thixotropiques, autrement appelés « sables mouvants ». Ces données ont nécessité des études approfondies pour choisir le système de fondation adéquat.

Le milieu marin a été pris en compte dans le choix des matériaux et méthodes de mise en œuvre pour éviter, ou tout du moins retarder, les effets de la corrosion sur les différents éléments de la structure. La réduction des coûts d'entretien et de maintenance a été recherchée et a conduit l'équipe de maîtrise d'œuvre à concevoir une passerelle robuste et encastrée en de nombreux endroits.

La présence du public et l'importance de livrer l'ouvrage à la date prévue ont poussé les concepteurs à préfabriquer un maximum d'éléments, et particulièrement les dalles en béton armé du tablier.

Loire-Bretagne and Seine-Normandy, a global project was officially launched around the Mont-Saint-Michel, with different topics:

- A new dam on the Couesnon river, whose aim is to store up stream as much marine and fluvial waters as possible and carry out suitable flushes after high tide, to help the sediments go back to the open sea*
 - Creation of a car park on earth, to give back to the sea its predominance next to the Mont*
 - Discreet access works to allow a continuous flow of water all around the Mont*
 - Setting up of a new transportation system*
- Estimated to 200 Millions €, the operation needed many years of studies in the first years and all the works are planned to be open to the public around Spring 2014.*

4. THE CONSTRAINTS OF THE SITE

Building a discreet bridge both large enough to ensure the access to an important number of visitors and allowing a continuous flow of the water under it is one of the biggest challenges of the project.

To take up the challenge, a competition was organised by the French State and won by Dietmar Feichtinger Architectes (based in Paris) and the engineering consulting office schlaich bergemann und partner, located in Stuttgart Germany. The team conceived a semi-integral structure that took advantage of the properties of the concrete to realize efficient built-in connections, in terms of result but also in terms of setting-up methodology.

To ensure a minimal obstruction rate of the channel, the choice has been made to use thin steel columns. In addition, these columns had to work under two different situations:

- made up of a variety of materials, including fluvial alluvium and shell deposits*
- In the future, without lateral friction along the columns (on a length of about 6m) when the tangué will have disappeared, as a consequence of the operation restoring the Mont Saint Michel's maritime character*

Among the other constraints, the geological context can be mentioned, with its schistose substratum and its granitic singularity right below the Mont Saint Michel (also present in Dol de Bretagne, a few kilometers further West). The upper layers of the soil are mostly silt and various sands, including the famous moving sands of the Bay. These data led to many studies in order to chose the good foundation principle for the jetty.

The marine environment was taken into account for the choice of materials and building methods, to avoid or at least to delay the consequences of corrosion on all the elements of the structure. The operating and maintenance cost reduction has been permanently looked for and led the design team to plan a rigid and built-in bridge in many parts.

The massive presence of the public and the importance of getting the bridge done on time have been of great importance in the choice of prefabricating as many elements as possible, in particular the concrete slabs of the bridge deck.



**Fig. 3. Pont-passerelle à marée haute (en cours de construction, février 2013).
Jetty at high tide (under construction, February 2013).**

La multiplicité des intervenants a été gérée en créant dès l'appel d'offres, des groupements d'entreprises par partie d'ouvrages et non par spécialité. Une synergie devait en effet être trouvée entre les spécialistes béton, acier et fondations. C'est ainsi qu'un seul marché a été constitué autour de trois entreprises complémentaires pour la réalisation de l'ossature du pont-passerelle : Eiffage Construction Métallique, Spie Fondations et Eiffage Travaux Maritimes et Fluviaux.

5. LE PONT-PASSERELLE

Le pont-passerelle fait le lien entre la digue d'environ 1km de long et le gué situé sur le terre-plein à d'accès au Mont-Saint-Michel.

L'ouvrage d'art fait 756m de longueur et est divisé en 7 tronçons (2 x 78m et 5 x 120m), pour une largeur de tablier allant de 4m à 8,50m. Les consoles acier en porte-à-faux ont les dimensions suivantes :

- à l'est, de 1,50m à 2,50m
- à l'ouest, de 4,50m à 5,50m

Les paires de poteaux métalliques sont disposées tous les 12m et suivent l'évolution de la largeur du tablier dans le sens transversal. Ils sont au nombre de 134 pour la jetée entière. Cela amène à 134 pieux pour la jetée elle-même, et 4 pieux pour chaque culée, soit un ensemble de 142 pieux de diamètre 1,20m.

La hauteur de l'ouvrage est actuellement de 2m au-dessus du terrain naturel, et descend progressivement d'1m sur les

The high number of different building activities has been managed right from the tender phasis, by creating building groups for each part of the jetty, and not by speciality. A teamwork spirit had to be encouraged between the concrete, steel and foundation works. That is how a single tender invitation has been written for the main structure of the jetty: Eiffage Construction Métallique for the steelwork, Spie Fondations for the foundations and Eiffage Travaux Maritimes et Fluviaux for the concrete works.

5. THE JETTY

The bridge makes the link between the new 1km long causeway and the earthplateforme next to the Mont Saint Michel.

The jetty is 756m long and is divided into 7 parts (2 x 78m et 5 x 120m), for a width of the deck going from 4m to 8,50m. The steel cantilevers on both sides have the following dimensions:

- On the eastern side, from 1,50m to 2,50m*
- On the western side, from 4,50m to 5,50m*

The pair of steel columns are every 12m longitudinally and follow the curve and width of the deck bridge in the transversal direction. There are 134 columns for the entire jetty. That leads to 134 piles for the jetty itself, and 4 piles for each abutment, so 142 concrete piles of 1,20m diameter.

The height of the bridge is presently around 2m above the ground level, and goes down to 1m on the last two parts of

2 derniers tronçons avant d'arriver sur le gué d'accès au Mont-Saint-Michel. Ils sont régulièrement recouverts par la marée, assurant un caractère insulaire au Mont.

Le choix de conception s'est porté sur une structure mixte acier-béton en forme de portiques sur fondations profondes, et un système structural global semi-intégral : encastrement au niveau des fondations, des culées et du haut des poteaux pour limiter les opérations de maintenance

déplacements longitudinaux autorisés entre les culées, au moyen de joints de dilatation installés entre les tronçons.

the bridge, next to the Mont Saint Michel. These are regularly submerged by the sea, emphasizing the insular character of the Mont.

The design chosen is a composite steel and concrete structure, with a frame structure and deep foundations, and global semi-integral structure:

Built-in connections in all the foundations, abutments and top of the steel columns to limit the maintenance operations

Longitudinal movements allowed between the fixed abutments, thanks to expansion joints between each part of the bridge.

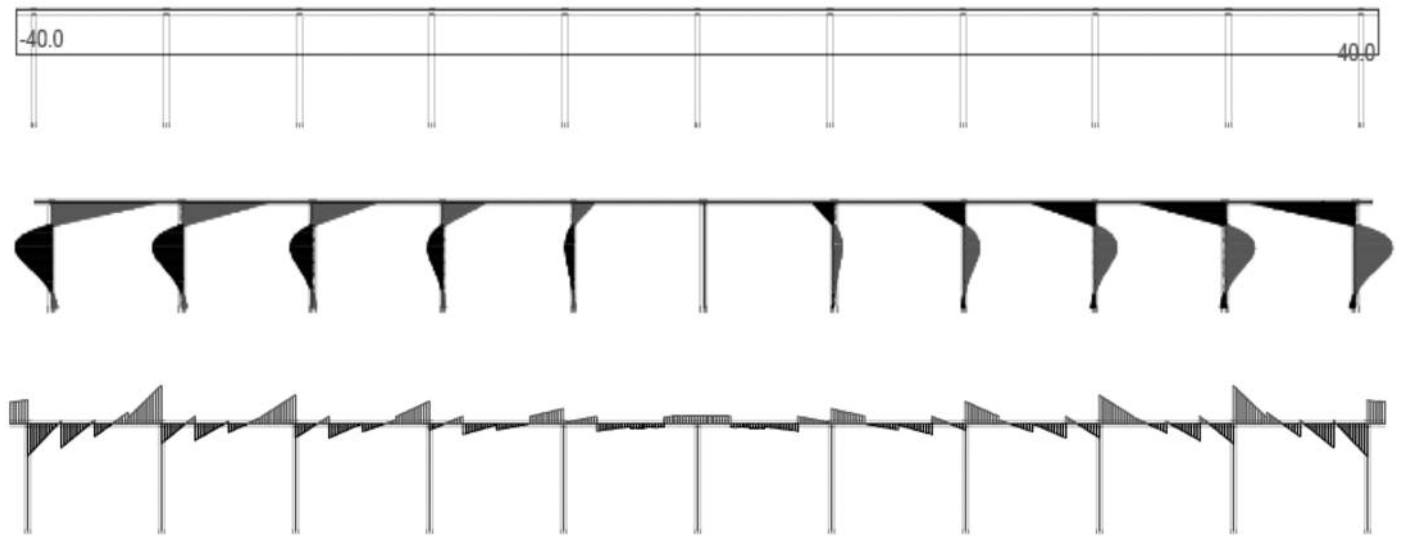


Fig. 4. Comportement structural d'un tronçon soumis à un cas de charge température +40°C: Moment de flexion dans les poteaux et poutres principales.

Structural behaviour of one part of the bridge, under a load of temperature +40°C: Bending moment in the columns and longitudinal beams.

Les cheminements piétons sont constitués d'un platelage en bois (section type : 120mm x 50mm) et un enrobé a été mis en œuvre sur le tablier pour la circulation des navettes.

The footpaths are covered by wood (cross section : 120mm x 50mm) and an asphalt is set up on the concrete slabs for the shuttle traffic.

6. DES FONDATIONS SANS FOUILLES

Le sol autour du Mont-Saint-Michel est connu pour ses caractéristiques thixotropiques (« sables mouvants ») et le nombre de fondations à réaliser nécessitait un procédé à la fois rapide et sûr, aussi bien vis-à-vis du résultat que de la sécurité des ouvriers.

La solution de fouille pour chaque pieu semblait au départ adaptée afin de permettre aux ouvriers de réaliser l'encastrement du poteau acier dans le pieu en béton, dont l'arase supérieure est située 7m en dessous du terrain naturel. Les pieux sont en effet prévus suffisamment profonds pour rester invisibles à l'avenir, quand l'effet de la marée et du barrage auront diminué l'épaisseur de tange de plusieurs mètres.

Les pieux ont été conçus forés-tubés avec une solution "par le haut" pour la mise en place des poteaux dans les pieux. C'est en effet la solution optimale vis-à-vis des contraintes techniques, financières et sécuritaires. Un dispositif de

6. FOUNDATIONS WITHOUT EXCAVATIONS

The ground around the Mont Saint Michel is known for its thixotropic properties ("moving sands") and the high number of foundations to perform required a safe and fast process, ensuring both security for the workers and quality for the result.

A solution with an excavation for each foundation sounded initially adapted to allow workers to realize the built-in connection between the steel column and the concrete foundation, whose top is 7m below the ground level. The piles have been namely planned very deep to remain unseen in the future, when the tidal and dam effects will have diminished the thickness of the sedimentary deposits. The foundations are bored piles with a tube on the upper layers of the ground, to keep space for the setting up of the steel column "from the top" into the pile. It is namely the

centrage du poteau métallique, fixé sur le tubage du pieu, a été prévu pour caler le poteau à sa position exacte, dans les trois dimensions. Les ouvriers pouvaient ainsi travailler depuis le terrain naturel, sans nécessité d'aller à 7m en profondeur, niveau de l'arase supérieure des pieux de la jetée.



Fig. 5. Mise en place de la cage d'armature du pieu, après tubage et forage (juillet 2012).
Setting up of the reinforcement cage of the pile, after boring and setting up of the tube (July 2012)

La mise en place du poteau dans le pieu demandait environ 2 heures. La formulation du béton a donc été adaptée afin de retarder la prise du béton, par l'ajout de plastifiants. Outre les niveaux à bulles présents sur le dispositif de centrage, un géomètre s'assurait de la position du poteau pour les coordonnées horizontales.



Fig. 7. Mise en place d'un poteau par les ouvriers, avec l'aide du dispositif de centrage, juste après le coulage du béton dans le pieu (juillet 2012).
Setting up of the steel column by the workers, just after pouring the concrete in the pile (July 2012)

7. ENCASTREMENT POTEAU-PIEU

Le système structural fonctionne uniquement lorsque les poteaux sont parfaitement encastrés dans les pieux. La longueur de poteau à plonger dans le pieu pour réaliser l'encastrement est de 1,50m. Les efforts verticaux sont repris par une série de trois anneaux soudés sur ces 1,50m, puis transmis au béton du pieu. Afin de bien définir le bras de levier des efforts horizontaux, une bande de compression a été enroulée sur le poteau (épaisseur d'environ 5mm) sur une longueur d'environ 40 cm. D'autre part,

optimal solution in all aspects, technical, financial and safety. A centring device of the steel device, fixed on the tube above the pile, has been conceived to set up the column in the right position, in all three dimensions. The workers could thus work from the ground level, without having to go 7m deep, where the piles start.



Fig. 6. Dispositif de centrage au niveau du terrain naturel, fixé sur le tube (juin 2012).
Centring device on the ground level, fixed on the tube (June 2012)

The setting up of the column in the pile required around two hours. The concrete formulation took this into account by adding some plasticizer, and thus delaying the hardening of the concrete.

In addition to the spirit levels on the centring device, a surveyor was ensuring the horizontal coordinates of the column.



Fig. 8. Poteau dans le tubage, en attente de la prise du béton du pieu, 7m sous le niveau du terrain naturel (juillet 2012).
Steel column in the tube, waiting for the hardening of the concrete of the pile, 7m below the ground level (July 2012)

7. COLUMN-PILE BUILT-IN

The structural system only works when columns are perfectly built-in with the piles.

The length of the columns to put into the concrete of the pile is 1,50m. The vertical forces are taken in the concrete by three steel rings welded on the column and then scattered in the concrete. To define well the arm lever of the horizontal forces, a compression stripe (thickness : ca. 5mm) has been rolled up on a length of around 40cm on these 1,50m. In addition, no plate has been welded at the

aucune tôle n'a été soudée sur le bas du tube afin de laisser le béton s'introduire à l'intérieur du tube et ainsi assurer un meilleur encastrement du poteau acier dans le béton.

Afin de valider la conception, un pieu d'essai a été réalisé avec mesure des contraintes horizontales engendrées dans le béton. Une force est appliquée en haut du poteau d'essai à l'aide d'un vérin hydraulique et des jauges-extensomètres sont placées dans le béton pour mesurer les contraintes-déformations subies au niveau de l'encastrement.

Les résultats ont validé les hypothèses retenues dans les calculs, ce qui a permis de lancer la réalisation des pieux-poteaux de la jetée.



Fig. 9. Dispositif de poussée avec vérin pour le pieu d'essai (situé à gauche) (juin 2012).

Pushing device with the help of a jack for the test column-pile (on the left side) (June 2012).

bottom of the column so the concrete could go inside the tube and ensure an optimal built-in connection between the steel column and the concrete pile.

To validate the design, a test pile has been realized with measurement of the horizontal stresses in the concrete. A force is applied at the top of the test column with the help of a hydraulic jack and strain gauges are placed in the concrete to measure the strain-deformations undergone in the zone of the built-in connection between the test column and the test pile.

The results validated the calculations, so the columns-piles of the jetty could start to be set up.



Fig. 10. Excavation après l'essai pour constater visuellement l'état du pieu (juin 2012).

Excavation after the test to visualize the concrete pile itself (June 2012)

8. ENCASTREMENT AU NIVEAU DES CULÉES

Les points fixes du tablier sont au niveau des culées. Un encastrement efficace a été imaginé entre la charpente métallique du tablier et le béton armé des culées. Les culées diffèrent de part et d'autre de la jetée uniquement par leur largeur : 6,50m au sud et environ 4,0m au nord.

Les culées reposent sur 4 pieux chacune, de manière à reprendre les efforts engendrés par l'ouvrage, notamment la température. L'enrobage fait 5cm pour prendre en compte les conditions marines. Une dalle de transition posée sur un corbeau assure la continuité de la chaussée aux extrémités du pont-passerelle.

8. BUILT-IN ABUTMENTS

The fixed points of the bridge deck are the abutments. An efficient built-in connection has been imagined between the steel structure of the deck and the reinforced concrete of the abutments. The abutments differ from each other for their width: 6,50m in the south and ca. 4,0m in the north. Each abutment is carried by four piles, in order to take up the forces caused by the jetty, in particular with temperature loads. The concrete cover is 5cm to take into account the marine environment.

A transition slab is installed on a corbel to ensure the continuity of the road at the extremities of the jetty.



Fig. 11. Culée sud avant bétonnage de la partie supérieure (automne 2012).
Abutment South before concreting of the higher part, width 6,50m (Autumn 2012).



Fig. 12. Culée nord avant bétonnage de la partie supérieure, largeur 4m (printemps 2013).
Abutment North before concreting of the higher part, width 4m (Spring 2013).

Le bétonnage des culées s'est fait en 2 phases, la partie haute concernant spécifiquement l'encastrement des culées avec le tablier de la jetée. Afin d'assurer l'encastrement, le bétonnage supérieur de la culée a été fait en même temps que le clavetage autour des dalles voisines des culées.

Un système de bèches associé à des goujons a été conçu par la maîtrise d'oeuvre pour réaliser l'encastrement au niveau des poutres principales de la jetée et la culée. Les âmes des poutres principales du tablier sont prolongées dans la culée et des lumières y sont percées pour y faire passer des armatures en U.

The concreting of the abutments was made in two phases, the higher part consisting on the built-in connection to perform between the abutments and the bridge deck. To ensure it, the concrete was poured simultaneously on the higher part of the abutments and on the keying-in around the concrete slabs right next to the abutments.

A system of anchoring spuds with studs has been planned by the design team to perform the built-in connection between the longitudinal steel beams of the bridge and the abutments. The webs of the longitudinal beams are prolonged into the abutments and some reinforced bars are going through these webs to perform the built-in system.



Fig. 13. Détail d'un encastrement de la culée sud (automne 2012).
Detail of a built-in system, abutment south (automne 2012).



Fig. 14. Bétonnage de la culée sud (été 2013).
Concreting of the Abutment South (Summer 2013)

Une fois la charpente bien positionnée, les armatures disposées et les dalles du tablier mises en place, le bétonnage supérieur des culées était possible.

Once the steel elements are installed, the steel bars and concrete slabs set up, concrete could be poured in the higher part.

9. TABLIER

Le tablier présente une longueur de 756 mètres. Il représente environ 1400 m³ de béton : 1000 m³ pour les dalles

9. BRIDGE DECK

The bridge deck has a length of 756 meters. It is about 1400m³ of concrete : 1000 m³ for the prefabricated con-



**Fig. 15. Culée sud bétonnée en même temps que les clavetages autour des dalles préfabriquées (été 2013).
Abutment South, poured with concrete, at the same time with the keying-in around the concrete slabs of the bridge deck
(Summer 2013).**

préfabriquées et 400 m³ pour le clavetage. La densité d'armatures était d'environ 300kg/m³ et l'épaisseur des dalles 25cm. L'enrobage est de 5cm en sous-face de dalle et de 3cm sur la face supérieure : cette face est en effet recouverte d'une étanchéité (avant pose du revêtement de chaussée), garantissant une bonne protection du béton.

Pour limiter le retrait du béton, les dalles étaient préfabriquées et devaient être clavetées après une période d'au moins 3 mois. Malgré l'aspect répétitif du pont-passerelle, la variation de largeur du tablier imposait des dimensions différentes pour chaque dalle. Un système de numérotation a donc été mis en place ainsi que des tables de coffrages adaptables. Pour maintenir la cadence de coffrage des différentes parties d'ouvrage (largeur variable ou constante), l'usine de préfabrication s'est équipée d'une seconde table de coffrage.

Une fois coulées, les dalles étaient stockées à l'usine avant d'être transportées et mises en place sur l'ouvrage. Elles possèdent des crosses d'armatures et des goujons sont soudés sur les semelles supérieures des éléments métalliques afin d'assurer le comportement mixte de la structure.

crete slabs and 400 m³ for the keying-in. The reinforcement density is ca. 300kg/m³ and the slabs are 25cm thick. The concrete cover is 5cm on the lower side and 3cm on the upper side : this side is namely covered with a waterproofing layer (before setting up the asphalt on it), ensuring a good protection of the concrete against corrosion.

To limit the shrinkage effect, slabs have been prefabricated in advance and had to be keyed-in after a period of at least three months. Despite the repetitive aspect of the jetty, the variation of the width of the deck imposed different dimensions for each slab. A numerating system has been applied and adaptable formwork tables have been built. To keep the same speed of formworking for all the parts of the bridge (variable or constant width), the prefabricating factory ordered a second formworking table.

Once poured, the slabs were stored in the factory before being transported and directly set up on the bridge. They have curved bars on their extremities and studs are welded on the flanges of the steel beams to ensure the composite behaviour of the structure.



Fig. 16. Usine de préfabrication (été 2012).
Prefabricating factory (Summer 2012).



Fig. 17. Mise en place d'une dalle sur un des tronçons du pont-passerelle (été 2013).
Setting up of a slab on one of the last parts of the bridge (Summer 2013).

Par ailleurs, des barres d'armatures continues assurent le comportement continu de l'ouvrage au niveau des pièces de pont et poutres principales. Le clavetage s'opérait par la suite, à l'aide d'aiguilles vibrantes.

Moreover, linear steel bars guarantee the continuous behaviour of the bridge above the transversal and longitudinal beams. Then, the keying-in was done with the help of a poker vibrator.

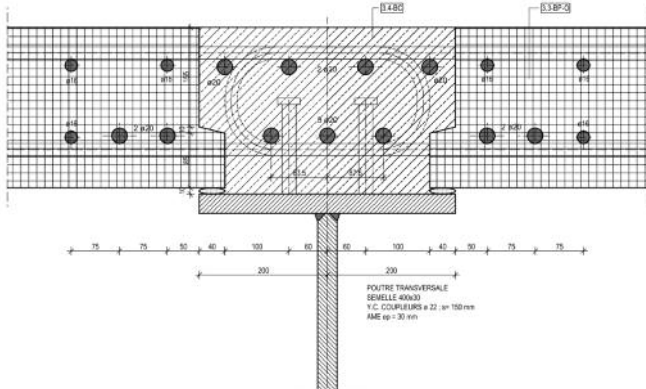


Fig. 18. Plan-type du clavetage entre pièce de pont et dalles préfabriquées.
Plan of keying-in between 2 concrete slabs in the transversal direction.



Fig. 19. Clavetage entre deux dalles préfabriquées (été 2013).
Keying-in between 2 prefabricated slabs (Summer 2013).

10. CONCLUSION

Avec ses 756 mètres, le pont-passerelle représente un cheminement discret vers la Merveille où le béton joue un rôle prépondérant : celui d'assurer les points fixes de l'ouvrage dans un contexte aux nombreuses contraintes, qu'elles soient géologiques ou climatiques.

10. CONCLUSION

With its 756 meters, the jetty offers a discreet access to the Wonder, where concrete plays a predominant role : ensuring the fixed points of the bridge in a challenging context with many constraints, whether they were geotechnical or climatic.