

LE 6^{EME} PONT SUR LA SEINE A ROUEN (FRANCE)

SIXTH SEINE RIVER BRIDGE IN ROUEN (FRANCE)

Claude SERVANT, Thierry THIBAUT, Louis DUFAU, Marco NOVARIN

EIFFAGE TP



Photo 1: Pont levant de Rouen – Image de synthèse / Rouen lift bridge – Virtual image

1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE DU PROJET

Capitale historique de la Haute Normandie, la ville de Rouen, située près de l'estuaire de la Seine, est desservie par plusieurs voies autoroutières ou routières qui franchissent le fleuve en empruntant les cinq ponts existants du centre-ville.

Ce nouvel ouvrage situé en aval du pont Guillaume le Conquérant et du centre-ville permet le raccordement de l'autoroute A13 avec l'autoroute A150 vers Dieppe et Le Havre à l'Ouest de l'agglomération sans interférer avec le trafic local. La Ville souhaitait maintenir l'accès des bateaux de croisière jusqu'au cœur de la cité et également celui des grands voiliers dont la manifestation spectaculaire appelée "Armada" rassemble tous les 4 ans à Rouen plusieurs millions de visiteurs.

2. SOLUTIONS ENVISAGÉES

Après études comparatives des 3 solutions possibles de franchissement, à savoir :

- Tunnel
- Pont fixe
- Pont levant

le choix du mode de franchissement qui a été long et difficile s'est porté sur celui du pont levant.

En effet, la décision de construire un pont levant résulte d'un compromis : beaucoup moins coûteux qu'un tunnel, tant en investissement qu'en fonctionnement, il permet de conserver la possibilité d'accueillir des navires de grand gabarit au centre-ville, contrairement au pont fixe à gabarit fluvial. Le pont fixe à gabarit maritime était, pour sa part, inadapté à un milieu urbain.

3. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

D'une longueur totale de 669 m en incluant les viaducs d'accès Nord (145 m) et Sud (404 m), le pont franchit la Seine à l'aide d'une travée levante de 119,25 m de portée, ce qui, compte tenu du biais de l'ouvrage (78 grades) laisse une ouverture droite de 86 m de large pour le trafic fluvial. Le tirant d'air en position basse est de 7 m, au-dessus des plus hautes eaux navigables (PHEN) et de 55 m en position haute afin de livrer passage aux navires de croisière, à ceux de la Marine Nationale et aux plus grands voiliers.

Le tablier est constitué de 2 travées métalliques indépendantes, pesant chacune 1230 Tonnes qui sont suspendues par un ensemble de câbles et poulies au sommet de 2 pylônes en béton (Photo 1).

1. PROJECT LOCATION

The city of Rouen, the historical capital of Upper Normandy, lies close to the Seine Estuary. A number of the city's roads and motorways cross the five existing bridges in the central city area.

The new bridge site is downstream of the existing 'William the Conqueror' Bridge in the city centre, beyond which ships cannot sail. It will connect the A13 motorway south of the city to the A150 motorway to Dieppe in the north and Le Havre in the west without interfering with local traffic. City authorities wished to maintain access to the heart of the city for both cruise liners and the 'tall ships' attending the 'Armada', a spectacular event that attracts several million visitors to Rouen every four years.

2. SOLUTIONS ENVISAGED

Studies were undertaken to assess the relative merits of three possible river crossing solutions:

- tunnel
- fixed bridge
- lift bridge

After long and difficult comparison, it was finally decided to opt for a lift bridge.

This decision was a compromise: it is much less expensive than a tunnel, in terms of both investment and operating costs, yet still allows large ships upstream into the city centre, contrary to a fixed bridge of a scale consistent with the width of the river and the urban setting.

3. THE BRIDGE

Including its approaches (145 m long at the northern end, 404 m long in the south), the bridge is 669 m long. The central lifting span is 119.25 m long. Because of the skew of the bridge (78 grad), this leaves an 86-m-wide clear span for shipping. Vertical clearance with the bridge lowered is 7 m above the highest navigable level (PHEN). When raised, it leaves 55 m headroom for cruise liners, French naval vessels, and tall sailing ships.

The deck consists of two independent parallel steel spans each weighing 1230 tonnes, suspended from two pairs of concrete towers (Photo 1) by a system of cables and pulleys.

Chaque pylône se dédouble en deux fûts qui reposent sur un socle ovale en béton armé d'environ 35 m de longueur et 20 m de largeur, lui-même encastré dans un ensemble de 18 pieux en béton de 1800 mm de diamètre. Le volume interne du socle, dont la majeure partie est située sous le niveau de la Seine, est occupé par la salle des treuils et divers locaux techniques.

Le choc de bateau défini au projet est de 40 MN longitudinal et 20 MN transversal et il s'exerce à 7 m au-dessus de l'eau (PHEN). Pour éviter d'appliquer directement cet effort frontal aux pylônes et entraîner ainsi des déplacements inacceptables, les socles et pylônes sont protégés par des gabions en béton armé de 20 m de diamètre et 15 m de hauteur posés directement sur le fond de la Seine. L'énergie du choc est reprise par déplacement de la structure sur le fond.

Le fond de la Seine est constitué en partie supérieure d'une couche de 3 à 5 m d'alluvions sablo-graveleuses puis d'un horizon calcaire ou marno-calcaire.

4. MÉTHODES DE CONSTRUCTION DES FONDATIONS

4.1 Solutions envisagées à l'appel d'offres

Le dossier d'Appel d'Offres suggérait de préfabriquer les 6 structures (2 socles + 4 gabions) sur le quai existant à proximité immédiate de l'ouvrage et de les mettre en place à l'aide d'une grue flottante de 3000 Tonnes de capacité. Après pose en fond de Seine, les pieux étaient forés à travers 18 réservations prévues dans le radier.

En phase chantier, pour des raisons de sécurité, les gabions de protection amont et aval devaient être réalisés avant de travailler à l'intérieur du socle.

4.2 Solutions étudiées par le Groupement d'entreprises

Solution n° 1 - Batardeaux en palplanches

Pour construire les 2 socles et les 4 gabions de protection, 6 batardeaux sont nécessaires et représentent un tonnage de palplanches supérieur à 1700 tonnes donc un coût très important.

Le volume intérieur des socles étant totalement occupé par des murs en béton ou des locaux techniques, il est délicat de disposer un grand nombre de butons entre les parois extérieures.

Solution n° 2 - Construction en cale sèche et remorquage

Cette solution a été étudiée en utilisant la Forme 7 du Havre (cale sèche) et en remorquant chacune des 6 structures du Havre à Rouen en remontant la Seine.

The towers at each end of the lift spans are built on an oval hollow reinforced-concrete pedestal measuring about 35 m by 20 m which sits just off the riverbed, supported by eighteen 1800-mm-diameter concrete piles embedded into it. Most of the pedestal is under water. It houses the winch room and other plant rooms.

The design ship impact is 40 MN longitudinally and 20 MN transversally. This force is exerted 7 m above the water line (PHEN). To prevent this frontal action being applied directly to the towers—and possibly cause unacceptable displacements—the pedestals and towers are protected by 15-m-high, 20-m-diameter reinforced-concrete 'pier-protection cells' sitting directly on the riverbed. Impact energy is absorbed by displacement of the structure on the riverbed.

The riverbed consists of a 3 to 5 m thick layer of sandy-gravelly alluvium overlying limestone or marly limestone bedrock.

4. FOUNDATION CONSTRUCTION METHODS

4.1 Solutions envisaged at tender stage

The tender documents suggested precasting the six structures (2 pedestals and 4 pier-protection cells) on the quay immediately alongside the site and placing them with a 3000-tonne floating crane. After placement on the riverbed, piles were to be bored through 18 'eyes' built into the inverts.

For safety reasons, the upstream and downstream pier-protection cells had to be built before work could be pursued inside the pedestals.

4.2 Solutions examined by the Consortium

Solution No. 1 – Sheetpile cofferdams

Six cofferdams are required to build the 2 pedestals and four concrete pier-protection cells. This represents more than 1700 tonnes of steel sheetpiling, the cost of which would be considerable. Since the inside of the pedestals is wholly occupied by concrete walls and plant rooms, it would be difficult to place large numbers of struts between the sheetpile walls.

Solution No. 2 – Casting yard and tow-out

This solution involved casting in a dry dock in Le Havre, then floating and towing each of the six structures upriver from Le Havre to Rouen.

Les calculs ont montré une instabilité notoire des socles et gabions en flottaison, nécessitant de réduire l'épaisseur des murs en 1^{ère} phase, puis de les compléter après échouage.

D'autre part cette méthode impose de régler soigneusement le terrain en place pour assurer la verticalité du socle. Enfin, le forage des pieux ne débute qu'après échouage et donc très tardivement dans le planning.

Solution n° 3 - Construction sur ponton

Cette solution, utilisée pour certains tunnels immergés, consiste à fabriquer successivement les 6 éléments sur un ponton puis à immerger ce dernier pour mettre chaque structure en flottaison. Ici également les contraintes de délai et de coût sont importantes et n'ont pu être satisfaites

Solution n° 4 - Préfabrication sur quai et pose à la grue flottante

La solution suggérée à l'Appel d'Offres a été écartée car d'une part le quai existant datant du XIX^e siècle devait être renforcé pour supporter le poids des structures, d'autre part le faible nombre de grues pouvant réaliser l'opération et surtout la contrainte de démarrage des pieux après pose des structures compromettaient le respect du programme.

4.3 Solution retenue : préfabrication et descente par vérinage

4.3.1 Principe

Construire chaque structure (gabions ou socles) au sommet des pieux, au-dessus de l'eau, par assemblage de sous-éléments en béton, puis descendre l'ensemble au moyen d'un système de levage synchronisé.

Avantages :

- Anticiper au maximum la phase de forage des pieux
- Diminuer drastiquement les moyens de levage et les moyens nautiques
- Gagner en précision d'exécution
- Minimiser le matériel spécifique (structures provisoires, palplanches, etc...)
- Minimiser les aléas liés à la réalisation des appuis en Seine.

4.3.2 L'expérience du Pont de Normandie

L'entreprise avait eu à résoudre un problème similaire une douzaine d'années auparavant en aval de Rouen lors de la construction du Pont de Normandie (photo 2).

Calculations showed that the buoyant pedestals and pier-protection cells were clearly unstable, which meant it would have been necessary to reduce the thickness of the walls in a first phase, then build them out after sinking the elements.

Furthermore, this method required that the riverbed be carefully graded to ensure that the pedestal would be perfectly vertical. In addition, pile boring would start only once the elements were in place, i.e. relatively late in the construction schedule.

Solution No. 3 – Pontoon

This solution has been used to build some immersed-tube tunnels. It involves building the six units on a pontoon, one after the other, and immersing the pontoon to float the structure. In this case too, costs and construction lead times are unacceptably high.

Solution No. 4 – Casting and crane

The solution proposed in the tender documents was dismissed for three main reasons: i) the quay proposed for casting the structures dates from the 19th century and would have to be strengthened to take the weights involved; ii) there is a limited number of cranes capable of carrying out the operation; and iii) pile boring could start only after placing the structures, which would make it difficult to meet the construction deadline.

4.3 Solution adopted: precasting and jacking

4.3.1 Principle

The solution adopted involves building each structure (pier-protection cells and pedestals) at the top of piles, above the water line, by assembling precast units, and lowering the structure to its final position with a system of synchronized strand jacks.

Advantages:

- Puts pile boring as early as possible in the construction programme
- Drastically reduces the hoisting and marine equipment resources required
- Improves construction accuracy
- Minimizes the amount of special equipment required (temporary structures, sheet piles, etc.)
- Minimizes imponderables associated with construction in the river.

4.3.2 Pont de Normandie experience

The contractor had to deal with a similar problem twelve years previously for construction of the Pont de Normandie bridge (photo 2).



Photo 2 : Pont de Normandie
Viaduc Nord - Construction des fondations
Northern approach viaduct – Foundation
construction

Les fondations du viaduc d'accès Nord étaient constituées de semelles cylindriques en béton armé posées sur un groupe de 4 à 5 pieux de 1.50 m de diamètre. Les moyens de levage disponibles étant limités à 20 Tonnes et ce, quelques heures par nuit, il fut donc décidé de préfabriquer entièrement la semelle en tête de chaque pieu par assemblage puis de la descendre par vérinage. A partir "d'éléments" installés individuellement sur un tube, on constituait l'ensemble de la semelle. Le poids modeste de la structure (200 Tonnes) rendait l'opération possible à l'aide d'un groupe de barres DYWIDAG Ø 36. (photos 3).

Cette méthode qui avait donné entière satisfaction s'est révélée extrêmement économe en moyens spécifiques.

Pour le pont levant de Rouen, il fut décidé de transposer la méthode en utilisant un système de levage hydraulique synchronisé, comme décrit plus loin.

4.4 Construction des socles

Leur construction se déroule selon le phasage suivant :

- Forage et bétonnage des pieux Ø 1800 (longueur 22 m environ) à partir d'une estacade d'environ 30 ml de longueur permettant l'accès de grues terrestres sur chenilles.

The foundations of the northern approach viaduct consisted of cylindrical reinforced-concrete pile caps on groups of four or five 1.50-m-diameter piles. The cranes available had capacity of no more than 20 tonnes, and could only be used for a few hours each night. It was therefore decided to precast the entire pile cap in sections at the top of the piles, connect the sections together, and lower the assembly by means of jacks. Since the structure was not especially heavy (200 tonnes), it could be supported by a group of 36-mm-diameter Dywidag bars (photo No. 3).



Photos 3: Pont de Normandie
Jacking of pile caps / Vérinage des semelles de piles

This method proved to be entirely satisfactory and required little in the way of special equipment.

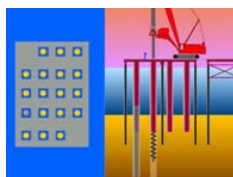
For the Rouen lift bridge, it was decided to adapt the method and use a synchronized hydraulic jacking system as described below.

4.4 Pedestal construction

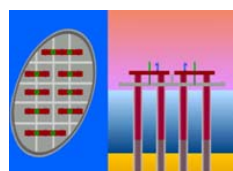
Construction involves the following sequence of works:

- Boring and concreting of 1800-mm-dia. piles (to a depth of about 22 metres) from an approximately 30-m-long jetty providing access for crawler-mounted cranes.

- Le fond du socle en béton armé est divisé en 19 éléments préfabriqués de poids unitaire inférieur à 20 Tonnes et d'environ 20 cm d'épaisseur (photo 4). Une partie d'entre eux est accrochée en tête des pieux définitifs qui ont été forés au préalable. La manutention est assurée par une grue à tour de 20 Tonnes de capacité. Chaque élément est porté par 3 barres DYWIDAG Ø 36 fixées à la verticale en dessous d'une charpente de pose. La charpente soutenant chaque élément préfabriqué en béton est munie de réglages pour tenir compte des défauts d'implantation ou de verticalité du pieu. Après pose des éléments complémentaires et réglage, on procède au clavage de l'ensemble.
- Avant de poursuivre la construction, on procède à l'installation de 10 vérins hydrauliques VSL type levage lourd (330 tonnes de capacité chacun) et leur mise en tension pour reprendre la charge totale.
- Le radier est alors renforcé par une couche supplémentaire de béton de 30 cm puis par des éléments raidisseurs de 1.10 m de hauteur. Pour faciliter le coffrage de la base des murs extérieurs verticaux, les éléments raidisseurs sont interrompus environ 30 cm avant leur jonction avec les murs.
- Ces murs extérieurs (épaisseur 0.50 m) sont exécutés à l'aide de la méthode du coffrage glissant, qui a permis de réaliser 16 m de hauteur en 5 jours (travail en continu en trois postes des équipes chantier). Cette solution qui minimise les délais permet d'obtenir une bonne étanchéité en évitant des reprises horizontales entre levées. (dessins phasage 1 à 6).



1-Réalisation des pieux / *Pile construction*



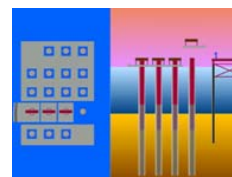
3. Clavage, coulage des poutres de renfort et mise en place des vérins
Grouting, casting of stiffening beams and installation of jacks

- *The invert of each pedestal is an assembly of 19 precast units about 20 cm thick, each weighing less than 20 tonnes (photo 4). The walls are built in situ. Installation of some of the invert units at the top of the piles built previously, using a 20 tonne tower crane; each unit is supported by three 36 mm dia. Dywidag bars fixed vertically beneath an erection framework which can be adjusted to take account of discrepancies in pile location and verticality; the remaining units are installed and the entire invert is adjusted and grouted together.*

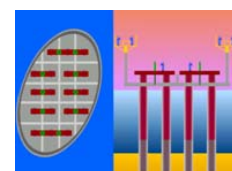


Photo 4: Pedestal – Assembly of precast units
Socle – Assemblage des éléments préfabriqués

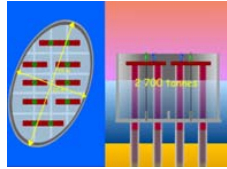
- 10 VSL heavy-lift jacks (330-tonne capacity each) and cables are installed and tensioned to take the total weight.
- The invert is strengthened with a 30-cm-thick layer of in situ concrete and 1.10-m-deep stiffeners. To facilitate formwork placement for the bottom of the outer walls, the stiffeners stop 30 cm short of the inside face of the walls.
- The outer walls (0.50 m thick) are built using slipforms, enabling them to reach a height of 16 m in five days (working in three shifts around the clock). This not only reduces the timeframe but also results in excellent watertightness by avoiding horizontal construction joints (see phasing drawings 1 to 6).



2. *Installation of precast units*
Mise en place des éléments préfabriqués



4. *Construction of outer walls using slipforms*
Réalisation des voiles en coffrage glissant



5. Descente avec les vérins VSL Lowering with VSL jacking system

- On peut alors procéder à la descente synchronisée de la structure (2700 T) jusqu'à la cote théorique demandée à l'aide de 10 vérins avaleurs de câble de 330 T de capacité chacun réparti en 6 groupes. La descente est interrompue 30 cm environ avant le contact du fond. Un intérêt majeur de la méthode est que le fond du fleuve n'a pas besoin d'être nivelé avec précision et que l'opération est réversible en cas de difficulté. Bien entendu aucun moyen nautique (remorqueur, ancrages, etc...) n'est nécessaire ce qui n'entraîne aucune interruption du trafic fluvial.

Après vérification de l'horizontalité du socle, l'espace annulaire entre les pieux et le fond du socle est comblé par un béton immergé. Le fond est renforcé par le coulage d'un radier en béton armé immergé de 2 m de hauteur. Après vidange du socle (les pieux travaillent alors en traction sous la poussée d'Archimède), le radier définitif est exécuté à sec sur une hauteur de 3 m.

4.5 Construction des gabions de protection

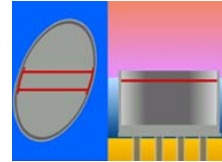
Bien que les gabions de protection qui sont au nombre de 4 (un en amont et un en aval de chaque pile dont ils assureront la protection des socles contre les chocs de bateaux) reposent directement sur le fond de la Seine sans fondations profondes sur pieux, la même technique de construction a été utilisée.

Le phasage des travaux, pour chaque gabion, est alors le suivant :

- Une grue mobile installée sur ponton flottant procède au battage de 7 tubes provisoires en acier de 1,40 m de diamètre jusqu'au calcaire sain. Le tube central est utilisé pour l'assemblage du fond, les 6 autres recevront l'équipement hydraulique de descente.



Photo 5 : Gabions de protection - Assemblage des "pétales" en béton armé / Pier-protection cells - Assembly of reinforced-concrete units



6. Grouting, dewatering, and internal fitout Clavage, vidange et aménagement intérieur

- The synchronized lowering of the structure (2700 tonnes) to its design level then begins, using ten 330-ton-capacity strand jacks set out in 6 groups. The lowering operation is stopped about 30 cm before contact with the riverbed. The major advantages of this solution are that the riverbed does not need to be precisely graded and that the operation can be reversed if difficulties are encountered. Also, since no marine equipment (tug, anchorages, etc.) is required, there is no disturbance to river traffic.

After checking that the pedestal is horizontal, the space around the piles is plugged with underwater concrete.

The invert is strengthened with a 2-m-deep layer of underwater concrete.

When the pedestal has been dewatered (the piles then work in tension due to pedestal buoyancy), the invert is built to its full thickness with an additional three metres of concrete.

4.5 Pier-protection-cell construction

Although the four pier-protection cells (one upstream and downstream of each pier to protect against ship impact) simply sit on the riverbed, with no deep pile foundations, the same construction technique was used.

The works phasing for each pier-protection cell is as follows:

- A mobile crane on a floating pontoon drives seven 1.4-m-diameter tubular steel piles down to sound limestone. While the central pile is used solely for invert assembly, the outer ring of six piles also receives hydraulic lowering equipment.
- Each pile is fitted with a precast concrete unit attached to the others with intermediate slabs (photo 5).
- The units are assembled and adjusted above the water line, then grouted together and stiffened. The 15-m-high, 1-m-thick cylindrical walls are built using slipforms. Their thickness is designed to take the 4000-tonne design ship impact (photo 6).
- Once completed, the pier-protection cell (totalling 3,200 tonnes) is lowered using six sets of two 330-tonne hydraulic jacks installed at the tops of the piles (photo 7).

- Chaque tube reçoit un élément préfabriqué en béton armé, relié à ses voisins par des dalles intermédiaires (photo 5).
- Après assemblage et réglage au-dessus de l'eau, on réalise les jonctions et les renforcements destinés à rigidifier le radier. Les murs cylindriques de 15 m de hauteur et 1 m d'épaisseur sont réalisés en coffrage glissant. Leur épaisseur importante (1 m) est destinée à reprendre le choc de bateau de 4000 T défini au projet (photo 6).



Photo 6 : Gabion prêt pour descente
Pier-protection cell ready for lowering

- Une fois terminé, le gabion, d'un poids total de 3.200 tonnes, est alors descendu à l'aide de 6 ensembles de 2 vérins hydrauliques de 330 T de capacité unitaire installés au sommet des tubes (photo 7).

Pendant cette phase, chaque tube dont la longueur libre est de plus de 16 mètres supporte une charge d'environ 550 Tonnes. Il a été procédé au préalable à la vérification de la qualité de l'encastrement dans le sol par traction horizontale entre 2 tubes et mesure de la déformation correspondante, ce qui ne fut pas nécessaire pour les socles.

Contrairement aux socles la descente est menée jusqu'au contact avec le fond de la Seine. A noter que la possibilité de remonter la structure avec les vérins a été utilisée, des dépôts importants de sable ayant été constatés sur l'un des gabions.

- Après pose les tubes provisoires sont retirés, les orifices du fond bouchés puis l'ensemble du volume intérieur des gabions est rempli de gravier.

5. SYNCHRONISATION DU SYSTÈME HYDRAULIQUE DE DESCENTE

5.1 Socles

Comme indiqué plus haut, les socles supportant les pylônes sont descendus par 10 vérins de levage disposés en 6 groupes.



Photo 7: VSL jacks: 330 tonnes each
Vérins de descente VSL : 330 T unitaire

Since each pile (more than 16 m long) supports a weight of about 550 tonnes during this phase, it was checked beforehand that the pile was soundly socketed into the limestone bedrock by exerting horizontal tensile force between 2 piles and measuring the resulting deformation. This was not necessary for the pedestals.

Contrary to the pedestals, the pier-protection cells are lowered all the way to the riverbed. Advantage was taken of the possibility of using the jacks to raise the structure again when it was discovered that there was a large sand deposit beneath one of the cells.

- After placement, the temporary piles are cut back, the holes in the invert are plugged, and the cell is filled with gravel.

5. SYNCHRONIZATION OF HYDRAULIC LOWERING SYSTEM

5.1 Pedestals

The pedestals supporting the towers are lowered by ten jacks in 6 groups. Since the invert is relatively flexible and the load of the vertical walls very high, the behaviour of the invert was very closely calculated (Fig. 8), resulting in strict instructions on control of the displacement of the groups of jacks (gap up to 5 mm).

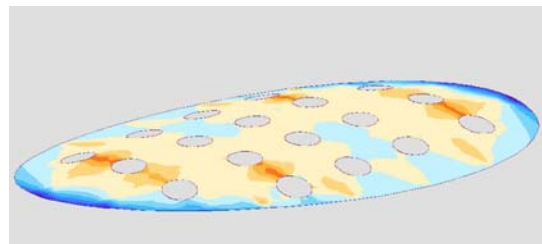


Figure 8: Pier-protection-cell invert: deformation during jacking.

Radier du gabion : déformée pendant le vérinage.

Le fond étant relativement souple et la charge engendrée par les murs verticaux très importante, un calcul fin (Fig. 8) du comportement du radier a été mené, ce qui a entraîné des consignes strictes sur le pilotage en déplacement des groupes de vérins (écart maximum : 5 mm).

5.2 Gabions

Le regroupement des 12 vérins en 3 groupes indépendants, donc suivant un schéma isostatique ne nécessitait pas de restrictions aussi sévères. La descente s'est effectuée sans valeurs restrictives sur les allongements relatifs des câbles.

6. CONCLUSION

L'assemblage d'éléments préfabriqués en tête de pieux est une technique souvent utilisée pour la construction de quais ou estacades. Lorsqu'on ajoute à cette technique la descente synchronisée par vérins hydrauliques, on obtient une solution rapide et économe en matériels spécifiques pour la construction de piles de ponts, quais ou structures en eau profonde capable de rivaliser avec les solutions basées sur l'utilisation de caissons préfabriqués à sec et amenés par flottaison.

La technique de construction adoptée par l'entreprise pour la réalisation des socles et des gabions de protection offre donc des garanties réelles, en terme de respect du délai et des tolérances d'exécution.

5.2 Pier-protection cells

Since the twelve jacks were in three separate groups, in an isostatic layout, the restrictions were not as severe as for the pedestals, and the cells were lowered without restrictions on the relative elongation of the cables.

6. CONCLUSION

Assembling precast units at the top of piles is a technique often used for construction of quays or jetties. Adding synchronized lowering with hydraulic jacks makes for a fast solution requiring little in the way of special equipment when building bridge piers, quays, or deep-water structures that rivals techniques using caissons cast in dry docks and floated into position.

The technique adopted by the contractor for building the pedestals and protective pier-protection cells provides solid guarantees in terms of construction lead times and dimensional tolerances.



Vue générale socles et gabions / The 6 structures

7. LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

- Constructeur : Groupement d'entreprises

- Quille (mandataire)

- Eiffage TP

- Eiffel

- Victor Buyck SC

Lot 1 : Génie civil : Quille - Eiffage TP

Lot 2 : Charpente Métallique : Eiffel – Victor Buyck

Lot 3 : Mécanisme : Eiffel – Victor Buyck

- Maître d'œuvre : D.D.E. 76
- Maître d'Ouvrage : Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement
- Maître d'œuvre de Conception : ARCADIS, EURODIM, Michel Virlogeux, S.E.R.F, Cabinet d'Architectes Aymeric Zublena

7. PARTIES INVOLVED

- *Construction consortium*

- *Quille (lead firm)*

- *Eiffage TP*

- *Eiffel*

- *Victor Buyck SC*

Package 1, Civil works: Quille-Eiffage TP

Package 2, Steelwork: Eiffel – Victor Buyck

Package 3, Lift mechanism: Eiffel – Victor Buyck

- *Engineer of Record: Regional public works authority (D.D.E. 76)*
- *Project Owner: French Ministry of Public Works, Transport, and Housing*
- *Design Engineer: Arcadis, Eurodim, Michel Virlogeux, S.E.R.F, Aymeric Zublena*