



Pylône en béton armé avec hauban précontraint et chaussée suspendue durant la phase de construction.

Allplan dans la pratique

TROIS SIÈCLES DE CONSTRUCTION DE PONTS AU-DESSUS DU FIRTH OF FORTH

Situé à proximité d'Édimbourg en Écosse, le Queensferry Crossing est un pont à haubans reposant sur trois pylônes de plus de 200 m de hauteur. Figurant parmi les principaux projets d'infrastructures d'Europe, il s'agit d'un exemple de conception d'armatures ultramoderne en 3D par les ingénieurs de Leonhardt, Andrä und Partner (LAP) avec Allplan Engineering.

Cette opération infrastructurelle en Écosse du Sud, à l'embouchure du fleuve du Firth of Forth, est inédite. Un bras de mer qui pénètre l'intérieur des terres sur 80 kilomètres est franchi à cet endroit par trois ponts très rapprochés. Le trafic

ferroviaire passe depuis toujours à cet endroit sur le Forth Bridge, un pont métallique de 1890. Le Forth Road Bridge, un pont suspendu construit en 1964, supporte depuis l'été 2017 l'ensemble du trafic des bus, vélos et piétons. Le nouveau pont Queensferry Crossing complète depuis ce duo. Il reçoit exclusivement le trafic routier sur deux chaussées et une bande d'arrêt d'urgence supplémentaire dans chaque direction. Alors que le Forth Bridge était encore conçu et exécuté sur la base de plans manuels sur papier, les plans d'armatures et d'exécution du Queensferry Crossing ont été réalisés en 3D avec Allplan Engineering.



Le Queensferry Crossing est l'un des principaux projets infrastructurels d'Europe du Nord.

LE DÉFI

L'élaboration d'un concept pour le nouveau pont n'a pas été une tâche facile pour les concepteurs de Jacobs Arup Joint Venture. Ce pont devait non seulement fonctionner parfaitement, mais être aussi esthétiquement à la hauteur du « Forth Bridge » figurant au patrimoine mondial. L'élaboration de l'offre, l'établissement des plans d'exécution et le calcul du montage (au sein du groupe de travail avec Rambøll, Gifford et Grontmij) ont été assurés par Leonhardt, Andrä und Partner. Le résultat de ce processus de conception a été un pont à haubans de 2 094,5 mètres de longueur reposant dans l'eau sur trois pylônes.

Ces tours en béton armé d'une hauteur pouvant atteindre 210 mètres sont distantes de 650 mètres. Cette longueur découle de la largeur des canaux de navigation franchis. Les travées latérales ont une portée de 223 mètres et celles d'accès de 104 mètres. Le pylône central s'est avéré particulièrement complexe sur le plan constructif. Dans le cas de ponts à haubans classiques, le pylône central dispose d'un ancrage de consolidation au moyen de travées latérales abruptes en rive. En raison de moments de flexion très élevés, cette disposition est impossible dans le cas d'un pont à trois pylônes. En plus de cette contrainte, le pont ne devait pas dominer excessivement les deux précédents ouvrages.

LA SOLUTION

Les concepteurs ont assuré l'ancrage de consolidation du pylône central par un recouvrement des haubans de 146 mètres au centre de chaque travée. Cette spécificité constructive de l'ouvrage a permis la nécessaire stabilisation et la réalisation d'un pont à la fois filigrane et esthétique.

Les trois pylônes marquants en béton armé s'affinent ainsi depuis l'arase supérieure de la fondation jusqu'au sommet, passant de 14 par 16 mètres à 7,50 par 5 mètres. Les ingénieurs de LAP ont créé un modèle d'armatures 3D complet avec Allplan Engineering pour la conception des pylônes. Utilisée de façon inédite pour un pont d'une telle dimension, cette méthode a donné entière satisfaction. L'armature des différents segments de pylône devait être placée précisément dans l'espace du fait de la diminution progressive de la section vers le haut. Cette procédure impose des exigences élevées au logiciel de CAO. C'est également pourquoi les concepteurs de LAP ont misé sur Allplan Engineering et sur l'expérience de leur sous-traitant CHP pour la conception des armatures et de la réalisation.

Comme les pylônes, la superstructure supportant les chaussées de chaque côté présente une forme filigrane. La superstructure est tripartite au niveau des pylônes et des haubanages de câble. Alors que la superstructure est reliée de façon monolithique

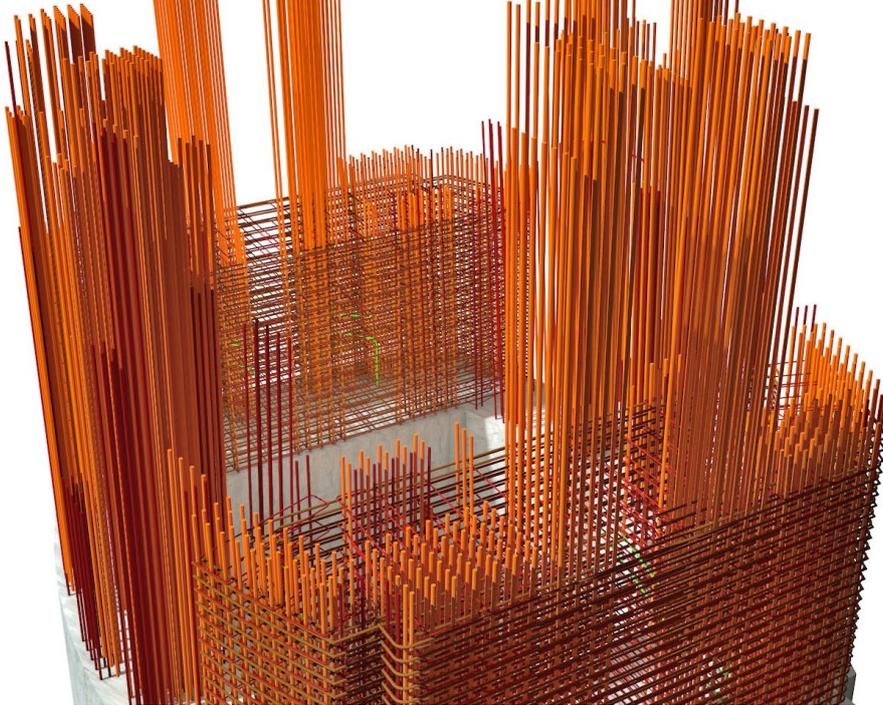


Image numérique de l'un des pylônes de 210 mètres de hauteur du Queensferry Crossing

au pylône central, elle est pénétrée par les deux pylônes extérieurs et repose sur eux au moyen d'une butée transversale. Ce schéma d'appui empêche des contraintes excessives entre les pylônes.

Fondations et montage

Le pylône central du pont à haubans est fondé au moyen d'un caisson à cloison de palpanches reposant sur le Beamer Rock au milieu du Firth. Les pylônes latéraux sont fondés jusqu'à 40 mètres de profondeur au moyen de caissons. Le bétonnage des pylônes a été effectué au moyen de coffrages glissants, intérieur et extérieur. Une colonne montante pouvant atteindre 200 bars a été créée pour pouvoir propulser le béton jusqu'au sommet des pylônes. Étant donné que le chantier se trouvait en grande partie sur les eaux libres du Firth of Forth, les travaux ont été réalisés au moyen de grues flottantes et de pontons de transport. La majeure partie de l'armature a été préfabriquée dans le port voisin de Rosyth avant son acheminement sur place au moyen de la grue à tour.

Le Queensferry Crossing est le plus grand pont entièrement réalisé sur la base d'une conception d'armatures 3D avec Allplan Engineering. La conception précise et sans collisions a permis la maîtrise des délais et des coûts.

Le Queensferry Crossing a été officiellement inauguré le 4 septembre 2017 par la reine Élisabeth II. Les premiers 50 000 visiteurs sélectionnés ont pu franchir à pied le pont les 2 et 3 septembre 2017.

> **Conception d'armature précise et sans collisions grâce à Allplan Engineering**

> **Élaboration décentralisée du projet grâce aux possibilités d'échanges dans Allplan Engineering**

> **Respect de tous les délais de livraison de plans grâce à Allplan Engineering**

Maître d'ouvrage : Transport Scotland

Entreprises d'exécution : Forth Crossing Bridge Constructors (HOCHTIEF, American Bridge International, Dragados et Morrison Construction)

Conception : Leonhardt, Andrä und Partner, Rambøll, Gifford et Grontmij



« Avec son module d'armature 3D, Allplan nous a largement soutenus lors de la conception de la réalisation, ce qui a permis une conception d'armatures précise et sans collisions dans le respect de tous les délais de livraison sur le chantier. »

Andreas Hartung, responsable de l'équipe d'armatures pylônes, sous-traitant de LAP-Consult / Allemagne

LE CLIENT

Actif à l'échelle internationale, le bureau d'études Leonhardt, Andrä und Partner (LAP) s'est spécialisé dès le début dans l'ingénierie de construction sous la direction de Fritz Leonhardt. D'où l'actuelle orientation de LAP. Aujourd'hui comme hier, l'un des points forts du bureau est la construction de ponts et de superstructures en acier et en béton armé.

De nombreux et remarquables projets d'ingénierie ont ainsi vu le jour comme la tour de télévision de Stuttgart (1955), le toit du stade olympique de Munich (1971), le pont Galata à Istanbul (1985), la manufacture en verre de Dresde (1999) et désormais le Queensferry Crossing (2017).

À PROPOS D'ALLPLAN

ALLPLAN est un fournisseur mondial de logiciels de conception BIM pour l'industrie AEC. Fidèle à notre slogan « Design to Build », nous couvrons l'ensemble du processus, du premier concept à la conception détaillée finale pour le chantier et la préfabrication. Les utilisateurs d'Allplan créent des produits livrables de la plus haute qualité et du plus haut niveau de détail grâce à des flux de travail allégés. ALLPLAN offre une puissante technologie

de nuage intégrée pour soutenir la collaboration interdisciplinaire sur les projets de construction et de génie civil. Dans le monde entier, plus de 500 employés dévoués continuent à écrire l'histoire de la réussite d'ALLPLAN. Basée à Munich, en Allemagne, ALLPLAN fait partie du groupe Nemetschek qui est un pionnier de la transformation numérique dans le secteur de la construction.

ALLPLAN France S.a.r.l.

Tour PB5 – 1, Avenue du Général de Gaulle
92800 Puteaux
Tél : +33 (0)180 49 32 00
info.fr@allplan.com
allplan.com