

14 novembre 2012 à Bordeaux
Le Pont Jacques Chaban Delmas



L'AFGC a organisé le 14 novembre 2012, en partenariat avec Construiracier, une journée consacrée pont Chaban Delmas à Bordeaux. Elle fait suite à une première visite organisée le 7 octobre 2010 par la délégation Sud Ouest.

Rappel du programme

8h30 : Accueil des participants à Cap Sciences
 9h15 : Présentation de la journée
 Jean-Marc Tanis, Président de l'AFGC ; Michel Royer-Muller, Construiracier
 9h30 : Présentation du projet
 Bertrand Arnauld de Sartre, Communauté Urbaine de Bordeaux
 9h50 : Conception architecturale et technique :
 Introduction
Alain Denat, Vinci Constructions
 Conception architecturale
Thomas Lavigne, Architecture et Ouvrages d'Art
 Conception générale
Michel Virlogeux
 Conception technique charpente et mécanismes
Frédéric Manuel et Mathieu Cardin, Egis
JMI
 10h30 : Pause café
 10h45 : Fabrication et montage du tablier métallique
 Pierpaolo Rossetto et Stefano Tonon, Cimolai

11h15 : Travaux de génie civil : des fondations aux mécanismes
 Jean-François Roubinet, GTM Sud-Ouest TP
 11h45 : Alimentation électrique et contrôle de la commande du levage
 Eric Lespine, Santerne – Groupe Vinci énergies
 12h15 : Questions - Réponses
 12h30 : Buffet déjeunatoire sur place
 14h30 : Visite du chantier en sous-groupes

Synthèse des conférences

Le pont Chaban Delmas : Historique et présentation du projet

Bertrand Arnauld de Sartre, Communauté Urbaine de Bordeaux

Le schéma directeur des déplacements urbains (1996)

- Après l'échec du métro
- Après l'abandon du pont du Médoc
- La mise à plat du dossier des déplacements

Les enjeux du schéma directeur des déplacements

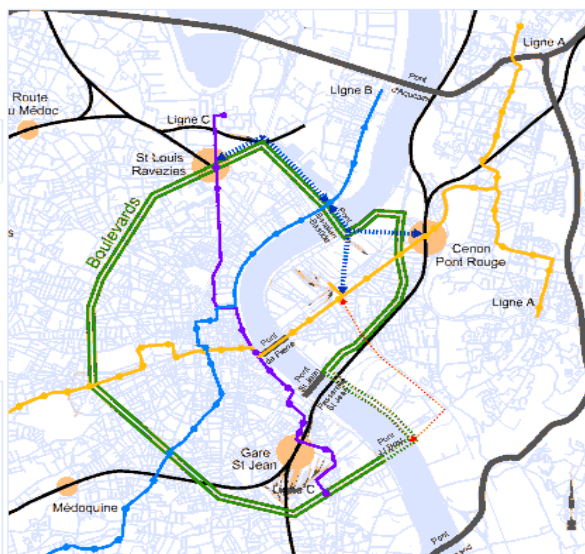
- Le tramway et le ferroviaire
- La protection du centre
- La mise en valeur du fleuve



SCHEMA DIRECTEUR D'AMELIORATION
DE LA DESSERTE EN TC (Extrait)

----- Liaison Transports en Commun
par le pont Bacalan - Bastide
----- Développement du réseau Transports
en Commun (moyen et long termes)

Tramway Ligne A
Tramway Ligne B
Tramway Ligne C
Gare Intermodale
Réseau RFF



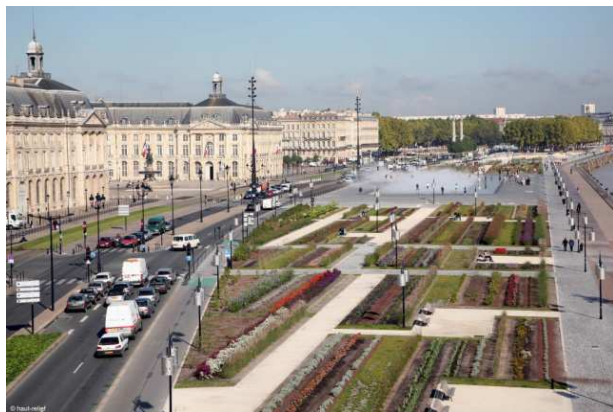
Relier le tramway et le ferroviaire



Protéger le centre en bouclant les boulevards rive droite et en réduisant le trafic sur les quais rive gauche

METTRE EN VALEUR LE FLEUVE

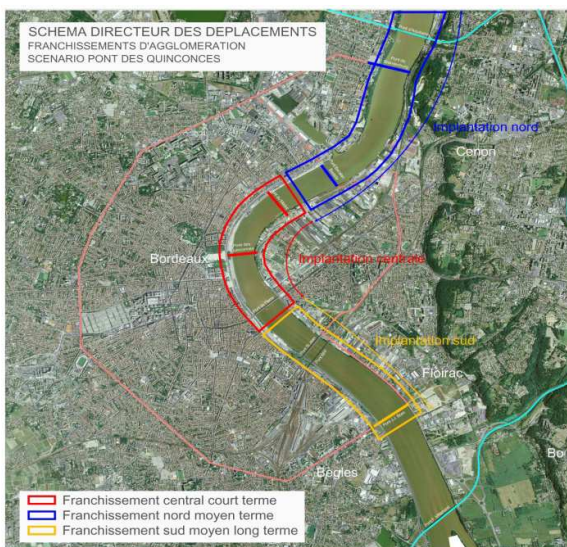
- Réduire le trafic sur les quais
- Supprimer les échangeurs du pont de pierre
- Se réappropriier les quais désertés par le port



Aménagement des quais rive gauche

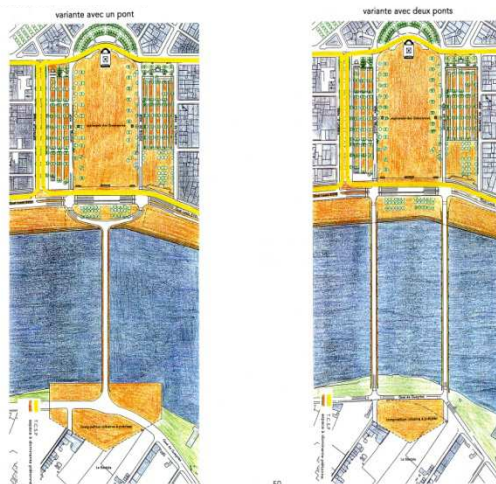


Un déficit de franchissements urbains

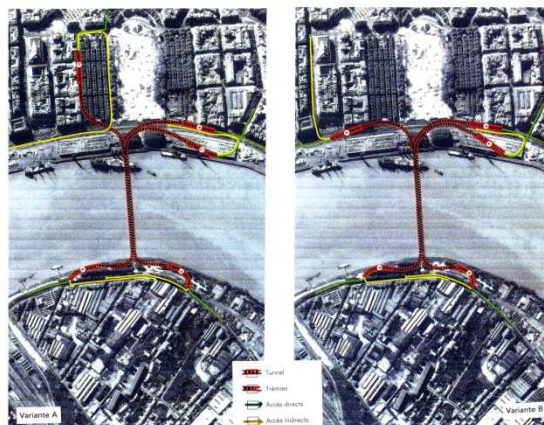


LE FRANCHISSEMENT CENTRAL

- La priorité en 1999
- Pont ou tunnel
- Médoc ou Quinconces



Franchissement central – Solution pont aux Quinconces

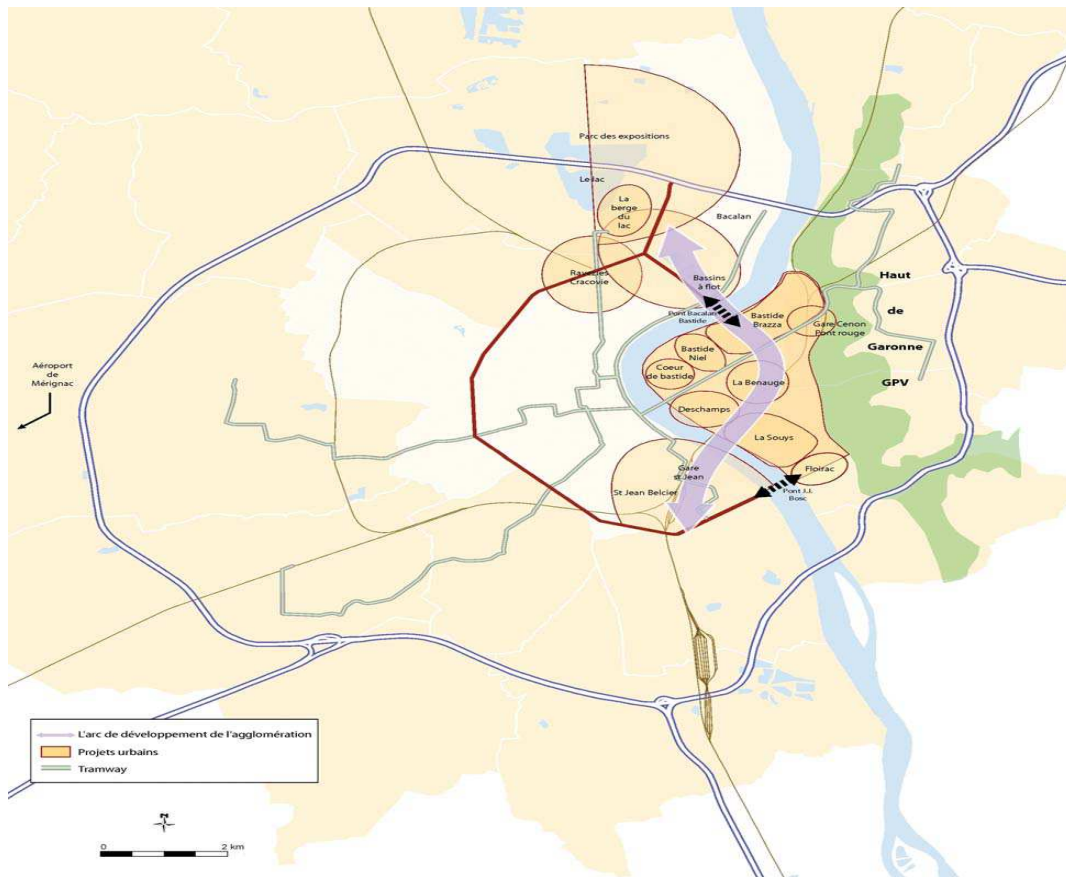


Franchissement central – Solution tunnel aux Quinconces

PONT CENTRAL

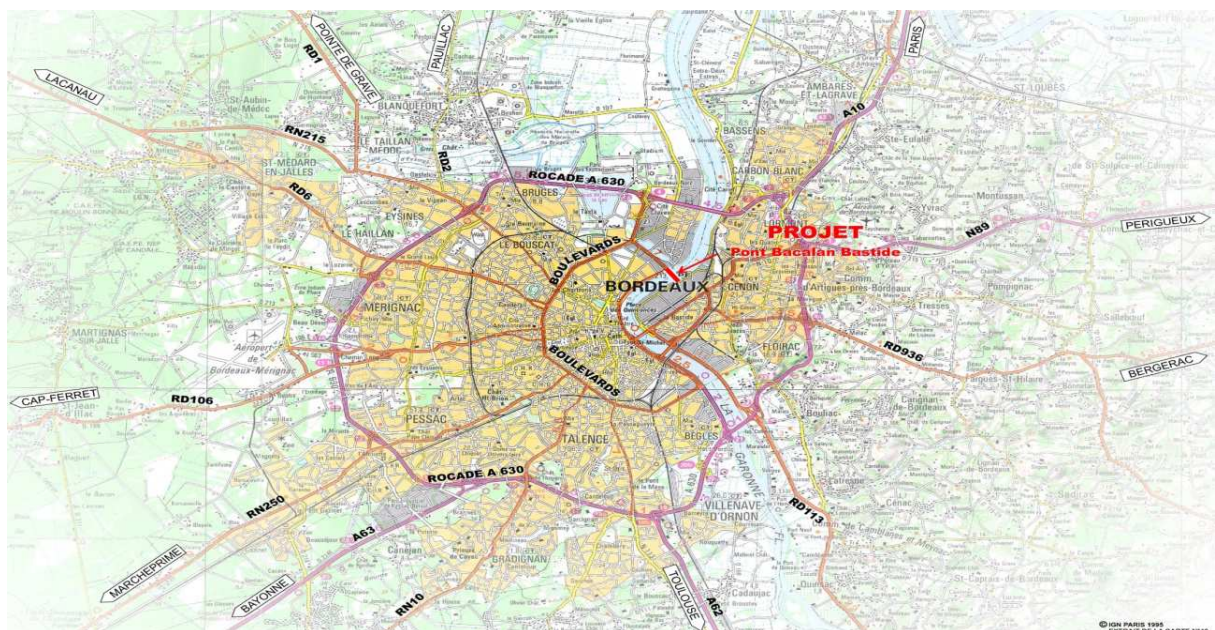
LES ENSEIGNEMENTS DE LA CONCERTATION

- La peur du trafic supplémentaire dans la ville
- L'accueil des grands navires dans le cœur de ville
- Une nouvelle priorité dans la réalisation des 3 nouveaux franchissements



LE FRANCHISSEMENT AVAL

- Quelle implantation?
- Quel programme?
- Pont ou tunnel ?

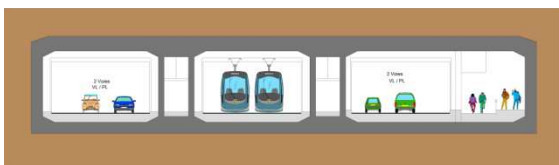


- Le gabarit des boulevards pour les voitures
- Pas de poids lourds en transit
- Un tramway reliant les 2 gares de Cenon et Ravezies
- Des pistes cyclables
- De larges trottoirs
- Des raccordements au réseau viaire existant
- Le maintien de la navigation

TUNNEL OU PONT ?



Un tunnel peu profond

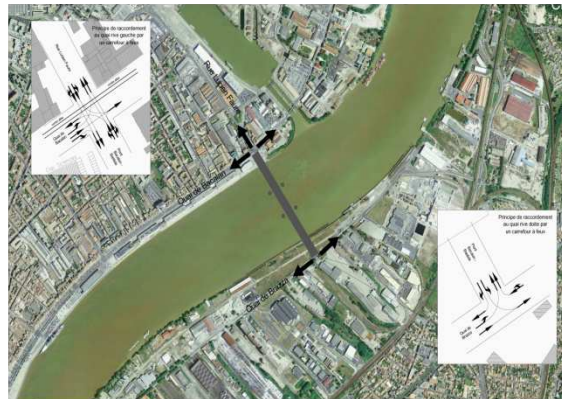


Un tunnel large pour assurer toutes les fonctions du programme



Un tunnel profond réalisé par forage

Les conférences et visites de chantier



Un pont ouvrant raccordé aux quais



Un pont permettant l'accueil des grands navires

Consultation des concepteurs réalisateurs

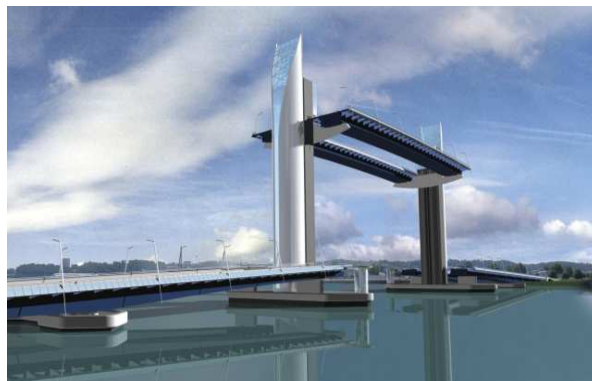
- Intérêt de la procédure d'appel d'offres sur performances, type conception réalisation
- Programme fonctionnel du maître d'ouvrage
- Exigences et performances particulières ...
- Respect des tirants d'air,
- Protection contre les chocs,
- Protection vis-à-vis des affouillements
- Temps de levage et vent limite pour les manœuvres,...
- Assistance technique (cahier des charges, analyse des offres, mise au point du marché – SETRA, CETE, Sogreah)

Cinq offres techniques différentes

- Nombre de pylônes
- Structure du tablier (béton, charpente métallique, mixte)
- Nombre de piles
- Parti architectural
- Dispositif de protection vis-à-vis des chocs
- Système de levage



Groupe Eiffage



Groupe Dodin



Groupe Bouygues



Groupe GTM



Groupe Razel

Le projet Lauréat

Groupe conception / réalisation : GTM – VINCI, EGIS-JMI, M. Virlogeux, Architecture & Ouvrages d'Art, Hardesty & Hanover, Cimolai Spa

Coût du projet

156,8 M€ TTC (valeur janvier 2010)

- Participations
 - Région Aquitaine : 15,24 M€
 - État : 18,29 M€
 - Conseil général Gironde : 18,00 M€

Exploitation – Manœuvres

- Manœuvres pour passage de navires sur demande programmée du GPMB :
 - paquebots de croisière
 - navires de guerre
 - grands voiliers (événementiel)
- Manœuvres liées à la maintenance
- Durée d'interruption de la circulation de 1h00 à 2h30
- Marché passé avec l'entreprise Eiffage Construction Métalliques

Quelques vues



- ▶ Présentation générale
- ▶ Conception générale
- ▶ Dispositif de levage
- ▶ Effets du vent turbulent
- ▶ Interface voie ferrée - ouvrage d'art

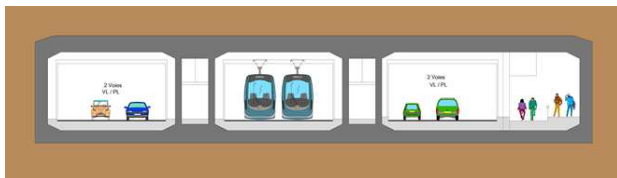
Comparaison des 2 Options



Pont levant

Continuité urbaine des boulevards
Circulation régulée par des feux
Poursuite de l'activité fluviale et maritime par levage du pont
Liaison de proximité entre les 2 rives pour tous les modes de déplacement : véhicules, cyclistes, piétons, bus et tram
Renforcement des liens inter-rives et inter-quartiers
Exploitation classique peu d'impact en phase chantier

Coût de l'ouvrage : 120 M€ TTC, valeur 2004
Coût de fonctionnement courant : 0,5 M€ / an



Tunnel

Infrastructure « autoroutière »
Circulation fluide et ininterrompue avec trémies
Ouvert à la circulation fluviale et maritime
Pas d'échanges directs avec la ligne B du tramway
Inadapté aux cheminements doux
Pas d'échanges favorisés entre les quartiers à proximité immédiate du fleuve
Trémies d'accès éloignées des quais et inesthétiques
Gestion de la sécurité dans l'ouvrage et maintenance lourde
Chantier difficilement réalisable (site NATURA 2000)
Coût de l'ouvrage : 270 M€ TTC (valeur 2004+ tolérance)
Coût de fonctionnement courant : 1,8 M€ / an

Les grandes dates

Mai 2003 : appel à candidatures
Septembre 2004 : remise de la 1ère offre
Mai 2005 : remise de l'offre définitive
Janvier 2006 : choix du groupement GTM
Octobre 2007 : notification du marché

Etudes de Projet

5 décembre 2007 : OS de démarrage des études
durée : 18 mois

Travaux

9 octobre 2009 : OS de démarrage des travaux
Début 2013 : livraison

Répartition des missions

- Travaux de génie civil
GTM
VINCI
CIMOLAI
- Travaux de charpente métallique :
CIMOLAI
- Travaux de mécanismes de levage
GTM
VINCI
- Etudes, projet et études d'exécution des mécanismes de levage
H&H
GTM
VINCI

Conception générale

Caractéristiques principales

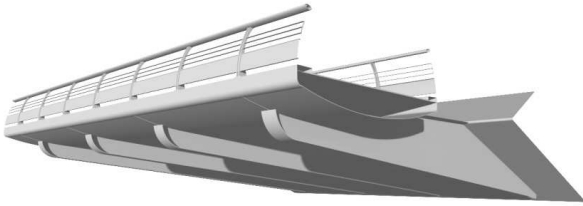
- 433 m de longueur, dont 118 m pour la travée levante
- Largeur variable de 35 m (culées) à 45 m (travée levante)
- Pylônes de levage de 75 m de haut protégés par 4 îlots de défense
- Travées fixes en tri-poutres à ossature mixte
- Travée levante en caisson orthotrope métallique (légèreté)

Quelques chiffres

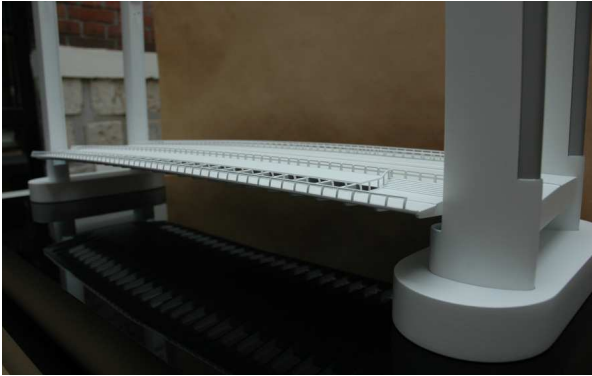
Masse de travée levante équipée : 2 650 t,
équilibrée par 4 contrepoids de 638 t => levage assuré par 2 moteurs de 132 kW en 12 minutes
≈ 6 300 tonnes de charpente métallique
≈ 29 000 m³ de béton / ≈ 4 000 tonnes d'armatures

Large place offerte aux circulations douces

Passerelles latérales



Placettes en pied de pylônes



Passerelles de liaison vers les têtes d'îlots



Gabarit maritime (travée levée):

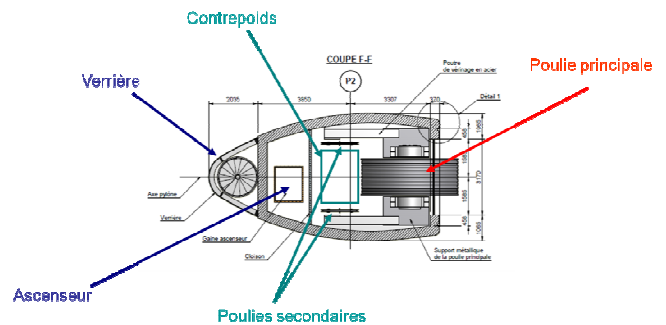
- Hauteur 53 m au dessus des PHEN sur une largeur de 106 m
- Gabarits fluviaux (travée baissée) :
- Hauteur 12 m au dessus de l'étiage sur une largeur de 106 m

- Hauteur 13 m au dessus de l'étiage sur une largeur de 30 m

Règlements :

- Béton : règlement français BAEL, BPEL
- Charpente : règlement français fasc. 61 titre V
- Fondations : règlement français fasc. 62 titre V
- Charges / Surcharges : Eurocodes
- Mécanismes de levage et automatismes : FEM 1001, règles UTE, directive machines

Conception générale des pylônes



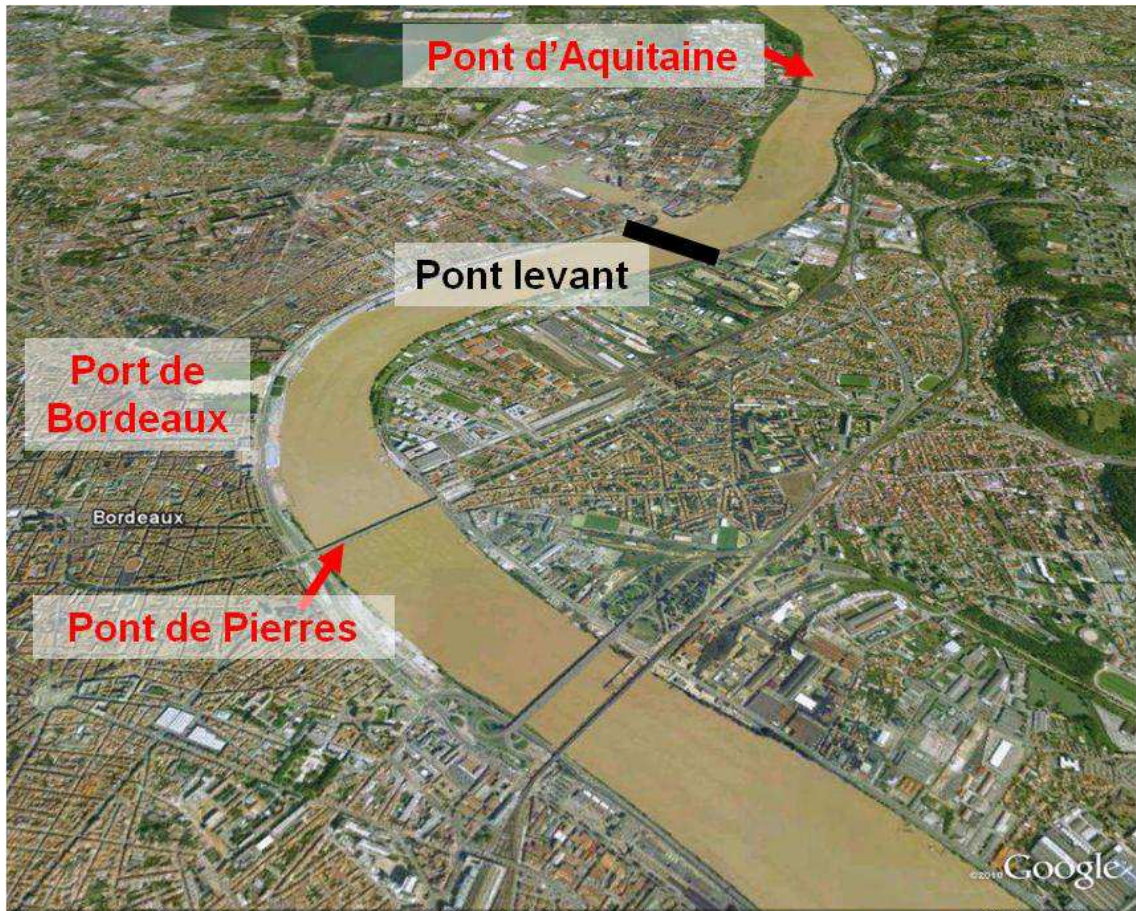
Géotechnique

- Argile vasarde sur ~2 mètres
- Sables fins à graveleux ~5 mètres côté RG (appui P1), ~10/12 mètres côté RD (appuis P2, P3, P4)
- Marnes compactes : le toit des marnes, à -12 NGF en RG (appui C0), descend progressivement vers la RD : -16 NGF sous la pile P1, pour atteindre -22/-24 NGF sous les appuis P2, P3 et P4, -20 NGF sous C5.

A l'exception des îlots de protection des pylônes, tous les appuis sont fondés dans les marnes compactes.

- Piles P1 et P4 : chaque pile est fondée sur 6 pieux de diamètre 1600 de longueur moyenne 10 / 12 mètres, encastrés dans les marnes compactes
- Pylônes P2 et P3 : les caissons préfabriqués des embases et îlots sont échoués sur un lit de pose ; chaque pylône est fondé sur 20 pieux diamètre 1600 de longueur moyenne 18 / 20 mètres

Hydraulique - étude de la navigation



Situation du projet

Modèle de courant entre le pont du chemin de fer (en amont du Pont de Pierre) et le Pont d'Aquitaine

Simulations de manoeuvre de franchissement en montée et en descente du fleuve

- influence du pont sur les conditions hydrodynamiques locales -> accélération des vitesses entre 8 et 15%
- contraintes de navigation imposées par le franchissement du pont levant -> le pont n'engendre pas de modification des créneaux horaires pour le passage des navires

Protection des pylônes - Données du problème

- Définition du choc : 2 scénarii
- Scénario A : dérive d'un bateau de caractéristiques identiques au "Christal

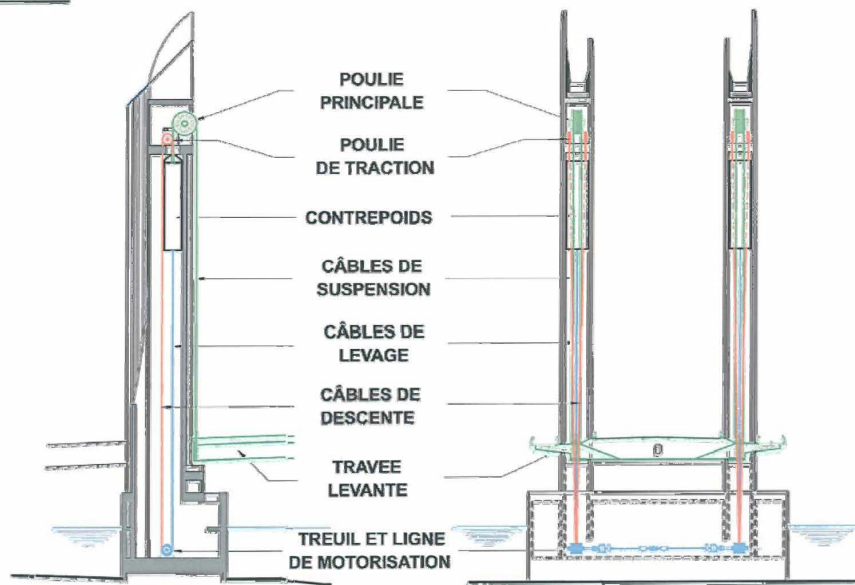
Symphony", navire de 240 m de longueur et 40 000 tonnes de déplacement, avec une vitesse à l'impact de 3,1 m/s (6 noeuds)

- Scénario B : avarie sur un navire de 20 000 tonnes de déplacement, la vitesse à l'impact étant de 3,6 m/s (7 noeuds)
- Protections fusibles (on admet leur ruine après un choc)

Chocs de bateaux – dynamique - plastique

- Modélisation du choc – logiciel éléments finis adapté aux problématiques dynamiques fortement non linéaires, aux grands déplacements et aux grandes déformations (VCF)
- Modélisation du sol, de l'ilot et du paquebot

PHASE 6



Maintenance des équipements de levage

- Durée de vie globale des mécanismes : supérieure à 30 ans
- Poulies de renvoi des câbles de suspension : 75 ans
- Câbles de suspension : 60 ans
- Moteurs principaux : 50 ans
- Réducteurs primaires et secondaires : 75 ans
- Arbres de transmission et coupleurs : 50 ans
- Système de freinage : 30 ans
- Tambour d'enroulement : 75 ans
- Poulies secondaires : 75 ans
- Câbles de traction hauts et bas : 10 - 20 ans
- Commande de la motorisation : 20 - 30 ans

Effets du vent sur l'ouvrage

Données climatologiques

Etude en soufflerie

Calculs des effets du vent

Résultats : vitesse moyenne

Vitesse moyenne dans le site à 10 m (T = 50 ans) :

U(10) = 17 m/s (rive droite)

U(10) = 13 m/s (rive gauche)

Vents dominants orientés Ouest / Sud-Ouest correspondant à la plus grande sensibilité de l'ouvrage (vent transversal)

=> vent de sud-ouest prépondérant dans l'analyse

Perturbations du vent en rive gauche du fait des bâtiments présents => conditions non

représentatives des effets du vent sur la travée levante située au milieu de la Garonne

=> paramètres de vent rive gauche non retenus par la suite

Objectifs des calculs des effets du vent sur l'ouvrage :

Déterminer les efforts verticaux appliqués sur la travée en position basse et haute

=> entrants déterminant dans le calcul des efforts sur la machinerie de levage

Détermination des efforts et déplacements sur les guides assurant la liaison entre travée levante et pylônes

=> étude sur modèle Hercule complet travée levante + pylônes

Résultats

Efforts engendrés par la turbulence du vent $\approx$ 5 fois supérieurs aux efforts dus au vent moyen uniforme

Effets verticaux extrêmes pendant le levage (ELS) :

- 90 t de soulèvement

- 115 t de force descendante

Efforts maximaux sur les guides : entre 20 et 30 t longitudinalement et transversalement

Prise en compte tram-train

Interfaces voie ferrée / ouvrage d'art

Prise en compte d'un TCSP de type tram-train

Options d'aménagement TCSP rails étudiées :

- Mise en service avec rails en attente intégrés au tablier

- Conception tenant compte de la réalisation différée d'une plateforme TCSP rails

Base marché : tramway bordelais (Citadis Alstom)

Tram-train conçu pour réaliser les interconnexions entre zones périurbaines et centres villes ; matériel roulant apte à circuler à la fois :

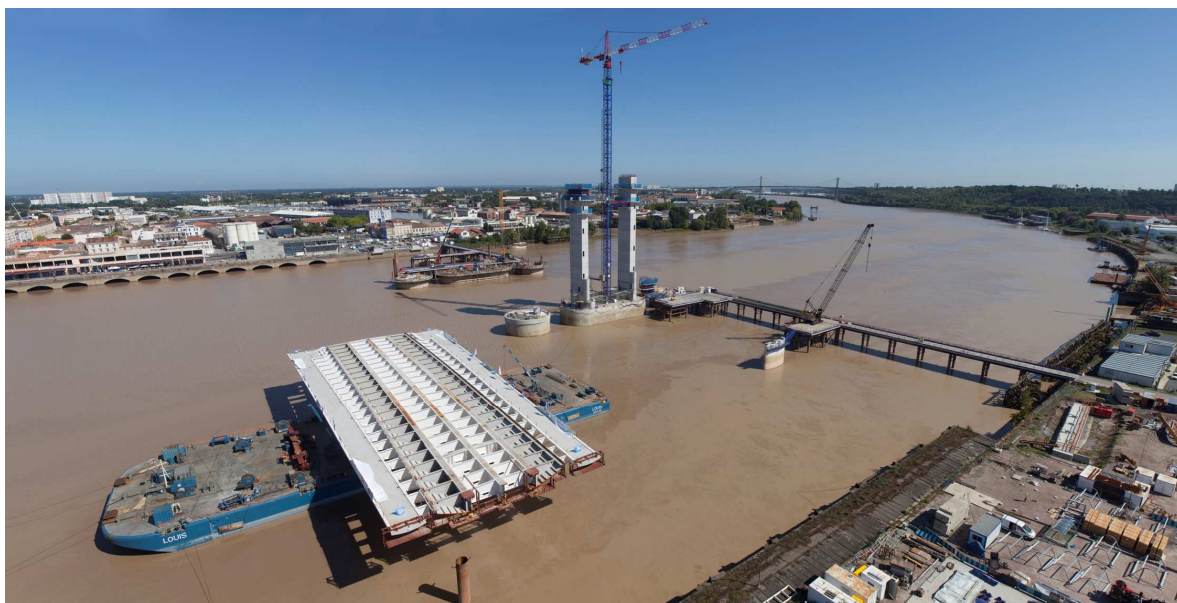
- sur des voies ferroviaires (réseau SNCF)

- sur des voies urbaines (réseau tramway)

Charge d'essieu tram-train légèrement supérieure, mais comparable au tramway. Dans les deux cas limite à 12 t (comme pour les voiries).

Mais architecture du matériel roulant (largeur et longueur de véhicule, nombre de bogies) et surtout conditions d'exploitation différentes

Quelques vues



Conception technique charpente et mécanismes

Frédéric Manuel et Mathieu Cardin, Egis JMI

Principaux choix de conception

Le programme laissait libre choix au concepteur sur :

- Le nombre de tablier
- La structure des tabliers de la travée levante et des travées d'accès

Seules contraintes :

- Pont mobile par translation verticale
- Cohérence architecturale d'ensemble

Choix de conception

- Ouvrage d'art complexe par nature (dimensions, contexte urbain, construction maritime), donc recherche de la simplicité
- Solution mono-tablier préférée, car système de levage unique
- Caisson orthotrope entièrement métallique pour plus de légèreté, et isostatique pour un ouvrage levant « classique »
=> élancement de 1/32ème ; caisson de 3,75 m de hauteur

Conception de la section transversale

Ouvrage allégé (contreponds), donc sensible aux effets du vent

=> profilage de la section du tablier, en cohérence avec la dissociation des passerelles piétonnes

« Portance » inversée

Stabilité apportée par les caissons latéraux

Essais (site et maquette)

Conception / méthodes charpente

Travée posée avec la marée, construite entièrement en usine en Italie et acheminée par convoi maritime sur site

=> Poulies principales orientées longitudinalement

=> Aucun élément en débord des pièces de pont pour la bonne mise en place de la travée / Contraintes sur la conception des guidages, verrouillages qui doivent être montés sur chantier

Conception de la dalle orthotrope tenant compte de :

- l'épaisseur du revêtement époxydique
- la circulation d'un TCSP rails ultérieurement à la livraison

=> épaisseur de 16 mm mini à 19 mm maxi en travée

=> augets en U d'épaisseur courante 8 mm, et 9mm voie lente

=> fond d'auget cintré / inertie et espacement conformes à l'EC 3, renforcés sous les futurs rails munis d'augets renforcés

=> dispositions usuelles vis-à-vis de la fatigue : augets continus au travers des éléments transversaux, lunules en pied d'augets

Conception de des passerelles tenant compte de : Charges piétonnes sans fatigue

Véhicule d'exploitation ou secours de 3,5 t maxi

=> épaisseur de dalle orthotrope de 8 mm

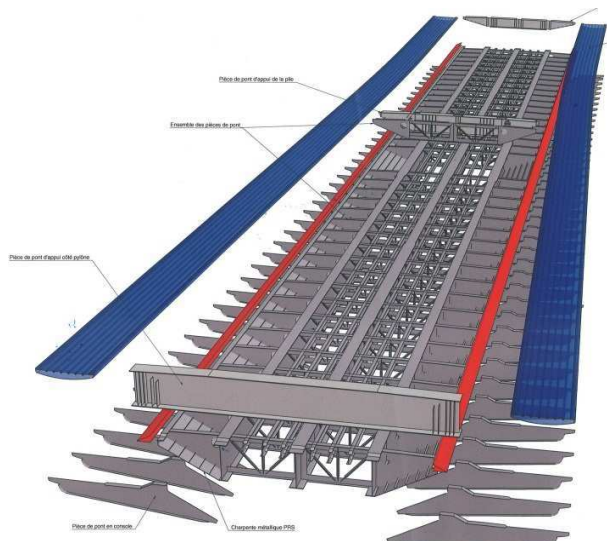
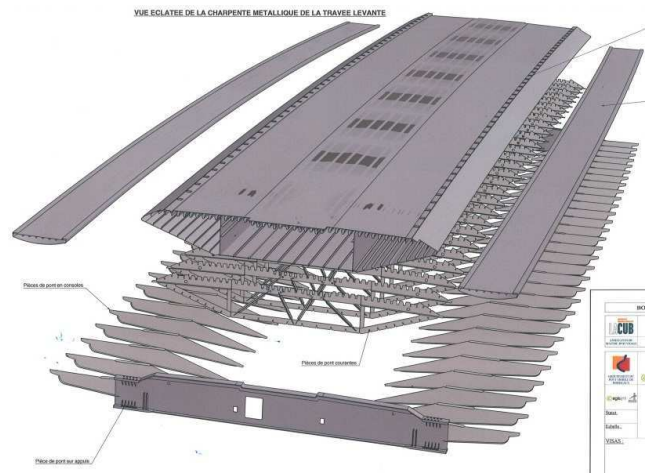
=> augets en V avec $h = 12 \text{ mm}$; $e = 6 \text{ mm}$; espacement 60 cm

=> augets discontinus non soudés sur les âmes des consoles

Conception de détails structures travées d'accès

Tabliers mixtes, à trois poutres pour des questions de coût

Continuité d'aspect architectural => structures latérales en caisson mixte, mais passerelles identiques



Conception de détails structures travées d'accès
Nécessité architecturale et technique de ne pas multiplier les appuis en rivière
⇒ Bi-travées élancés : 1/40ème sur culées et 1/30ème sur piles
⇒ Dénivellation d'appui de 30 cm
⇒ « Pesage » sur pile intermédiaire pour mieux répartir les réactions d'appui

Conception du système de levage
Recours à un principe de levage éprouvé, simple, fiable
└ Choix d'un pont quasi équilibré pour limiter les efforts internes dans le système mécanique et l'alimentation en énergie

⇒ système à double entraînement, permettant de manoeuvrer la travée dans les deux sens
⇒ verrouillage du pont en position assise pour contrer les effets extrêmes du vent

Prépondérance
Prépondérance = poids des contrepoids – poids de la travée
= poids apparent pour le système d'entraînement
Puissance réduite de la motorisation (180 ch)

Fabrication et montage du tablier métallique
Pierpaolo Rossetto et Stefano Tonon, Cimolai

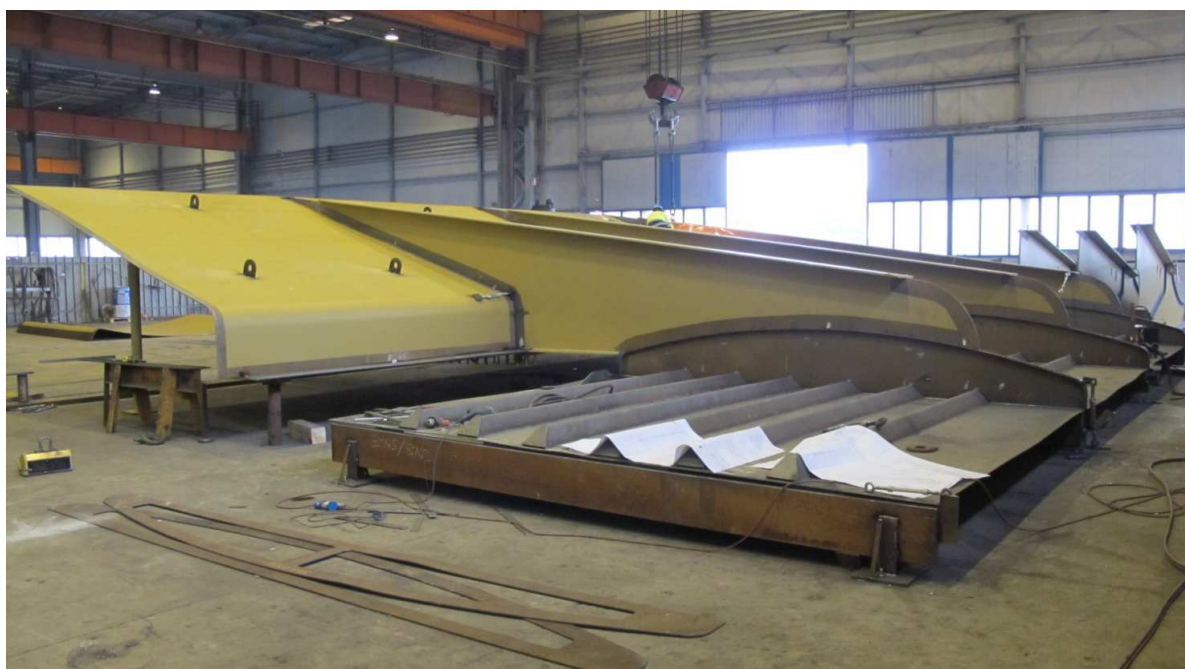
Quelques photos



Tronçons de l'ossature métallique principale – Fabrication et assemblage -



Tronçons de l'ossature métallique principale – Fabrication et assemblage



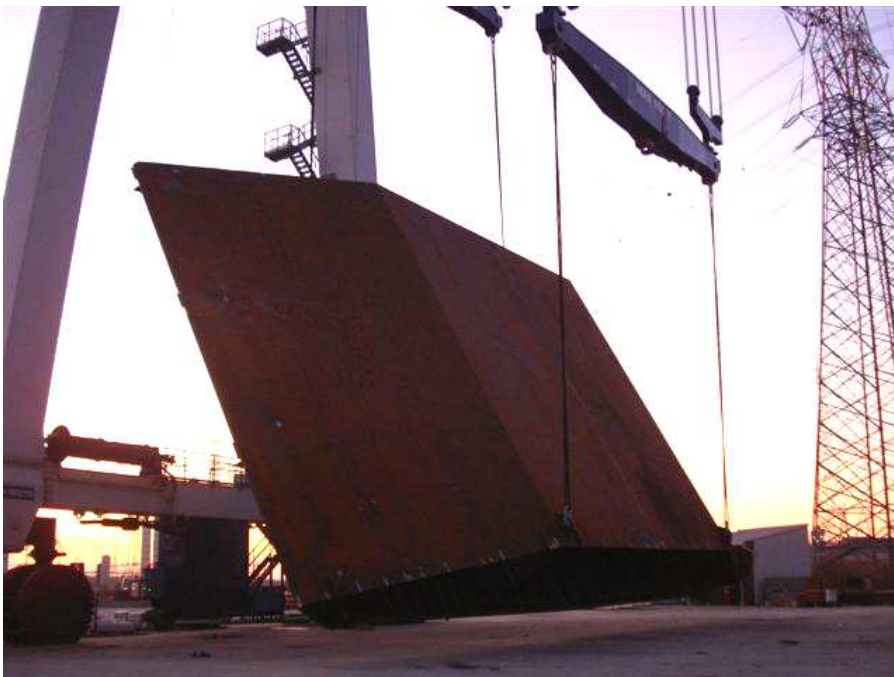
Tronçons des éléments en encorbellement (passerelles piétonnes) - Fabrication et assemblage –



Assemblage sur le quai de l'ossature principale et des éléments en encorbellement



Tronçons du caisson central – Fabrication et assemblage-



Tronçons du caisson central - Rotation des tronçons préalable à la présentation sur le quai



La travée est à bord et tout est prêt





Mise en place de la travée d'accès Rive Droite sur site à Bordeaux



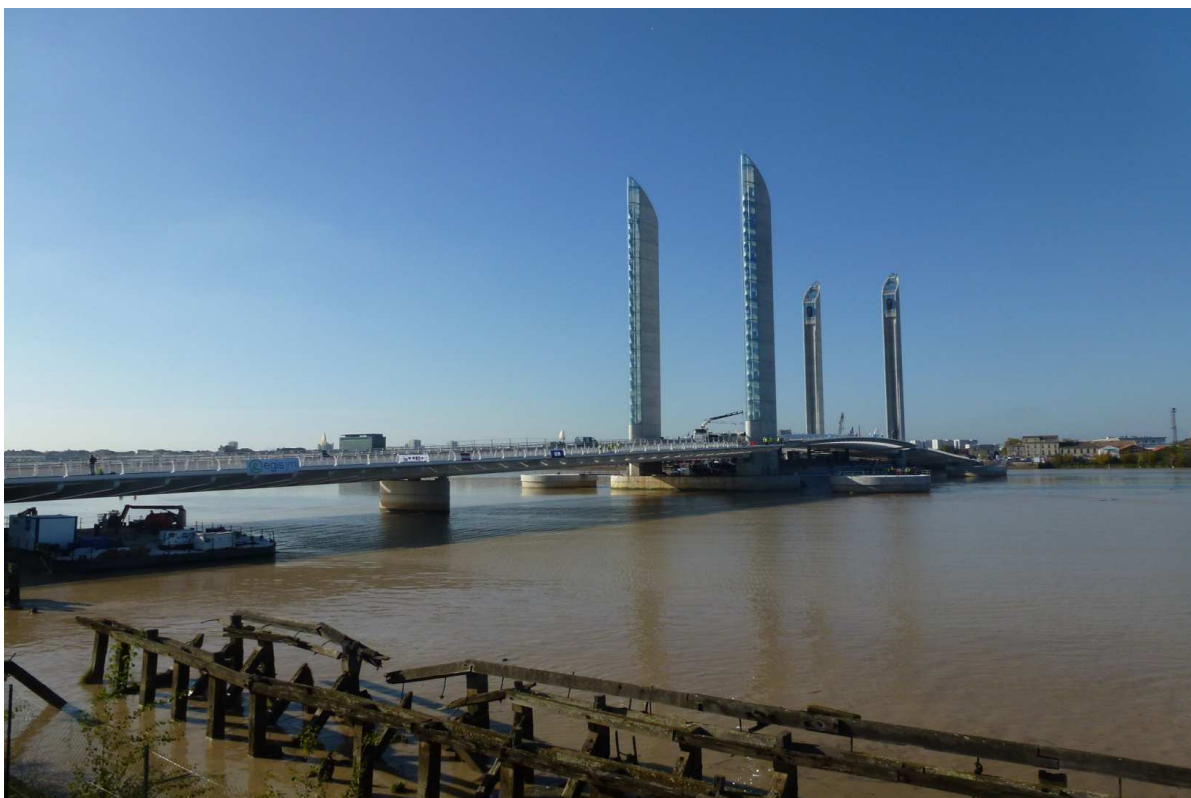
Chargement sur barge



La travée levante à bord et tout est prêt pour le dernier voyage



Mise en place de la travée levante sur site à Bordeaux



Le Pont Bacalan-Bastide après la pose de la Travée Centrale

Travaux de génie civil : des fondations aux mécanismes

Jean-François Roubinet, GTM Sud-Ouest TP

Localisation du chantier

Pont reliant les quartiers Bacalan (rive gauche) et (rive droite) de Bordeaux

Franchissement de la Garonne à 2km du centre ville, à mi chemin entre le Pont de Pierre et le Pont d'Aquitaine.

Dates et chiffres clés

OS de démarrage des études : décembre 2007

Durée étude : 18 mois

OS démarrage des travaux : 9 octobre 2009

Durée travaux: 3,5 ans

40 000 m3 de béton

4 500 tonnes d'armature

6 000 tonnes d'ossatures métalliques

70 000 m3 de dragage

300 000 heures de travail + 100 000 heures sous traitées

Une pointe en effectif à 150 ouvriers

Montant du marché : 150 millions d'€ HT

Travaux maritimes

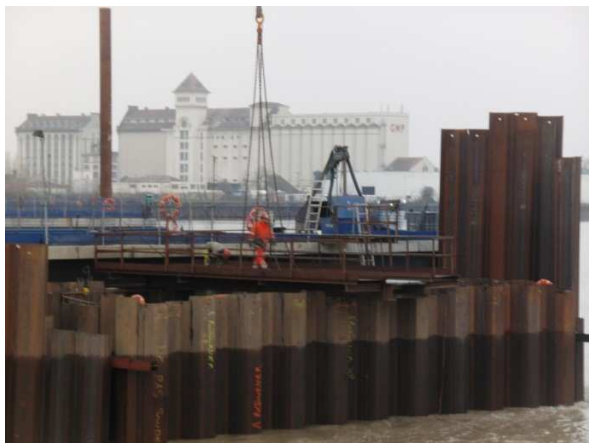
Réalisation de l'estacade

Principe d'exécution

- Ripage du guide
- Mise en fiche des pieux, vibro-fonçage et surbattage au D30-32
- Recépage des pieux
- Pose à la grue au chevêtre
- Pose du tablier métallique
- Fixation des HEB 900 aux boutons HEB 300
- Pose des dalles béton
- Pose de l'accès piéton et des garde-corps de l'estacade



Réalisation du batardeau



Fondations profondes

Pieux des culées C5 et C0

Travaux sous traité à BOTTE Fondations

Pieux forés à la boue, et tubés avec chemise métallique perdue

Culée C5 : 13 pieux de 27 ml, Ø 800mm

Culée C0: 30 pieux de 27 ml, Ø800mm

Préfabrication Embase/Ilots

Préfabrication de l'embase et ilots P3 de octobre 2009 à juin 2010



Préfabrication de l'embase et ilots P2 de juillet 2010 à décembre 2010

Piles P1/P4

Pile P4

Battage de 25 HEB 700 (hauteur max 46m)

- Nettoyage
- Béton immergé (de -13,20 NGF à -10,20 NGF)
- Mise à sec
- Recépage des HEB 700 (Nota: ancrés de 1,50 m dans la semelle)
- IDEM PILE P1:
- Semelle (15x8x2m)
- 7 levées de 2,00m (ellipse de 12x3m) + 1 fausse Levée



Tablier

Constitué d'une charpente métallique fabriquée chez CIMOLAI en Italie et remorquée à Bordeaux

- Travée d'accès : tri-poutre mixte avec une dalle béton de 22 cm
- Travée levante: dalle orthotrope, 2600 T



Pose des travées d'accès

Mécanismes

Travaux sous traité à NFM technologies

Réseaux

Travaux sous traité à Santerne



Le résultat après 32 mois de travaux....

Alimentation électrique et contrôle de la commande du levage

Eric Lespine, Santerne – Groupe Vinci énergies

Quelques chiffres

ETUDES :	3000 HEURES
PROGRAMMES :	1200 HEURES
CHANTIER :	15 000 HEURES
CHEMIN DE CABLE :	1.4 Km
CABLES :	35 Km
FIBRE OPTIQUE :	2.1 Km
AUTOMATES	1700 points
SUPERVISION	30 vues
LED	1800 ml

