

LA PRESENTATION GENERALE DES TRAVAUX DES LOTS 2 ET 3 DIDIER ESTIEVENART (EIFFEL)

Les systèmes de levage

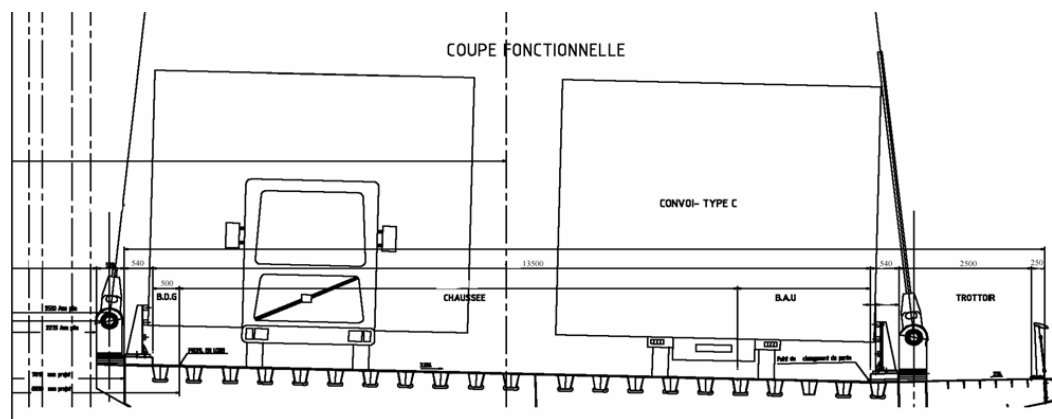


1- Les caractéristiques de l'ouvrage

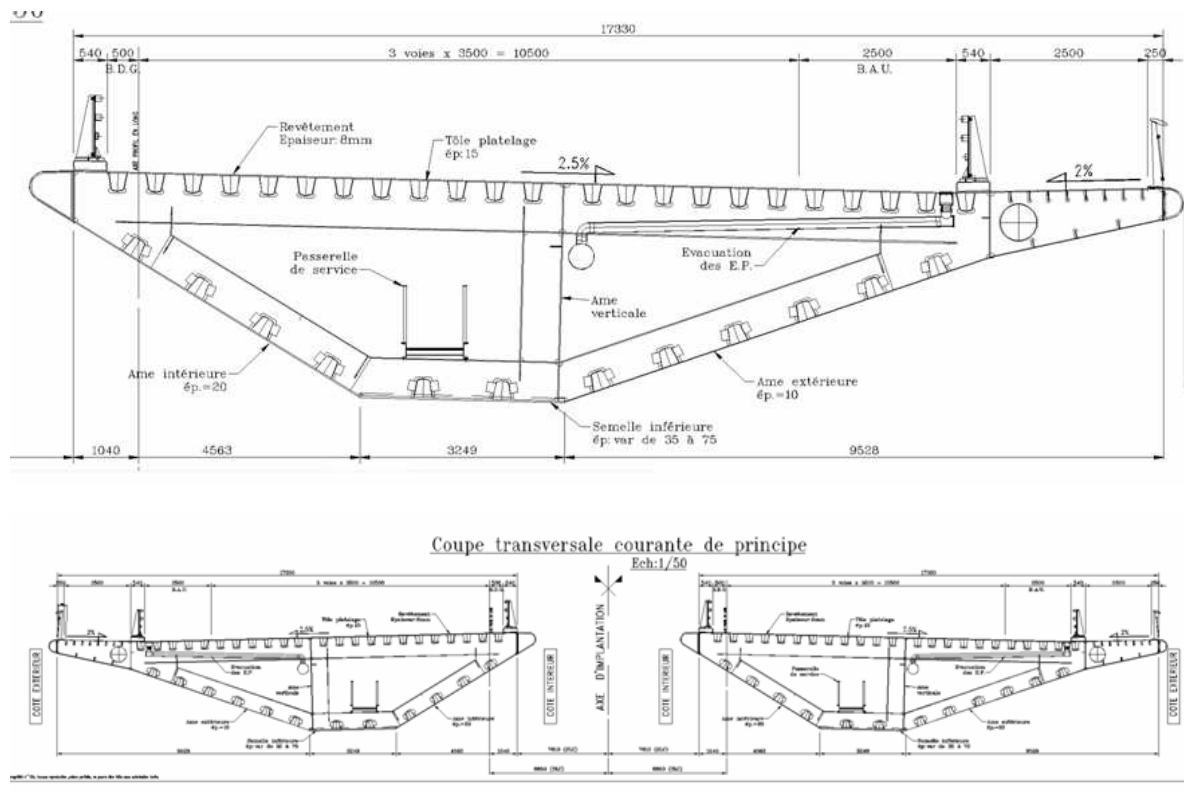
Masse d'un tablier	1300 t
Longueur	119,25 m
Entraxe pylônes	112,9 m
Niveau poulies supérieures	89,5 m
Niveau des appuis des tabliers	14,8 m

Hauteur de levage	45 m
Durée de la manœuvre (montée)	12 min
Vent en manœuvre à 10 m en pointe	42 km/h 65 km/h
Vent extrême	

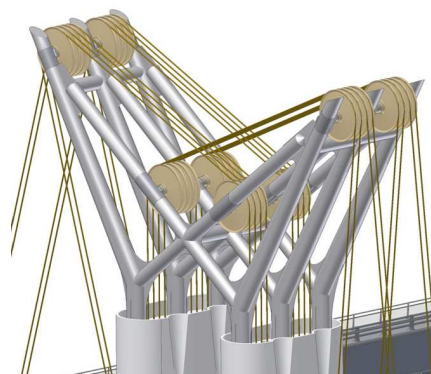
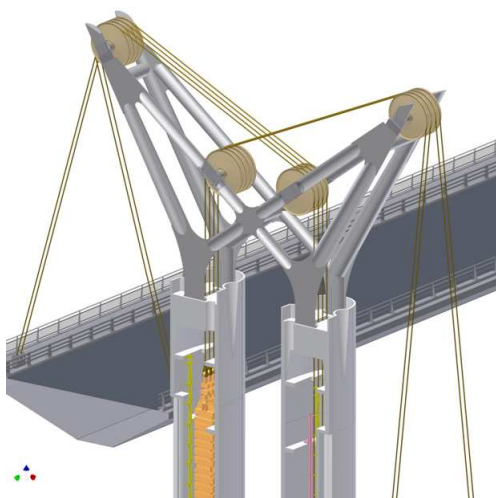
Hauteur h	h=11	h=21	h=55
Vent transversal	21 m/s (76 km/h)	24 m/s (87 km/h)	28,4 m/s (103 km/h)
Vent oblique	18 m/s (65 km/h)	21 m/s (76 km/h)	25,5 m/s (92 km/h)



Profil du tablier



Coupes transversales courantes

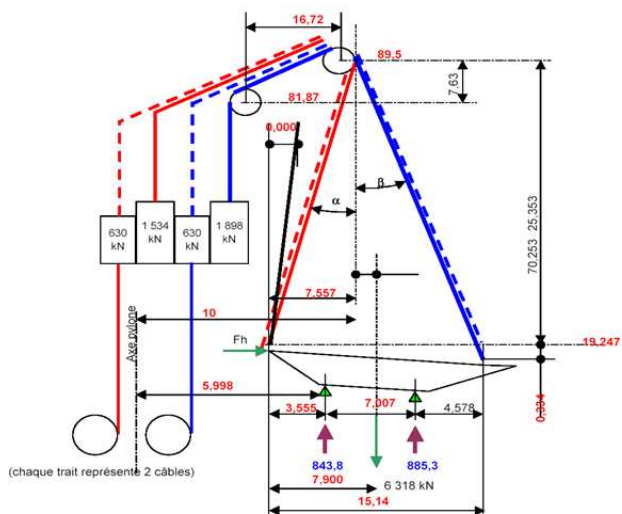


Fournitures principales

2 tabliers	2 x 1300 t
2 papillons équipés	2 x 450 t
Contre-poids	1900 t
8 Treuils	8 x 40 t

Montant du marché

Lot 2 tabliers et papillons	10 M€
Lot 3 mécanismes	17,5 M€



2 - Schéma du système de levage

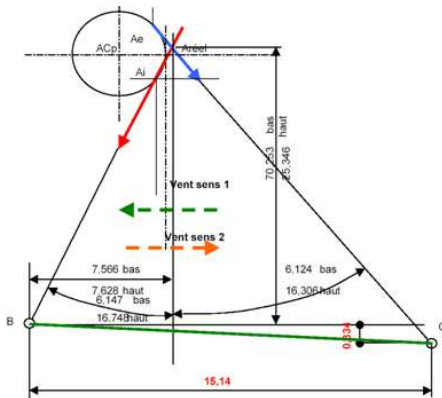
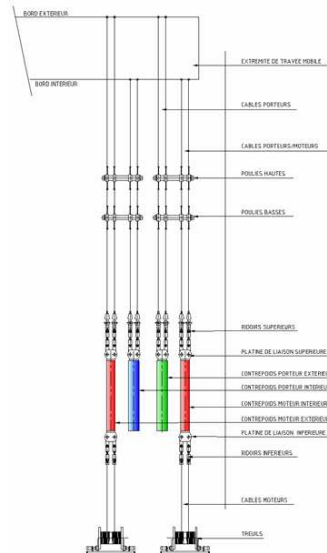
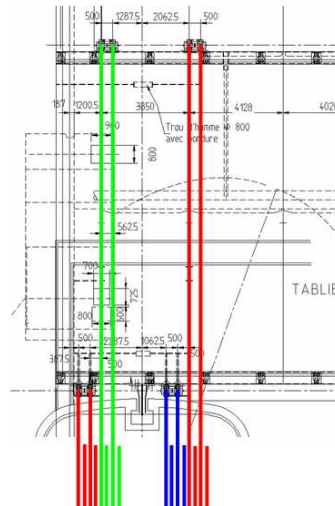
Diamètre des câbles porteurs F 85 mm
 Diamètre des câbles moteurs F 72 mm
 Contre-poids « extérieur » 1898 kN
 Contre-poids « intérieur » 1534 kN
 Contre-poids « moteurs » 630 kN

Excentrement du centre de gravité
 Prépondérance d'appui sur le pylône 30 à 60 kN
 Prépondérance d'appui du tablier en service routier : 3500 kN

Redondance des câbles



Mode de suspension et imbrication des câbles



Effort maxi dans les câbles porteurs
 1150 kN

Effort maxi dans les câbles moteur
 820 kN (statique exceptionnel)
 780 kN (en fonctionnement - en montée)
 470 kN (en fonctionnement - en descente)

Principe du guidage par chariot

Gabarit réduit,
 Tolérances de réglage des rails dans le GC
 rectitude 0,75 mm/m

- répartition des charges sur galets optimisée pour le gabarit
- usinage des rails
- utilisation d'un gabarit pour le montage

3 - Guidage de la travée

Principe

Blocage isostatique de la travée
 Déplacement longitudinal admissible +/- 100 mm pour prendre en compte :

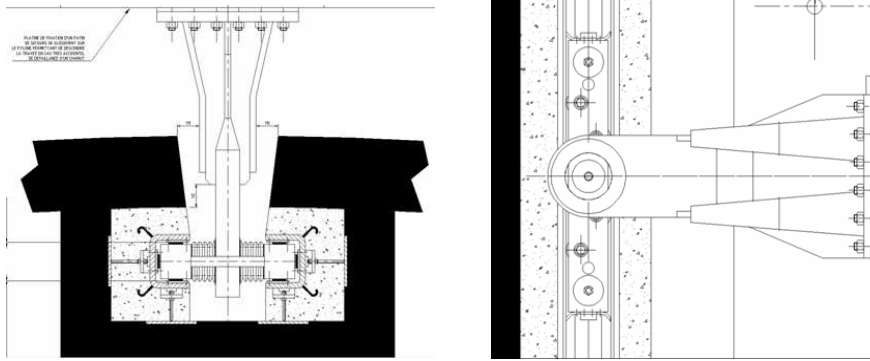
- Dilatation tablier
- Déplacement pylônes (charges de vent)
- Tolérances d'implantation

Efforts sur les guidages

Prépondérance Transversale 37 à 90 kN

En levage :

Transversal 215, -35 kN
 exceptionnel 415, -235 kN
 Longitudinal 140 kN
 exceptionnel 380 kN



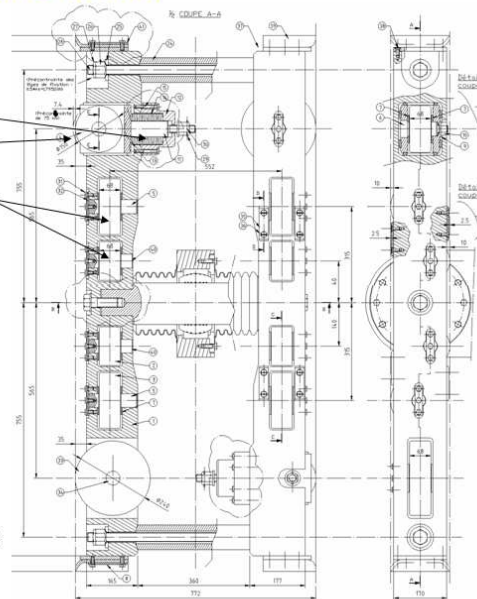
EIFFEL 6^{ème} Franchissement de ROUEN

Conception du chariot de guidage

Système de précontrainte
Guidage longitudinal
Guidage transversal

Stabilité longitudinale
précontrainte des galets de
guidage longitudinal dans les rails

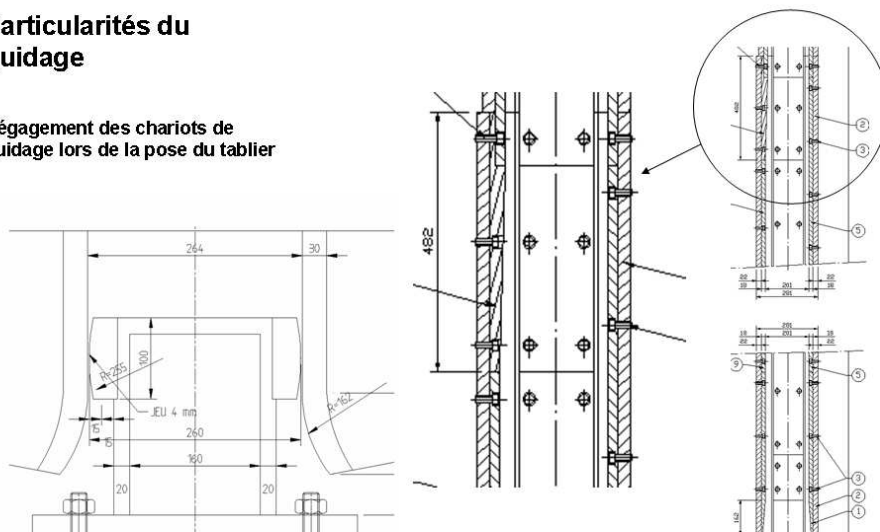
Stabilité transversale
assurée par le décalage du
centre de gravité par rapport au
point de suspension (« plaquage »
du tablier sur le pylône)



 6^{ème} Franchissement de ROUEN

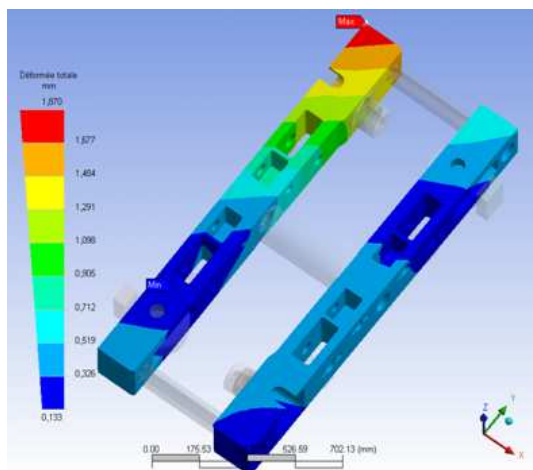
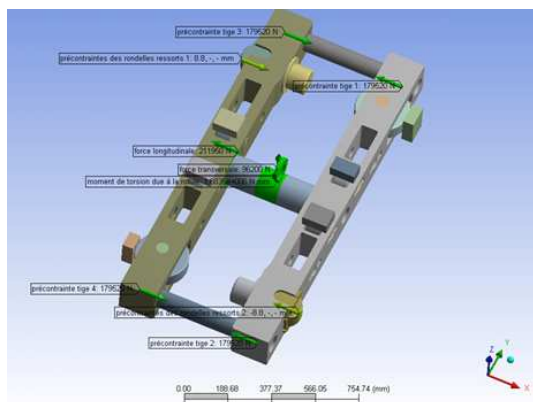
Particularités du guidage

Dégagement des chariots de guidage lors de la pose du tablier



Calcul du chariot

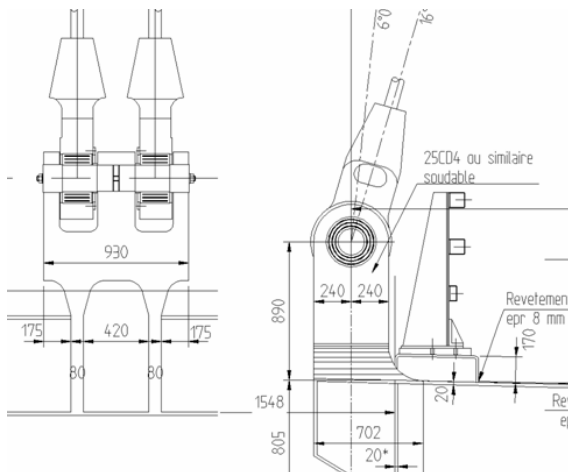
Prise en compte des défauts des rails
Des déséquilibres des charges sur galets
Des situations accidentelles



4 - Suspension de la travée

Grand débattement,
Innovation technique :

Usage d'une rotule élastique
Élimination du risque de grippage de l'articulation



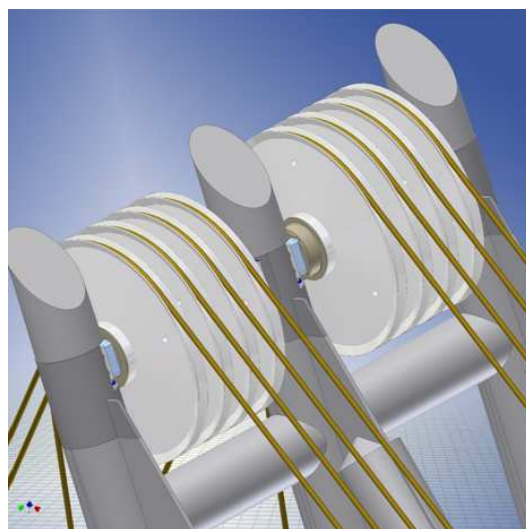
5 - Les blocs poulies

Poulies sur coussinets lisses - Axe revêtu INOX
Frottement minimum entre axe et coussinet pour :

- Minimiser les pertes,
- Assurer la stabilité de l'axe

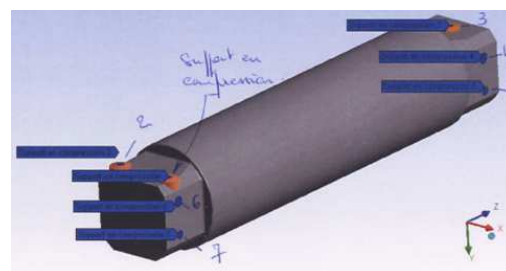
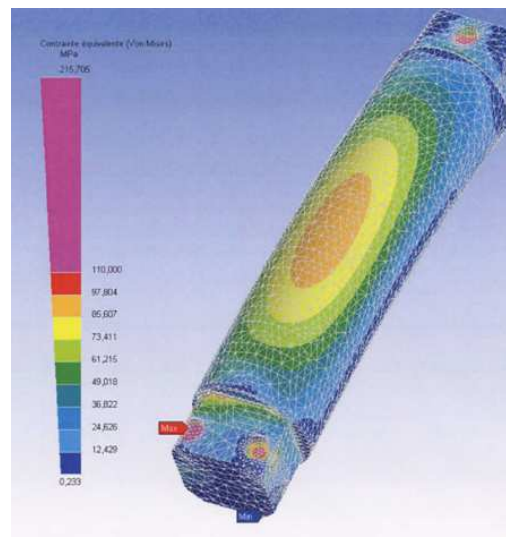
Validation d'un matériau pour le coussinet et l'axe par essais :

- Confirmation du coefficient de frottement
- Détermination des conditions d'usure



Supportage de l'axe :

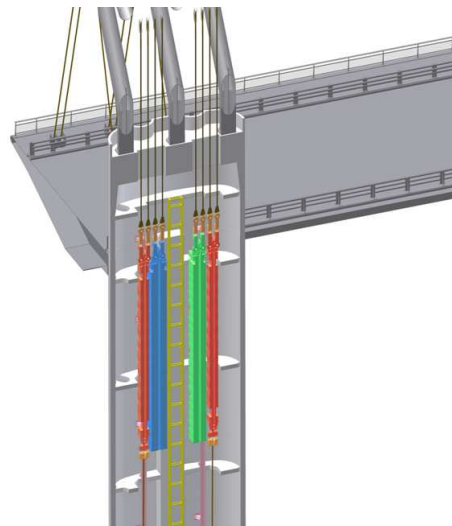
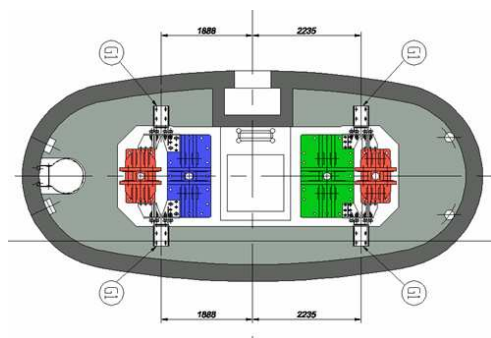
- Appuis isostatiques
- Prise en compte des déformations des structures



6 - Les contrepoids et leurs guidages

Les rails de guidage permettent le maintien des contre-poids dans les trémies à cause

- des gabarits étroits
- des écarts d'implantation des structures (tolérances)
- des déformations des structures sous les sollicitations
- du maintien vertical en cas de rupture d'un câble.



Equilibrage des tensions par l'élasticité des câbles

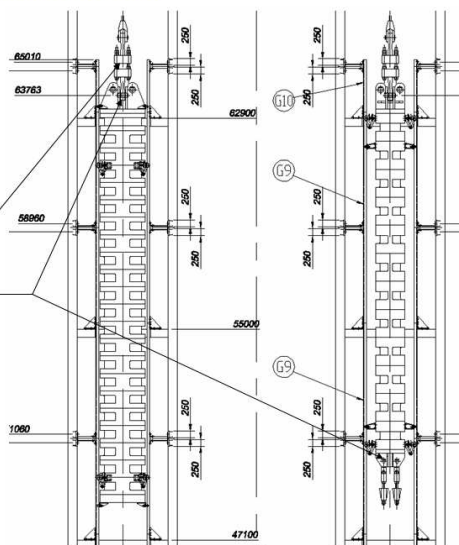
Évolution de la longueur des câbles

Réglage de la longueur des câbles et de la tension

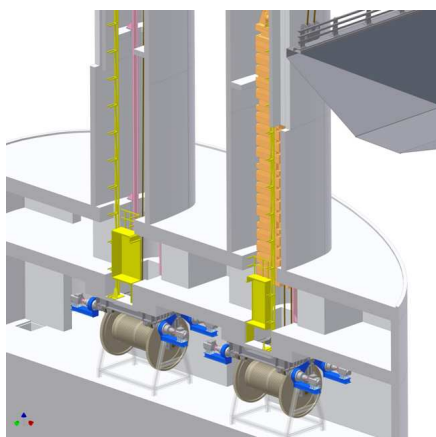
Ridoirs

Mesure des tensions par axes dynamométriques

Masse totale des contre-poids :
~ 1900 t



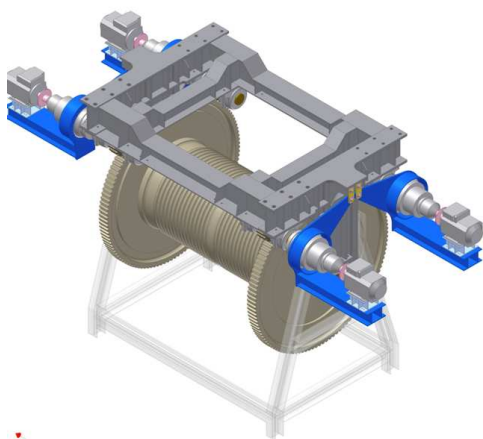
Jonction avec les treuils de levage



7 - Les treuils

Caractéristiques techniques des treuils

Nombre	8
Masse d'un treuil	40 t
Diamètre du tambour	1,6 m
Diamètre de la couronne	3,0 m
Vitesse de rotation tambour (vitesse de levage ~ 4,1 m/min)	0,8 tr/min
Couple maxi de sortie du réducteur (en fonctionnement normal)	42 kN.m
Couple maxi au tambour	1300 kN.m
Puissance du moteur installé	35 kW



Caractéristiques techniques des treuils

Rigidité déformations minimisées

→ longévité engrenage

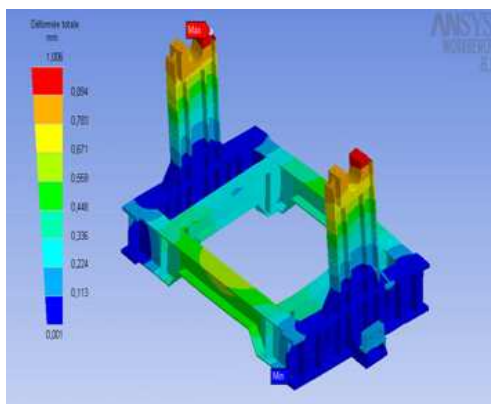
Particularité : montage arbre pignon flottant
treuils en plafond
ancrage réduit
→ sécurité accrue

Redondances et Modes de marche

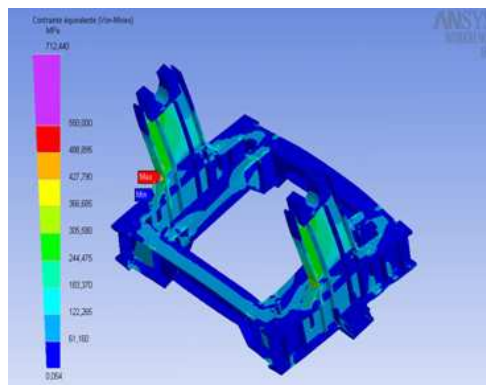
normale

dégradées : rupture de câble
défaillance d'un ou deux moto
réducteur
défaillance d'une couronne
de l'alimentation électrique
d'un variateur
d'un banc de charge
d'une ventilation

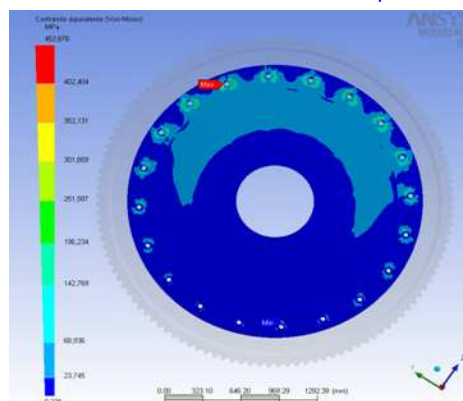
Synchronisation locale (par treuil)
par tablier
pour l'ensemble des deux travées



Déformation minimisée du châssis du treuil



Contraintes faibles - sécurité à la rupture : 5



*Répartition des efforts de fixation de la couronne
sur le flasque du tambour*

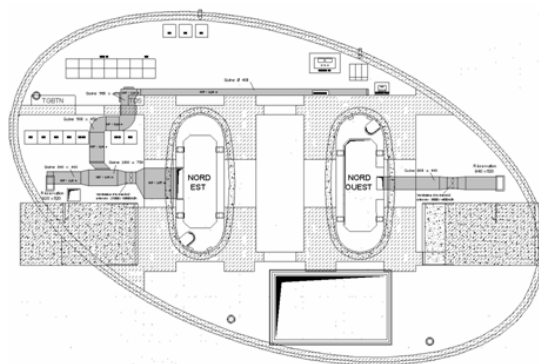
8 - Equipements divers

Ventilation (FORCLIM) ventilation des locaux
électriques et évacuation de l'énergie de descente des
tabliers

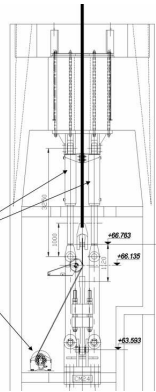
1 ventilation 21000 m3/h en descente, 10500 m3/h
nominal

1 ventilation 9000 m3/h en descente, 4500 m3/h
nominal

(en descente ~ 300 MJoules à évacuer)



Ventilation
Ascenseurs
Pompes d'exhaure
Anti-intrusion surveillance
Sécurité incendie
Poste de contrôle
Equipement de montage
vébins, (~ 100 t)
Treuils, (~ 9 t)
Centrales hydrauliques
manutentions diverses

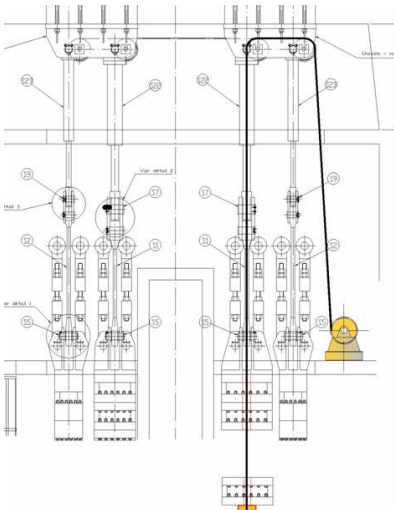


9 - Montage

Constitution des contre-poids

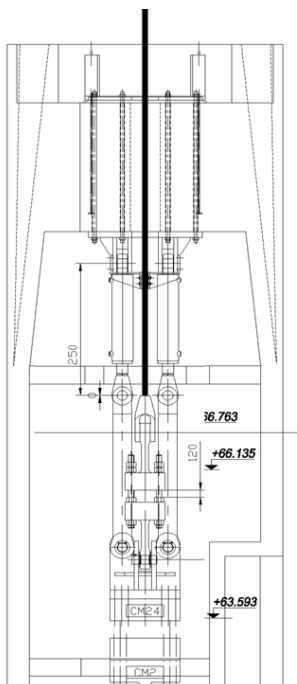
Montage des treuils

Introduction par la trémie



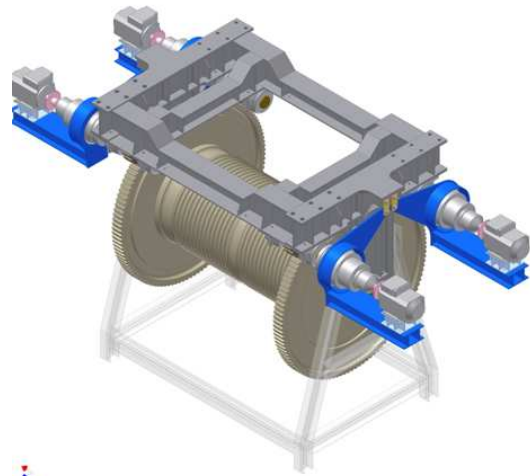
Tirage des câbles

Jonctionnement des câbles



Ripage sur coussin d'air

Vérinage et fixation en plafond, calage

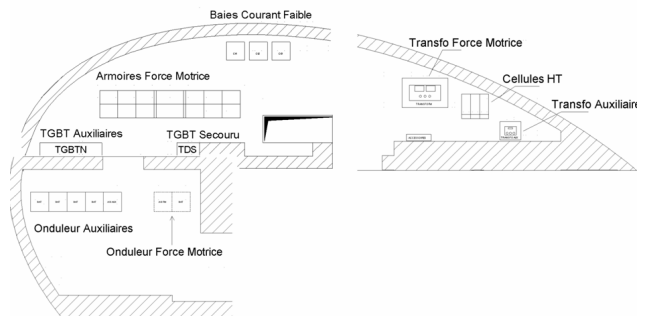


10 - Le contrôle - commande

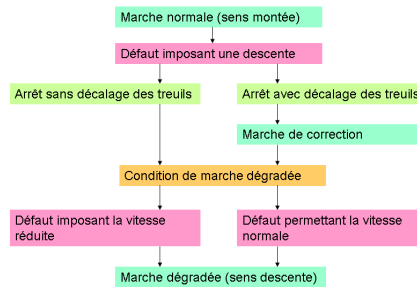
Implantation du matériel électrique

EIFFEL / STEN

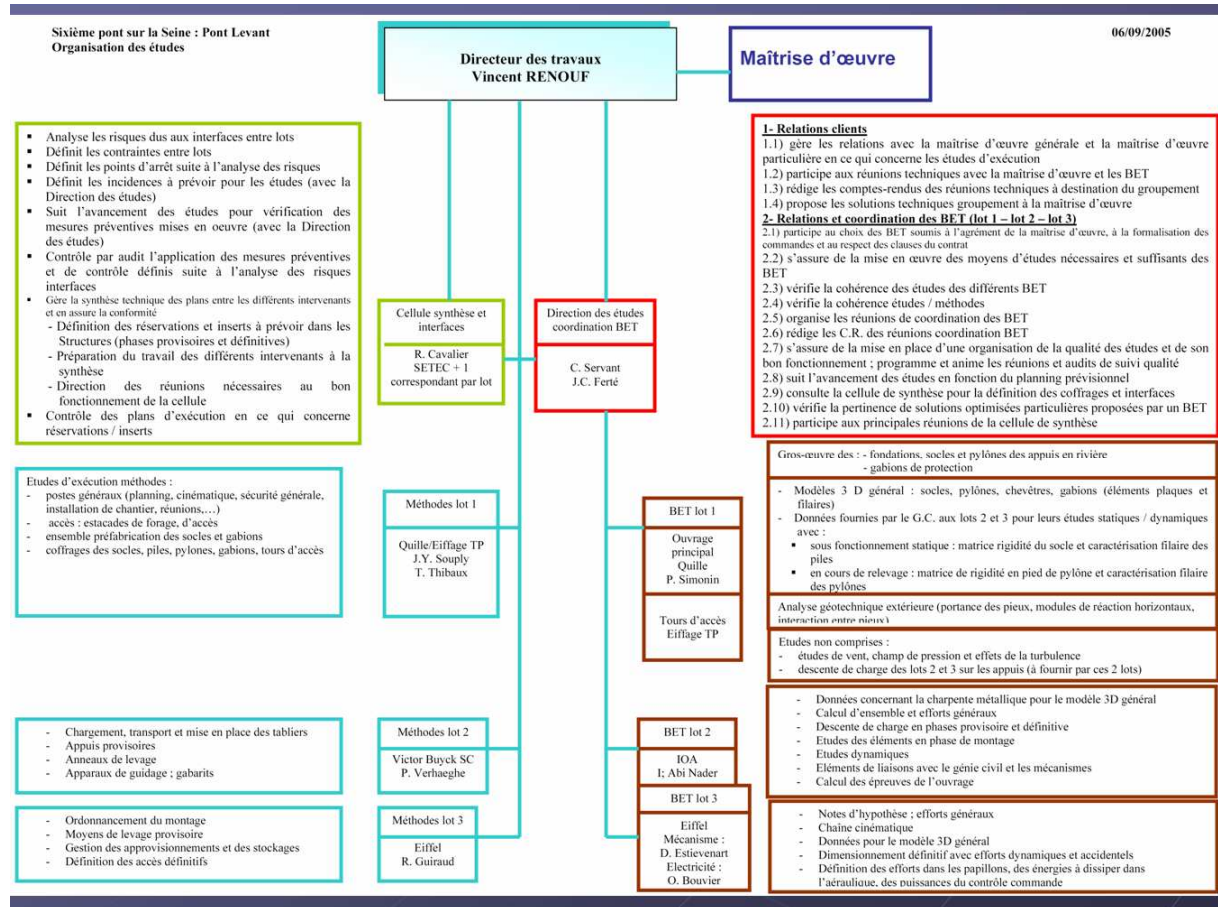
Puissance installée 1600 kVA



Contrôle des Modes de Marche



LA PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES ÉTUDES D'EXÉCUTION CLAUDE SERVANT (EIFFAGE TP)



LES ÉTUDES DE STRUCTURE ÉTUDES LOT 1 GÉNIE CIVIL PIERRE SIMONIN (QUILLE)

Le découpage des études

Les études d'exécution se décomposent en cinq parties principales :

L'étude des appuis en béton socles, piles et pylônes.

L'étude des gabions.

L'étude des ouvrages métalliques tablier en dalle orthotrope et papillons.

L'étude des équipements et mécanismes

L'étude des tours d'accès sur quais.

Principales dimensions de l'ouvrage :

Portée entre appareils d'appui 116.75 m

Distance entre pylônes 112.90 m.

Tablier de largeur 17.33m

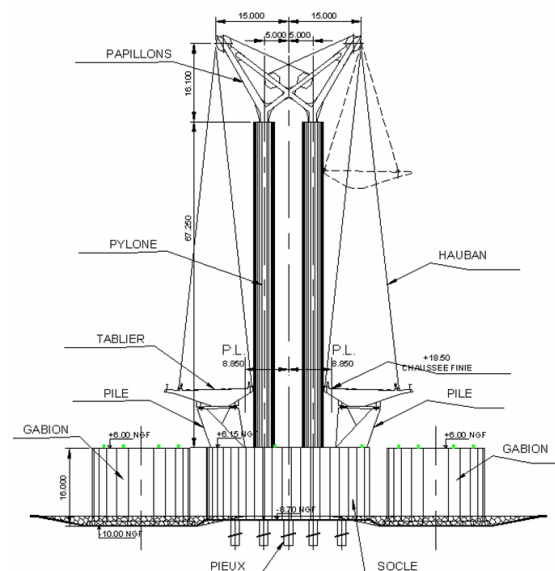
dégageant passage du gabarit fluvial de 70*7 m au gabarit maritime de 86*55 m par levage de la travée de 45.23 m

Socle « elliptique » de 34.80*19.80 par 15 m de hauteur orienté suivant l'écoulement de la Seine reposant sur 18 pieux de 1800.

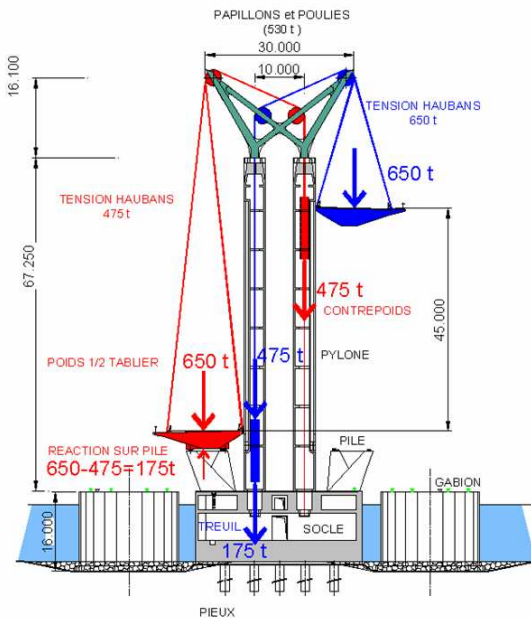
Pylônes de 66.30 m de hauteur en forme « elliptique » de 9.50*4.35 m

Papillons de 16.10 m de hauteur pour un poids de 525 tonnes.

Gabions circulaires de 20m de diamètre et 16 m de hauteur pour la protection de l'ouvrage principal contre les chocs de bateaux de 4000 t.



Le fonctionnement de l'ouvrage



Les cas de charges

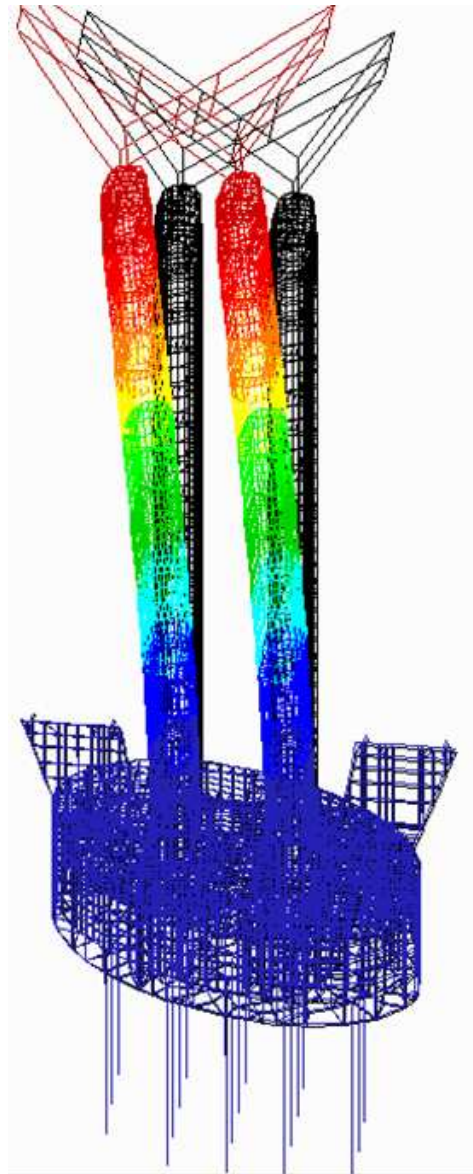
- Poids propre de la partie béton (1 socle 11275 t + 2 piles 1165 t + 2 pylônes 5290 t soit 17730 tonnes)
- Poussée Archimède sur le socle (-7730 t à -4415 t correspondant à 5 m de marnage)
- Poids propre des travées levantes, des viaducs d'accès et des papillons (2900 t) (combinaisons suivant le nombre de tabliers levés et les caractéristiques des travées d'accès de 50 à 72 m)
- Charges routières sur les tabliers (combinaisons entre les travées d'accès et le tablier principal pour obtenir les enveloppes) Rmax deux piles 1200 tonnes. Freinage et dilatation sur le côté rive gauche
- Enveloppe du vent turbulent transversal et longitudinal avec un ou deux tabliers en position haute ou en position de service. Vent de levage (65 km/h) et vent extrême en accidentel.
- Blocage des efforts horizontaux en position basse sur l'appui intérieur.
- Choc de bateau de 2000 tonnes suivant plusieurs directions et les deux niveaux de marée extrêmes.
- Gradient thermique entre les faces opposées des pylônes. ($Dq = 4^{\circ}\text{C}$).
- Charges de maintenance de changement des contreponds.
- Efforts d'appui du bras de tablier en montée.

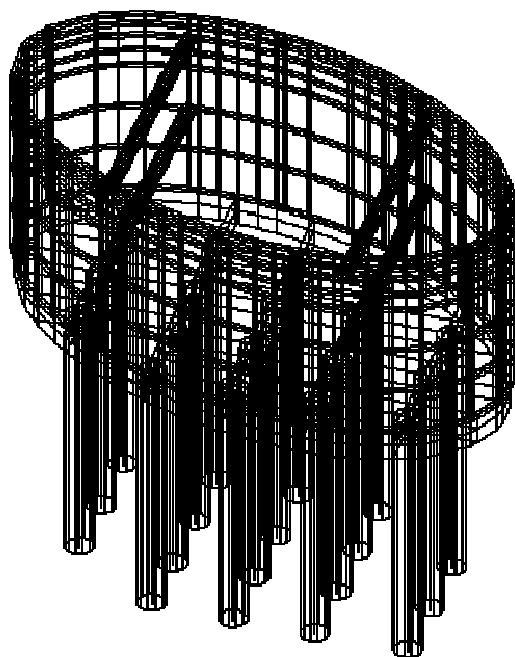
Les modélisations de l'ouvrage

- Réalisation d'un modèle complet d'un appui avec ses deux pylônes reliés par les papillons, le socle, les piles et les pieux. Le choix d'un modèle

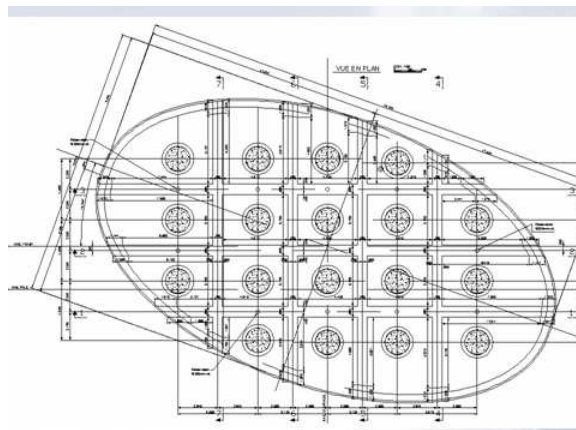
complet permet d'assurer la cohérence entre les interférences des différentes parties de l'ouvrage.

- Modélisation des raideurs de sols sur les pieux, pour l'évaluation des déplacements (6.5 cm en tête de pylône sous vent maximal).
- Modèle comportant des coques épaisses avec 9200 nœuds+9000 éléments surfaciques + 8740 charges.
- Modélisation permettant d'appréhender le cheminement des efforts, en particulier dans le socle avec l'effet de cerce de la jupe. Les calculs ont été validés et complétés par des approches simples en bielles.
- Examen des intersections de plaques pour cohérence sur les descentes de charges (éléments rigides de poids nuls).
- Modèles partiels pour la justification des phases provisoires.





- Dépose des deux premiers butons et réalisation du socle jusqu'au niveau supérieur de la dalle intermédiaire.
- Dépose des deux derniers butons et réalisation du socle jusqu'au niveau supérieur de la dalle haute.

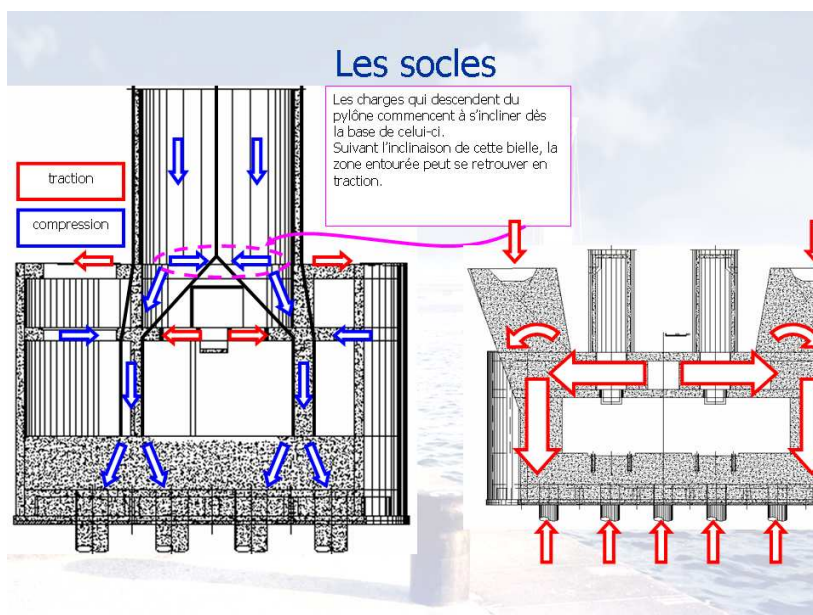


Le phasage du socle

- Éléments préfabriqués de 0.20 m suspendus et clavés.
- Complément de 0.30m pour obtenir une dalle de 0.50 m
- Réalisation d'un réseau de raidisseurs de 1.10 m de hauteur entre pieux.
- Prise en charge par les vérins.
- Réalisation de la jupe d'épaisseur 0.50 m sur 14.20 m de hauteur. Pose de quatre butons sur deux niveaux.
- Descente du socle dans l'eau et coulage du béton immergé entre les raidisseurs (épaisseur du radier constitué = 2.00 m).
- Vidange de l'intérieur du socle et réalisation du radier final de 3 m permettant la transmission par bielle des descentes de charges.

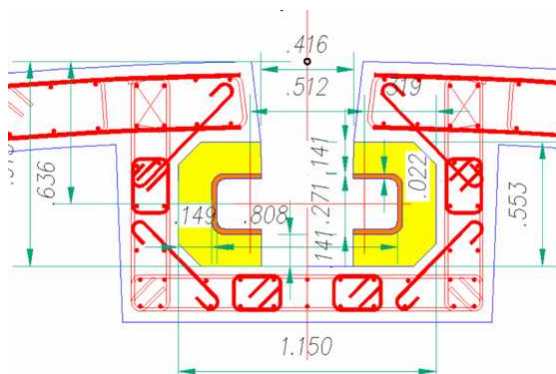
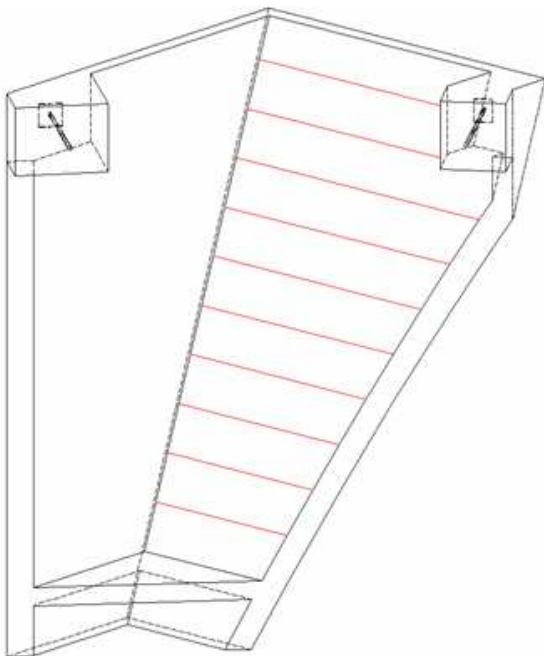
Les fondations

- Mise au point des hypothèses avec mission de Terrasol pour les pieux forés, les pieux battus des gabions et des estacades.
- Sous chacun des socles 18 pieux F 1800.
- Les pieux sont gainés sur toute la hauteur des alluvions jusqu'au calcaire franc (soit environ 6 m).
- Charge maximale par pieu en service 1000 tonnes à l'ELS QP, 1200 tonnes à l'ELS rare et 1660 tonnes à l'ELU.
- Charge minimale de traction en phase provisoire -210 tonnes ELS et -300 tonnes en phase de vidange du socle après le béton immergé, situation la plus contraignante pour les armatures de pieux.
- Phases provisoires : transmission des efforts de compression et traction dans les pieux par connexion aux gaines des pieux.



Les piles

- Pour les piles en excroissance, réalisation d'une coque préfabriquée et précontrainte par 48 torons T155 grainés graissés (24 unités bouclées).
- Calcul des piles sans les câbles



Les interfaces

- Descentes de charges du tablier levé (horizontaux et verticaux)
- Descentes de charges des papillons et poulies.
- Descentes de charges des travées d'accès.
- Efforts de guidage pour la levée des tabliers.
- Efforts et réservations sur les pylônes pour le montage et l'entretien.(contreponds).
- Traversée sous fluviale pour passage des réseaux.
- Attache des papillons par tiges précontraintes.
- Positionnement des inserts (treuils, alimentation guidage, mats d'ascenseur, rail de guidage des contreponds, rails de manutention, passerelles...).

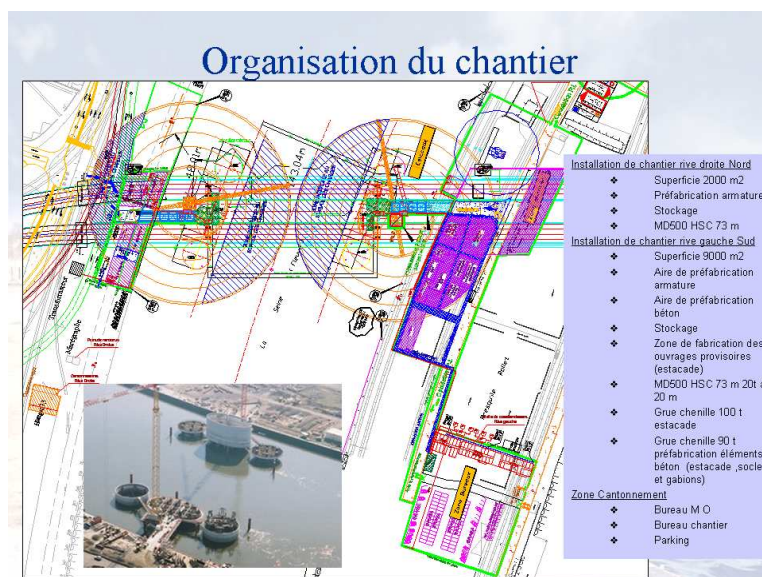
Les pylônes

- De par la conception de l'ouvrage les charges restent quasiment centrées sur le pylône → Les armatures minimales suffisent
- Calcul au flambement des pylônes.
- Calcul du rail de guidage sous efforts des galets du bras de guidage du tablier.
- Dalles intermédiaires préfabriquées

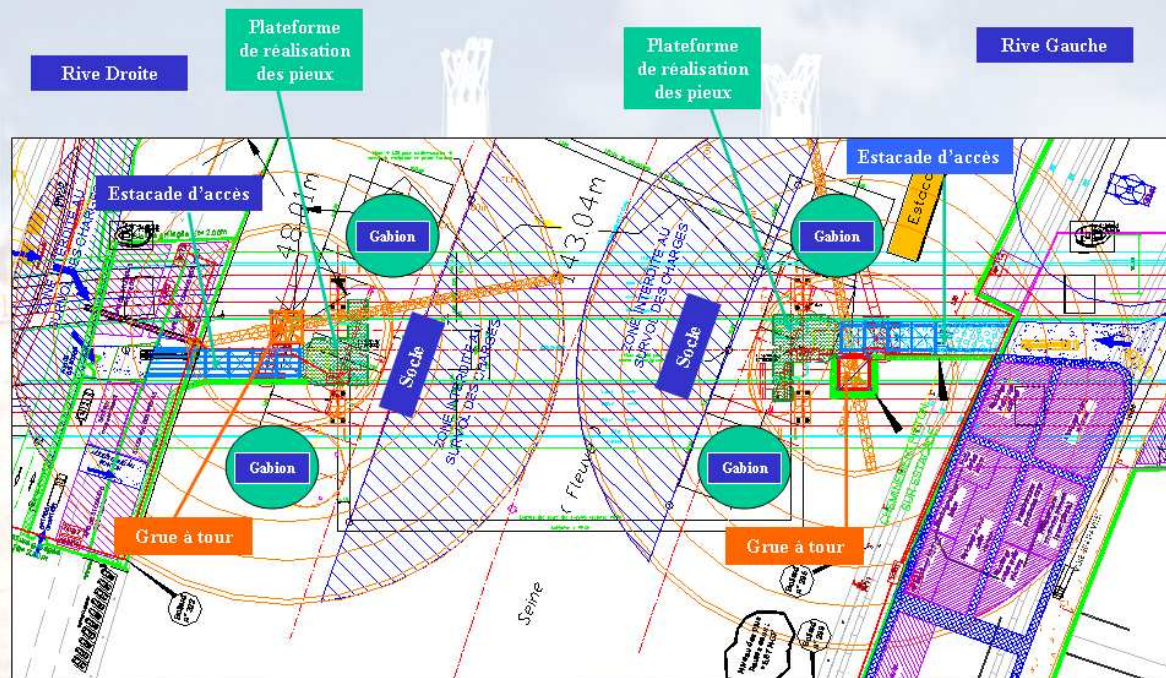
Quelques quantités

- 36 Pieux = 1550 m³ béton et ratio de 70 kg par m³
- 2 Socles = 9100 m³ béton et ratio de 130 kg par m³ (dalle inférieure avec raidisseurs 300 kg par m³)
- 4 Piles= 940 m³ béton et ratio de 70 kg par m³
- 4 Pylônes= 2600 m³ béton et ratio de 135 kg par m³
- 4 gabions= 6150 m³ béton et ratio de 120 kg par m³

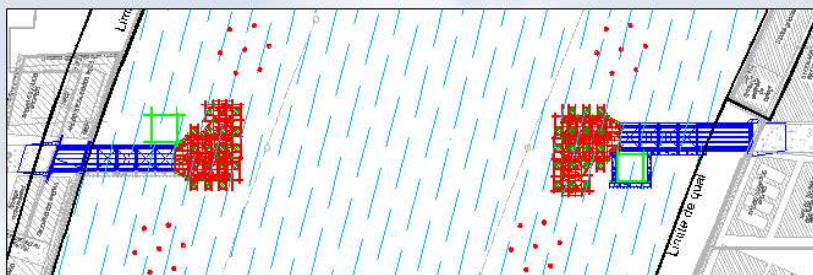
LES MÉTHODES DES OUVRAGES PROVISOIRES ET DES COFFRAGES JEAN-YVES SOUPLY



Installation de chantier



Les accès aux socles



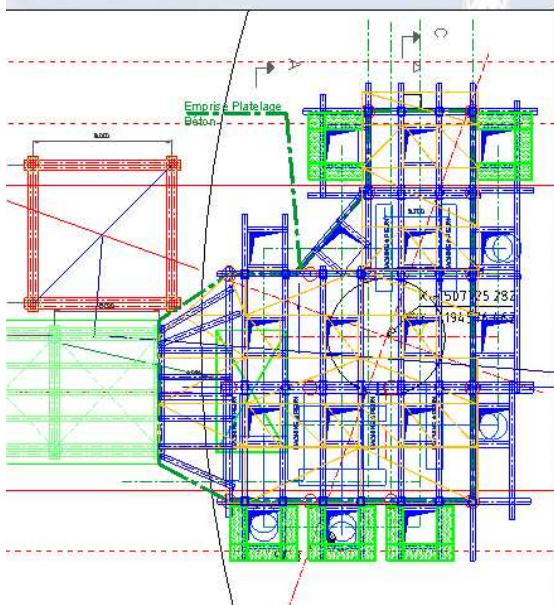
- Deux chantiers en Seine situés à 40 m des berges
- Solution construction en place
- Accès aux socles par deux estacades
 - Pour les travaux de génie civil
 - Pour les approvisionnements des mécanismes, treuils...
- Accès provisoires temporaires pour la réalisation des fondations profondes du socle

Les accès aux socles



- Estacades : Longueur 2 x 40 m
 - Tube métalliques battus (diam 863 mm – long 21.50 m)
 - Structure longitudinale profilés heb500
 - Platelage en dalles béton préfabriquées
 - Largeur 8.30 m
 - Marnage de la Seine
 - Profilés + tubes : 360 tonnes
- Capacités estacade : grue 200 t chenilles (appo treuils de levage)
- Rive droite appui sur quai existant
- Rive gauche passe au dessus des quai existants (quais non renforcés)
- Réalisation :
 - Battage des tubes avec moyens terrestres à l'avancement (grue 100 t)
 - Marteaux hydraulique sc70
 - Ensembles « contreventement guides » préfabriqués sur site

Estacade pour Réalisation des pieux du socle



Deux Estacades provisoires utilisées pour la réalisation des 18 pieux définitifs de diamètre 1800 :

- Surface évolution : 2x300m2
- Profils + tubes : 350 tonnes
- Platelage en dalles béton amovibles (passages chemises pieux 1800)
- Capacité : Grues sur chenilles 100 t pour fondation



- 9 pieux dans emprise platelage
- 9 pieux hors emprise platelage

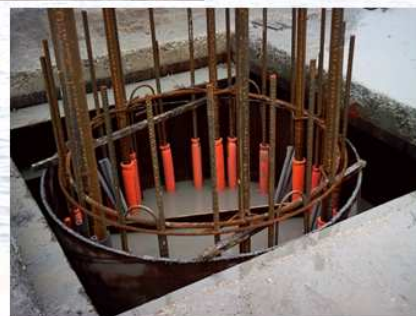
Estacade pour Réalisation des pieux du socle



Forage pieux 1800



Bétonnage pieux 1800



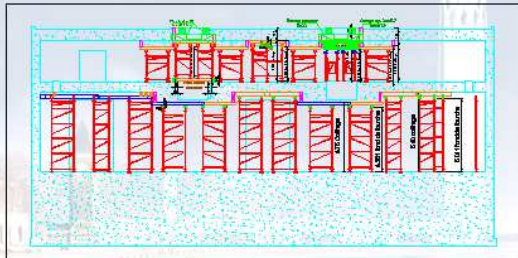
• Platelage en dalles béton amovibles (passages chemises pieux 1800)

Réalisation de l'intérieur des socles

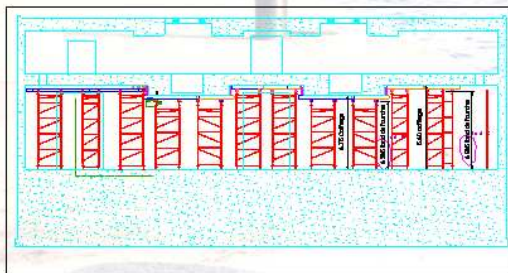
- Bétonnage béton immergé
- Réalisation radier
- Voile intérieure



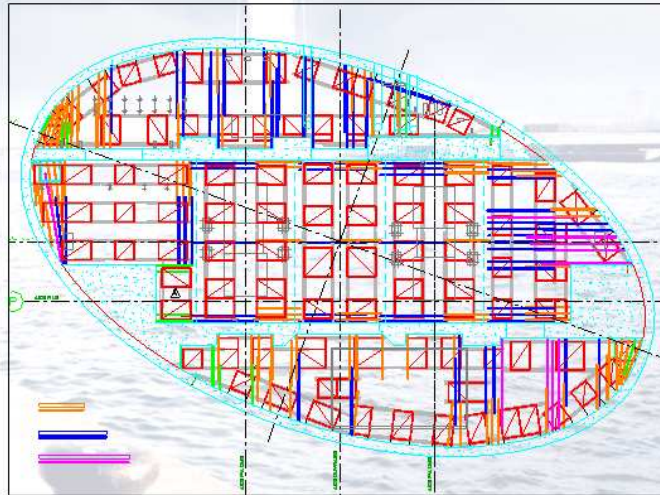
Réalisation de l'intérieur des socles



Étalement coffrage Dalle supérieure



Étalement coffrage Dalle intermédiaire



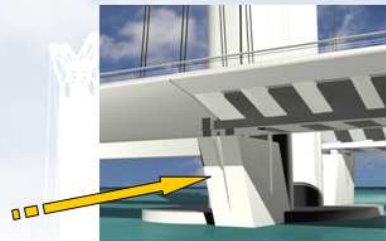
Réalisation des piles

Pile support de la travée métallique :

- ✧ Coque préfabriquée brulée sur la jupe 17 t
- ✧ Précontrainte dans dalle supérieure

Deuxième levée :

- ✧ Coulée en place
- ✧ 1 levée de 8 m
- ✧ Console métallique + platelage

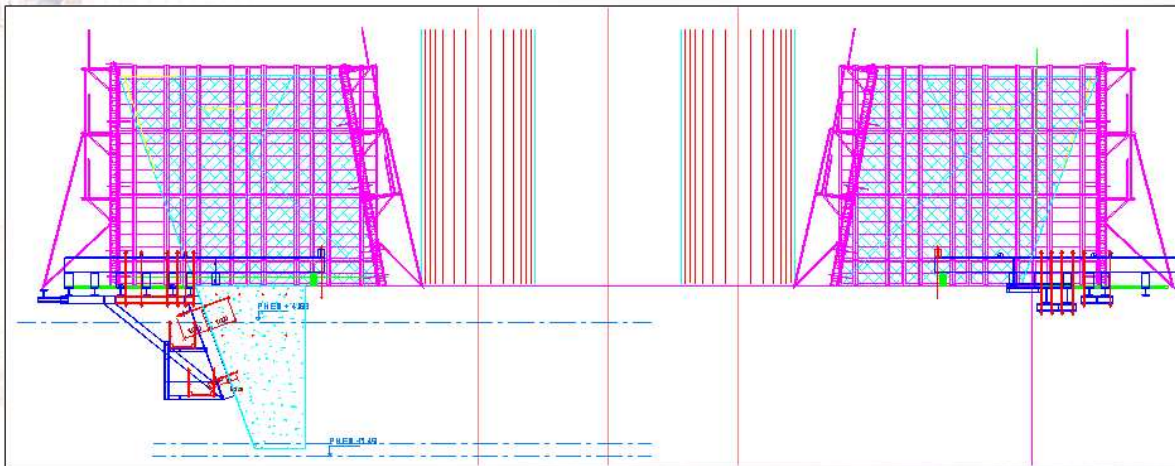
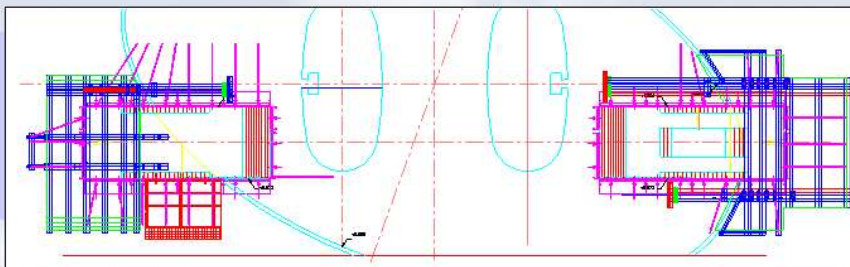


Pose coque préfabriquée avant descente du socle

Réalisation des piles

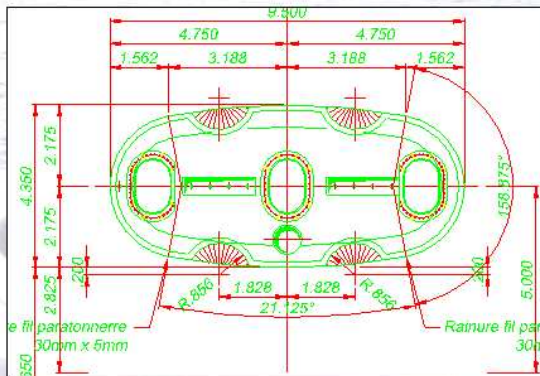
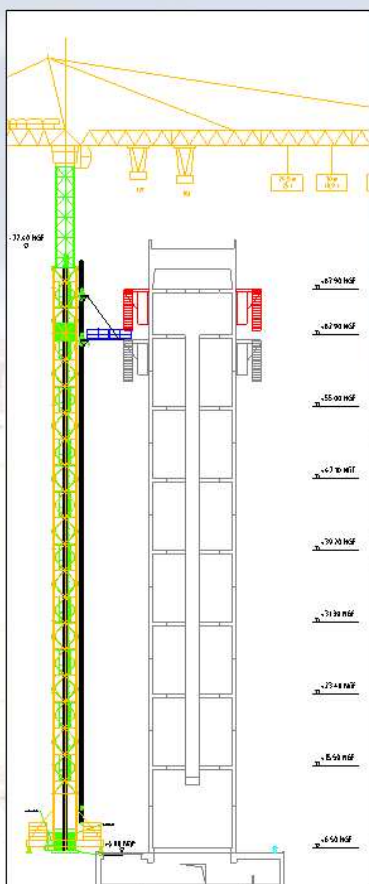
Deuxième levée

- ☑ Coulée en place
- ☑ 1 levée de 8 m
- ☑ Console métallique



Réalisation des pylônes

- 1 levée de 5.50 m
- 13 levées de 4.00 m
- 2 levées de 5.50
- intégration dans le cycle de la pose des paliers intermédiaires préfabriqués .
- Utilisation des planchers intermédiaires comme support de coffrage intérieur .
- Matériel de coffrage par rives :
 - 2 passerelles périphériques monobloc
 - 2 noyaux intérieurs
 - 1 coffrage extérieur



Réalisation des pylônes

Coffrage extérieur

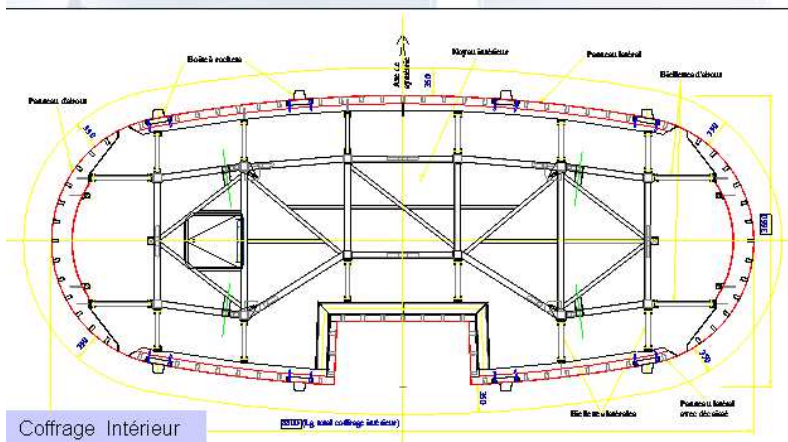


- Utilisation d'un Coffrage coque sans tiges traversantes, levée de 4 m et 5.50 m .
- Ensemble comprenant :
 - 2 demie coques extérieures 2 x 8.4 t
 - 1 ensemble console + passerelle de ragréage
 - 1 noyau intérieur rétractable
 - 1 plateau à rochets intérieur
 - Fab CTLM

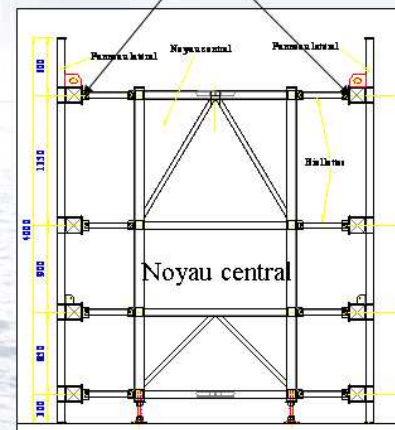


Coffrage sans tiges traversantes

Coffrage Intérieur position coulage



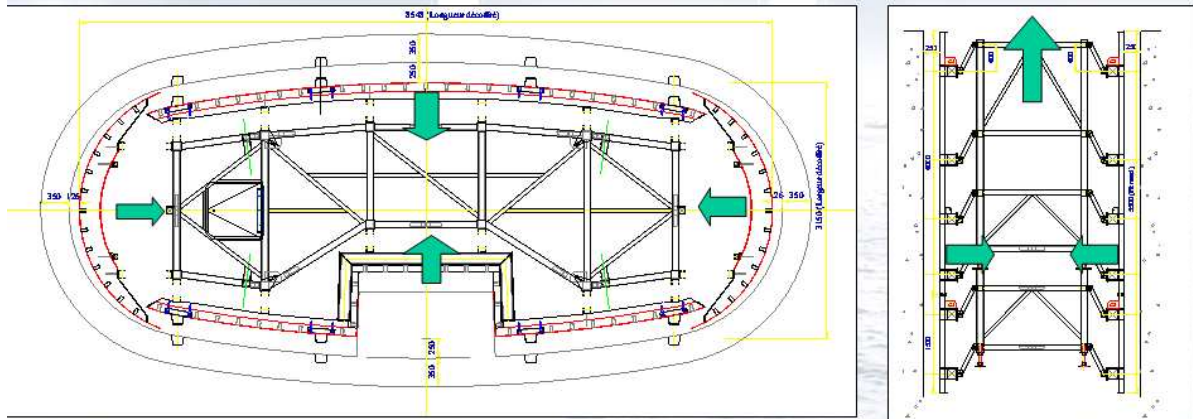
2 panneaux articulés



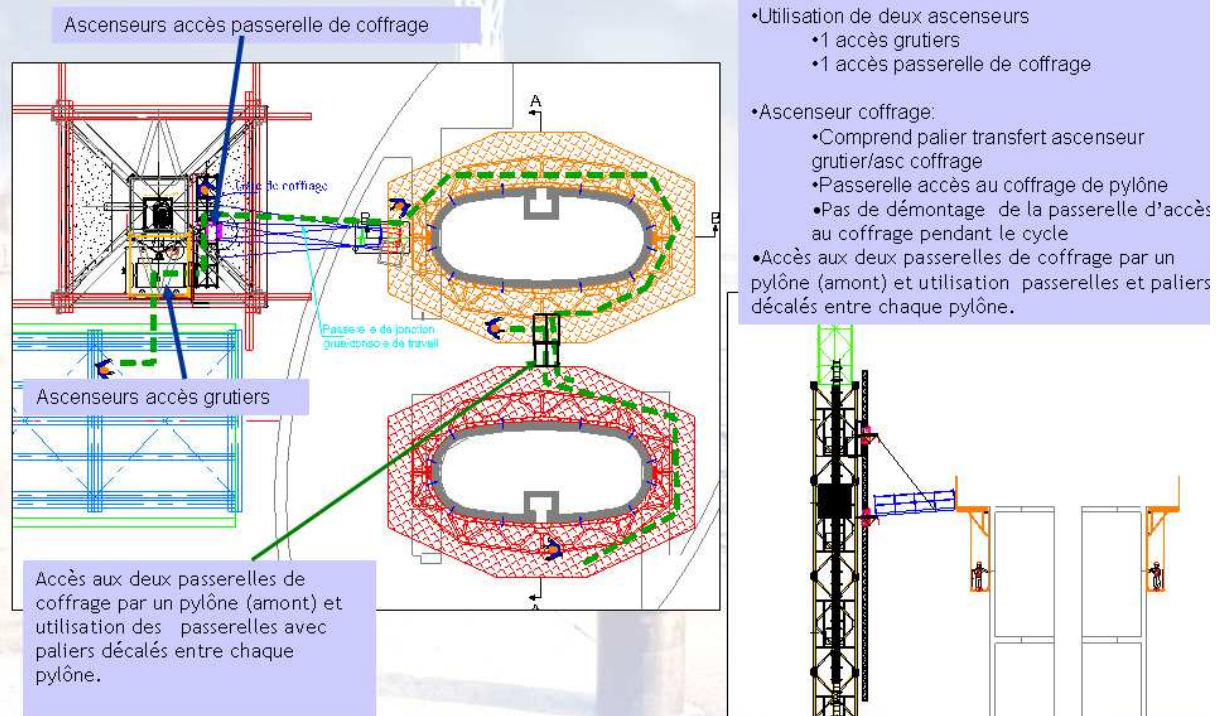
4 panneaux articulés sur un noyau central

Coffrage sans tiges traversantes

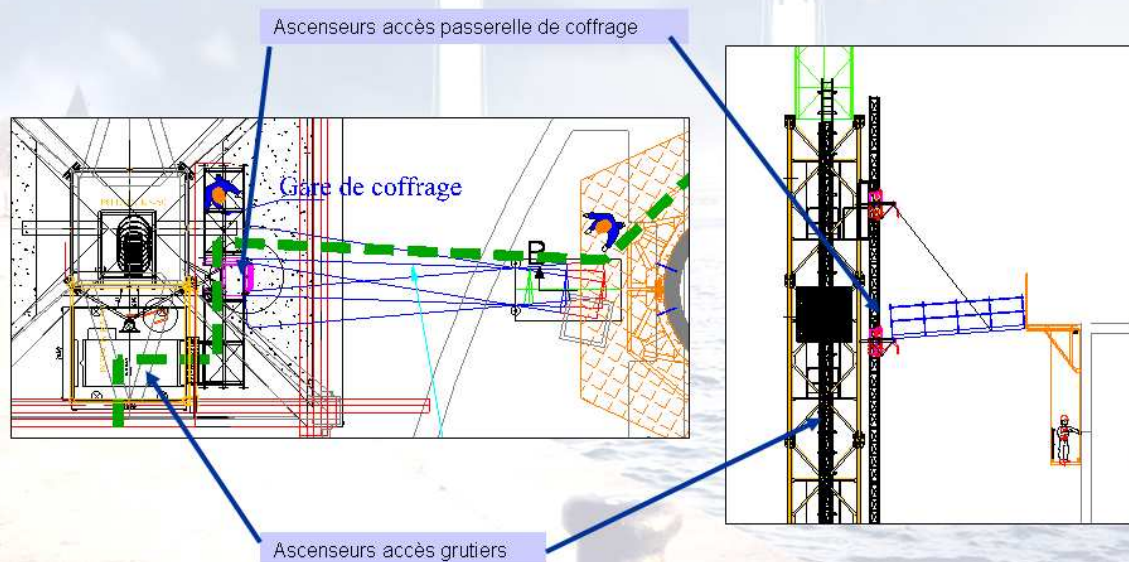
Ensemble intérieur en position Décoffrage



Les accès aux coffrages de pylônes



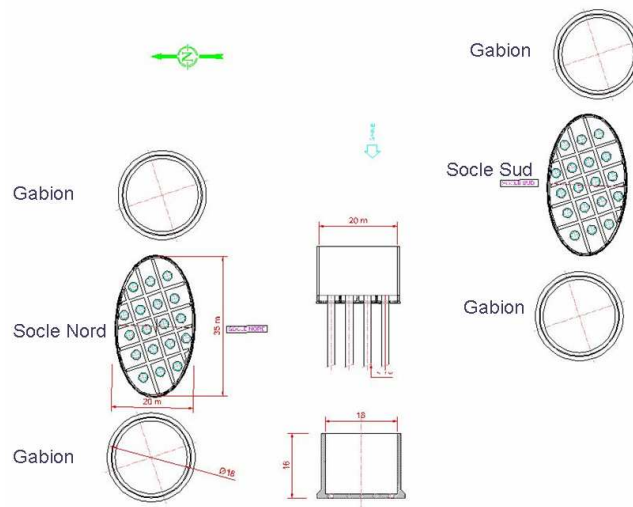
Les accès aux coffrages de pylônes



REALISATION DES SOCLES ET GABIONS



LES MÉTHODES DE CONSTRUCTION DES SOCLES ET GABIONS THIERRY THIBAUD (EIFFAGE TP)



Fondations : les solutions possibles

- Batardeau en palplanches
- Construction en cale sèche
- Construction sur ascenseur
- Construction sur quai + grue 3000t
- Utilisation d'une plateforme autoélevatrice

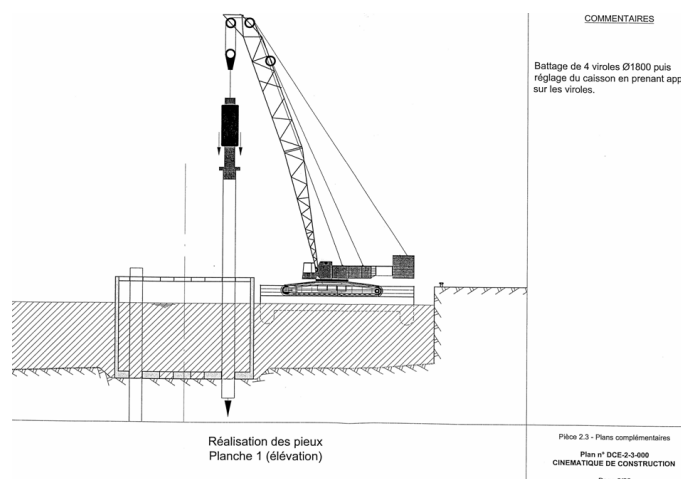
Batardeaux en palplanches : Inconvénients

- Pression d'eau 18m
- Forme ovale défavorable (socles)
- Espace intérieur entièrement occupé par des locaux techniques -> conflit avec les liernes et butons
- Sécurité du personnel (choc de bateau)
- Délai
- Prix : 1700 tonnes de palplanches



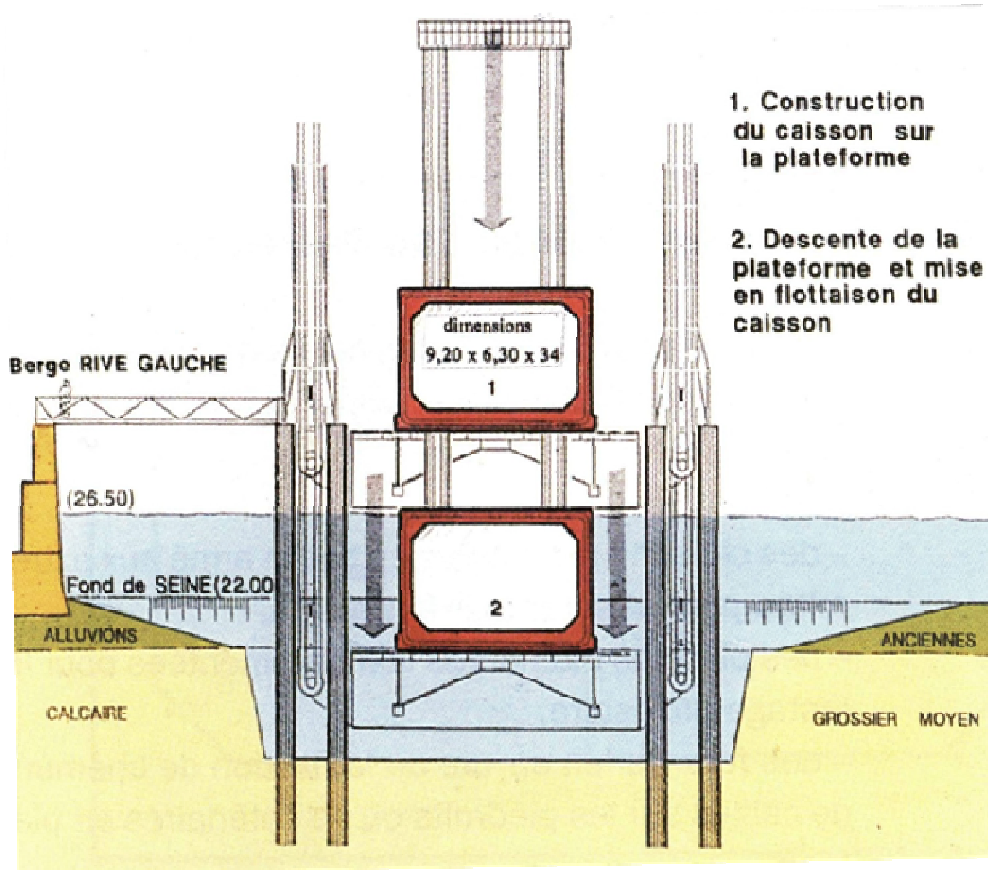
Construction en cale sèche (Le Havre) : Inconvénients

- Instabilité des gabions en flottaison
- Positionnement avec marée+courant
- Délai plus long = les pieux ne peuvent être réalisés qu'après pose des caissons.



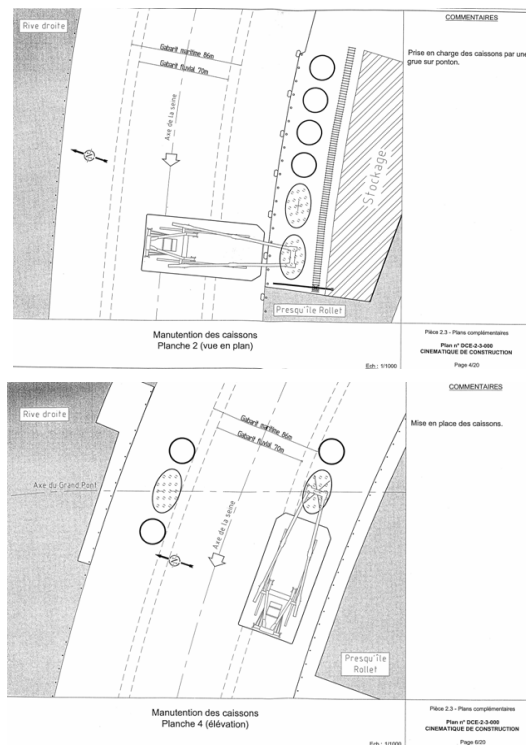
Construction sur ascenseur : Inconvénients

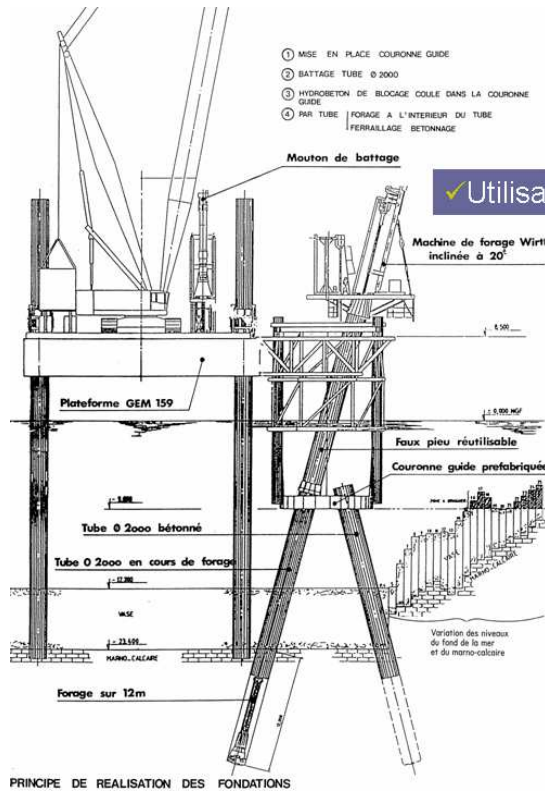
- Coût important de l'ascenseur (socle large)
- Instabilité des gabions en flottaison
- Positionnement avec marée+courant
- Délai plus long = les 6 structures sont réalisées successivement.



Construction sur quai + grue 3000 T : Inconvénients

- Renforcement nécessaire du quai...
- Délai plus long = les 6 structures sont réalisées successivement puis posées groupées.
- Mobilisation coûteuse d'une grue flottante
- Incidence sur le trafic





✓ Utilisation d'une plateforme autoélevatrice

(Pont de l'Île de Ré)-(Bouygues)



*Expérience du Pont de Normandie - Viaduc Nord
moyens de levage limités
accès maritime impossible*



Méthode proposée par l'Entreprise

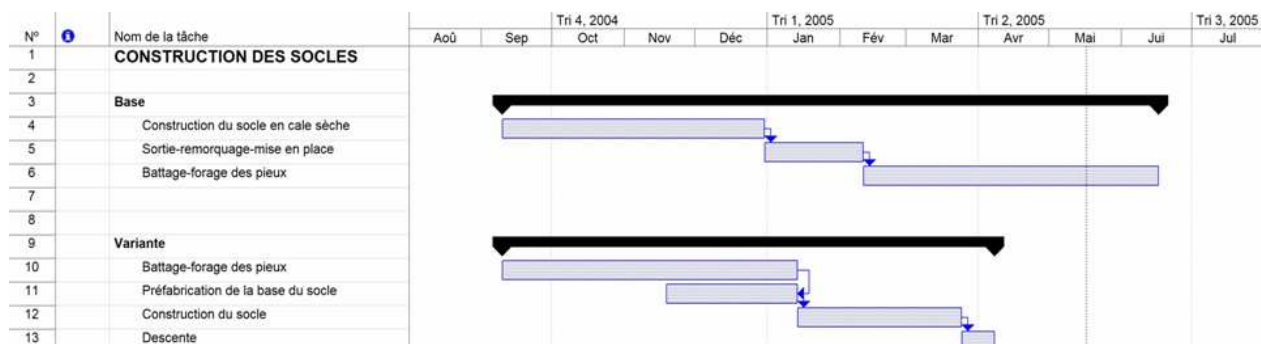


Variante méthode

Avantages

- Construction des éléments préfa pendant le forage des pieux (gain planning)
- Grue de 3000t remplacée par grue de 20t
- Aucun aléa marée/courant/remorquage.
- Aucune ligne d'ancre pendant la pose(trafic)
- Pas de platelage support.
- Précision totale/ descente réversible.
- Construction des 6 structures en simultanée.

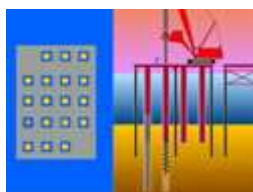
Incidence planning



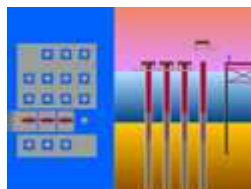
Les principales phases

Réalisation des socles

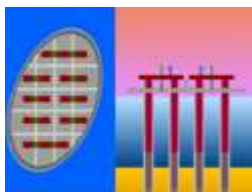
1. Réalisation des pieux



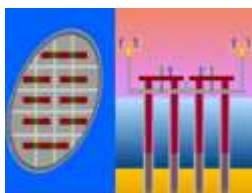
2. Mise en place des éléments préfabriqués



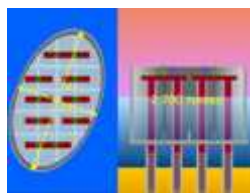
3. Clavage, coulage des poutres de renfort et mise en place des vérins



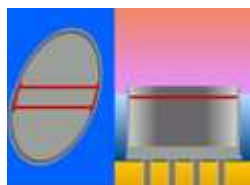
4. Réalisation des voiles en coffrage glissant



5. Descente avec le procédé Heavy Lifting VSL



6. Clavage, vidange et aménagement intérieur



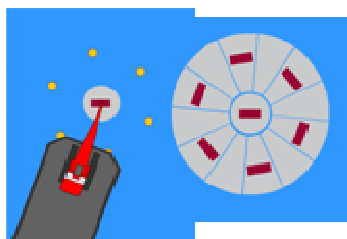
Réalisation des gabions

1. Battage de 7 tubes par voie nautique

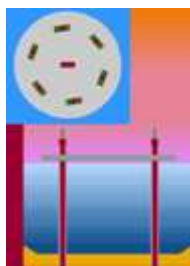




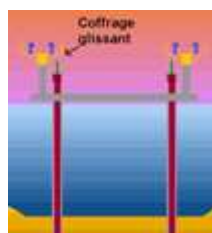
2. Pose sur les tubes des 13 éléments préfabriqués à terre



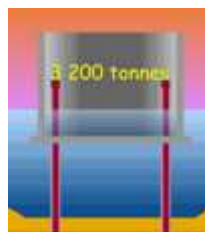
3. Clavage et mise en suspension sur les vérins



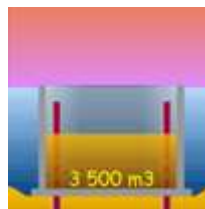
4. Coulage du voile périphérique (glissant)



5. Descente grâce aux vérins



6. Remplissage avec du tout-venant



7. Fermeture par une dalle béton



Installation hydraulique (VSL)



Socles: 1 vérin sur 2 tubes diam. 1800



Gabions: 2 vérins sur 1 tube diam. 1412

Regroupement hydraulique des points de hissage

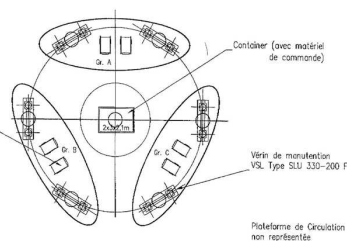
3200t sur 6 pieux soit
530 t par tube
repris par 12 vérins en
3 groupes

Centre Hydraulique EIPS 32

3 points: isostatique

Rouen, Pont levant

Gabions



Configuration pour le dévérinage

Socles

2700t sur 18 pieux soit
150 à 200t par pieu
repris par 10 vérins en
6 groupes

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

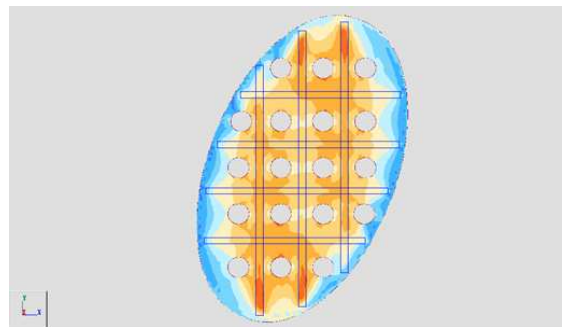
Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

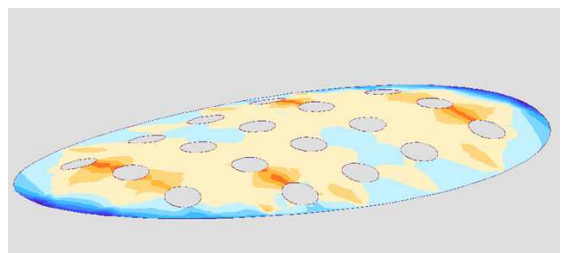
Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32

Centre Hydraulique EIPS 32



Moment fléchissant transversal à la descente du socle aux E.L.U.

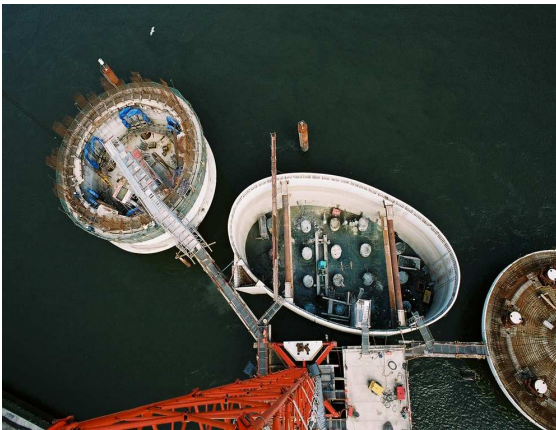


Moment fléchissant longitudinal et déformation à la descente du socle aux E.L.S.

-> Nécessité de limiter les écarts d'allongement des câbles

Photos





LES ÉTUDES DES BÉTONS DES PYLÔNES

JEAN-CLAUDE FERTÉ (QUILLE)

Données d'entrée

Maîtrise d'œuvre

Résistance caractéristique : C 40/50
 Environnement fasc. 65 : EB1
 Dmax : 20 mm
 Eeff / C : ≤ 0.50
 Cmini : 385 kg/m³
 Type de ciment : CEM I à CEM III A 42.5 N
 Alkali-réaction : niveau C
 Parement (P18503) :
 Bullage E (3-3-2) → échelle 3
 Teinte : T (3) - teinte claire niveau 1
 Faible désaflleur
 Pas de joint marqué

Chantier

Résistance à jeune âge : 10 MPa à 17 heures
 Consistance : S4

3 solutions étudiées

1- CEM III/A 42.5 N CE PM-ES-CP1 NF

béton clair « dur » mais difficulté pour atteindre les 10 MPa

2- CEM I 52.5 N CE CP2 NF + filler calcaire

béton clair un peu « mou » - 10 MPa aux jeunes âges : sans problème

3- CEM III/A 42.5 N CE PM-ES-CP1 NF avec ajout de CEM I 52.5 R CE CP2 NF

Béton clair avec obtention des 10 MPa mais mélange de 2 ciments (non réalisé en France)

-> Solution 1 retenue

Fournisseur BPE

Groupeement Béton de France Nord-Ouest - CEMEX
 Unibéton Normandie
 BRN

Formulation retenue

CEM III/A 42.5 N CE PM-ES-CP1 NF

de Gargenville (Ciments Calcia) : 400 kg/m³
 Granulats de Seine : 1 750 kg/m³
 Eau efficace : 168 l/m³
 Superplastifiant Glénium 27 : 3.2 kg/m³
 Résistance à 28 jours (moyenne) : 52 MPa
 Consistance moyenne : 18 cm (pendant 2 heures)

Etude maturométrique Simulations thermo-mécaniques

Objectif :

- Maîtriser la résistance au décoffrage à 17 et 24 heures
- Prévoir les résistances aux jeunes âges, dès l'étude béton, en fonction d'un environnement thermique d'été, d'automne ou d'hiver

Possibilités :

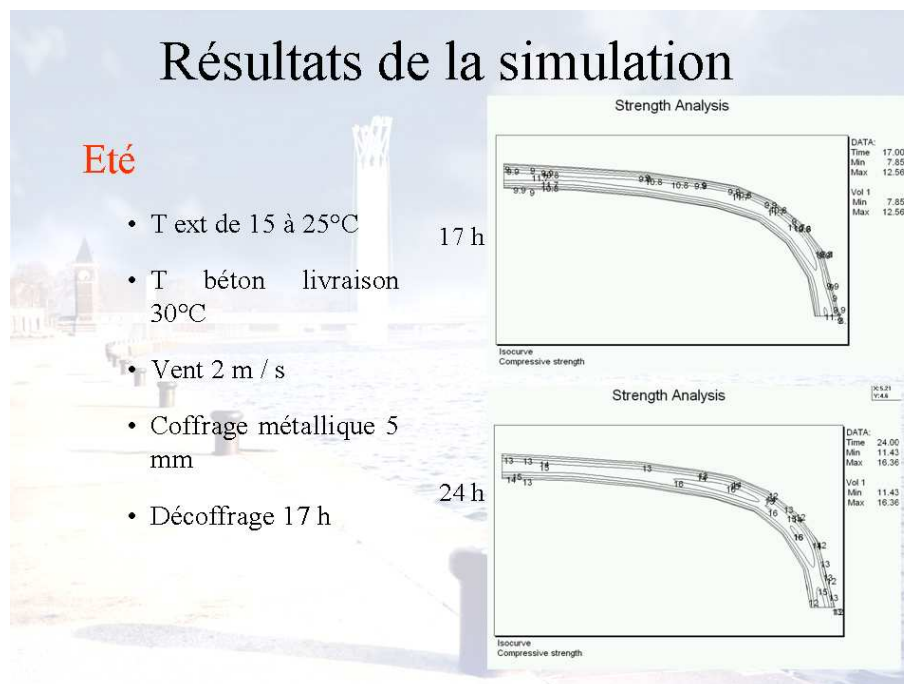
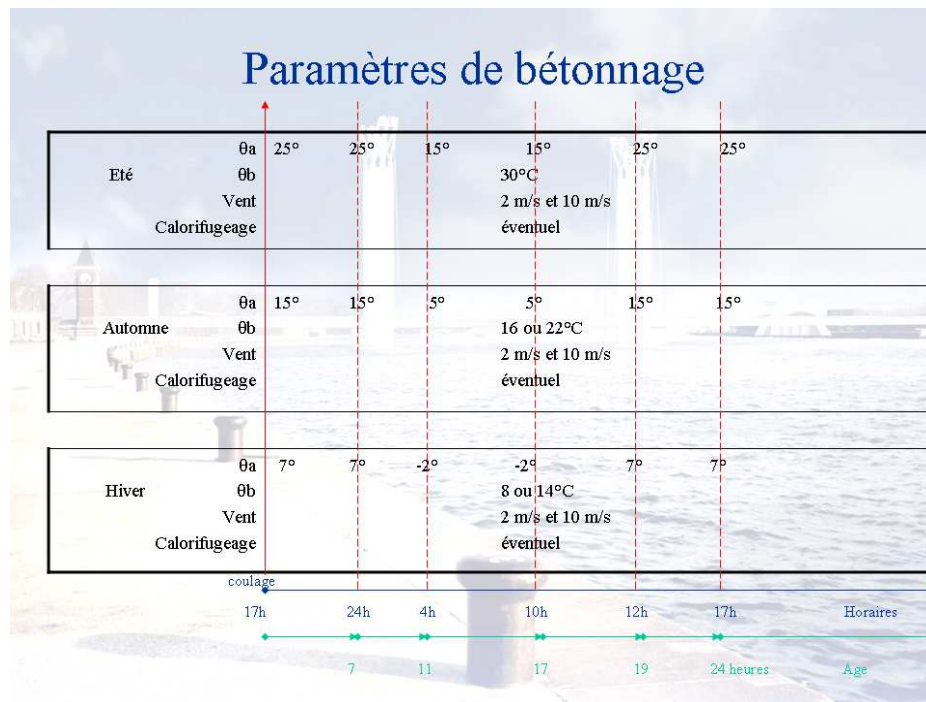
- Béton chaud
- Calorifugeage des coffrages

Etude menée par Xavier GUILLOT (CTG Italcementi Group)

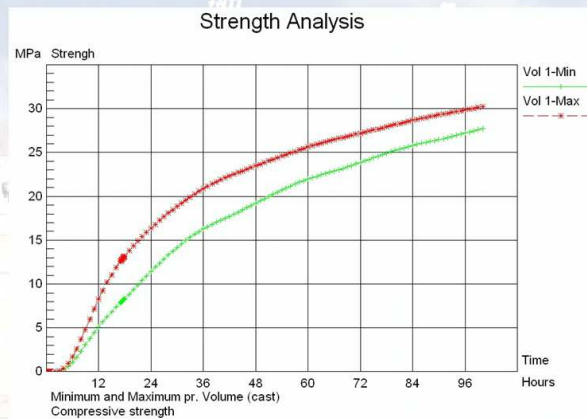
Essais labo (convenance) chez BDF Nord-Ouest CEMEX

Simulation :

- Energie d'activation
- Modélisation de la courbe de référence
- Modélisation de la courbe de chaleur
- Paramètres de bétonnage (θ extérieure - θ béton frais - vent - isolant thermique ou non)



Résultats de la simulation

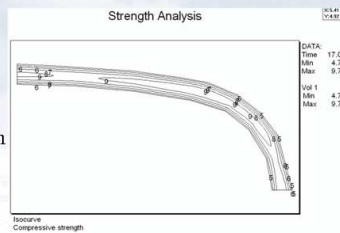


Résultats de la simulation

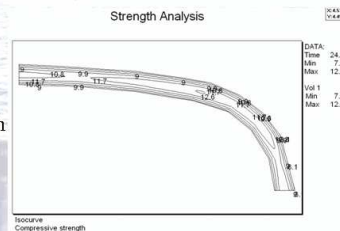
Eté

- T ext de 15 à 25°C
- T béton livraison 30°C
- Vent 10 m/s
- Coffrage métallique 5 mm
- Décoffrage 17 h

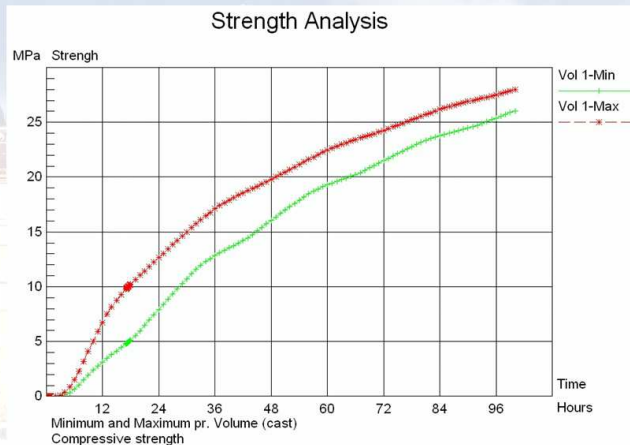
17 h



24 h



Résultats de la simulation



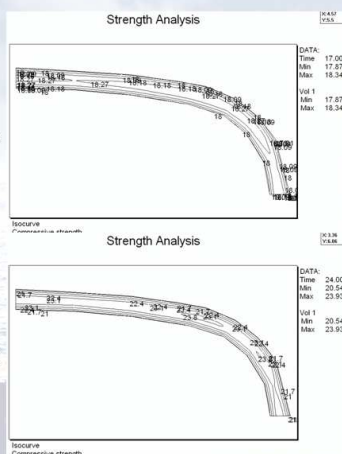
Résultats de la simulation

Eté

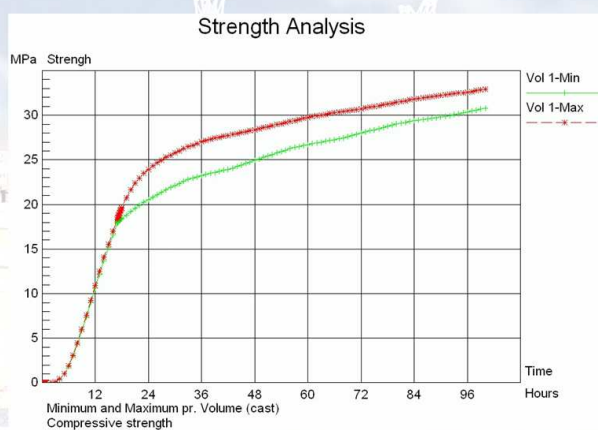
- T ext de 15 à 25°C
- T béton livraison 30°C
- Vent 10 m/s
- calorifugé
- Décoffrage 17 h

17 h

24 h



Résultats de la simulation



Résultats « été »

	Résistance à 17 h
Vent 2 m/s - non calorifugé	8 à 12 MPa
Vent 2 m/s - calorifugé	~ 18 MPa
Vent 10 m/s - non calorifugé	5 à 10 MPa
Vent 10 m/s - calorifugé	~ 18 MPa

Résultats « automne »

⇒ Nécessité de calorifuger

⇒ Béton chaud

Béton chaud	Résistance à 17 h
Vent 2 m/s - non calorifugé	5 à 10 MPa
Vent 2 m/s - calorifugé	~ 11 MPa
Vent 10 m/s - non calorifugé	2 à 7 MPa
Vent 10 m/s - calorifugé	~ 11 MPa

Résultats « hiver »

⇒ Calorifugeage

⇒ Béton chaud

Moins de 10 MPa à 17 h – 10 MPa à 24 h

Béton chaud	Résistance à 17 h	Résistance à 24 h
Vent 2 m/s - non calorifugé	/	/
Vent 2 m/s - calorifugé	~ 4 MPa	~ 10 MPa
Vent 10 m/s - non calorifugé	/	/
Vent 10 m/s - calorifugé	~ 5 MPa	~ 10 MPa

→ Décoffrage retardé