

RESTAURATION DU PONT D'ANCENIS

Présentation de la Maîtrise d'Œuvre
de la restauration du pont d'Ancenis

Club Régional Ouvrages d'art

14 mai 2014

Julien DALLOT (SNCF), Christophe ACCART (ARTCAD)



SOMMAIRE

1 – LE GROUPEMENT ET LES MISSIONS DE MOE

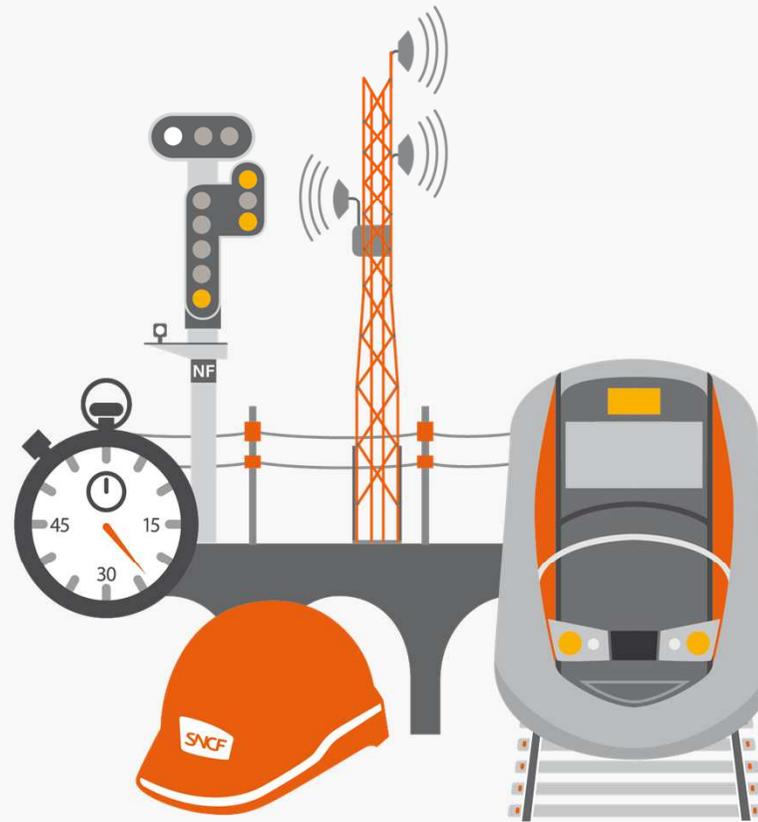
2 – DIA: INSPECTION DETAILLEE ET RECALCUL DE L'OUVRAGE

3 – AVP: LES DIFFERENTES SOLUTIONS ETUDIEES

4 – PRO: L'INTEGRATION DU PONT PROVISOIRE ET LE PHASAGE DES TRAVAUX

5 – ACT: LA MARCHE DE TRAVAUX ET LE CHOIX DES OFFRES

1 – INTRODUCTION



LE GROUPEMENT

➤ LE GROUPEMENT DE MOE EST COMPOSE DE DEUX BUREAUX D'ETUDES COTRAITANTS:

➤ **SNCF** (mandataire) : Département des ouvrages d'art de la direction Projet Système Ingénierie basé à Saint-Denis.



➤ **ARTCAD ETUDES**: Bureau d'études spécialisé dans le calcul et la réhabilitation des ponts suspendus basé à Lyon



LES MISSIONS DE MAITRISE D'OEUVRE

➤ LES MISSIONS DU PROGRAMME DE MAÎTRISE D'ŒUVRE:

- **DIA:** Diagnostic de l'ouvrage avec mission complémentaire d'inspection détaillée (incluant recalcul de l'ouvrage)
- **AVP:** Etudes de trois solutions de remplacement de suspension – deux pour la protection des câbles contre la corrosion et études de l'impact des travaux sur les circulations
- **MC6:** Faisabilité de l'ajout d'un pont provisoire pour maintenir deux voies de circulation PL pendant les travaux
- **PRO :** Choix de la solution et intégration du pont provisoire
- **ACT :** Rédaction d'un DCE et analyse des offres
- **VISA/DET/AOR/OPC:** Suivi des documents d'exécution et des travaux (présence SNCF PSIGOA sur site)

2 – MISSION DIAGNOSTIC



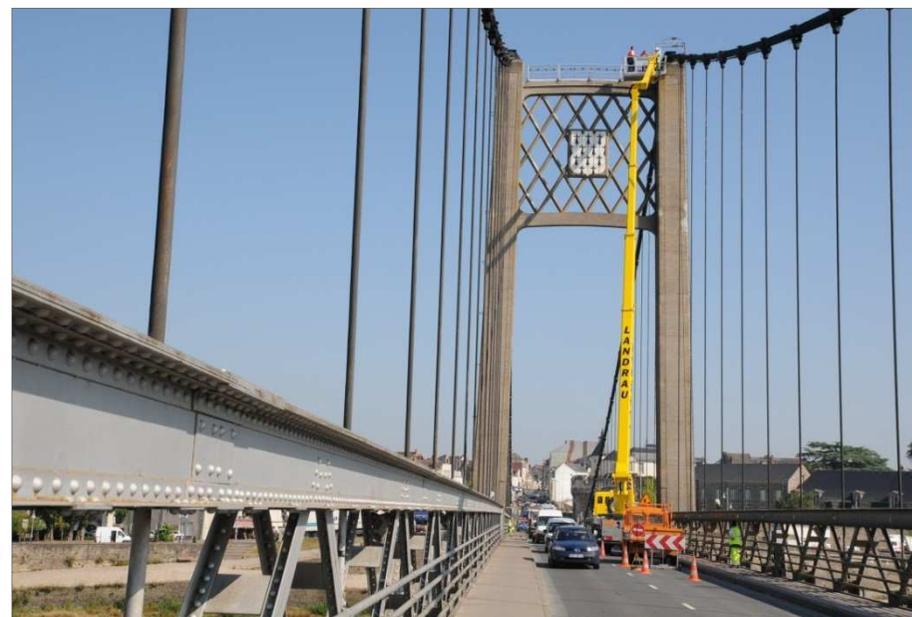
ARTCAD
ETUDES

SNCF

INSPECTION DETAILLEE

➤ Déroulement de l'inspection:

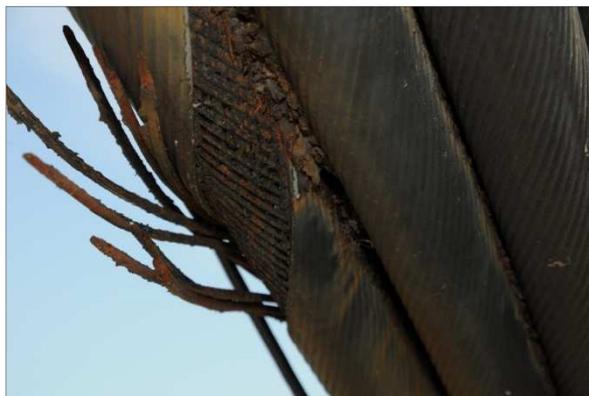
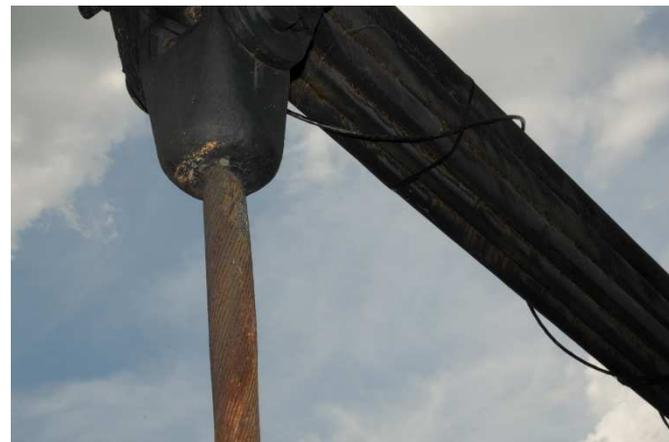
- 29 juin au 3 juillet 2009
- Nacelle positive
- Passerelles de visites de l'ouvrage



INSPECTION DETAILLEE

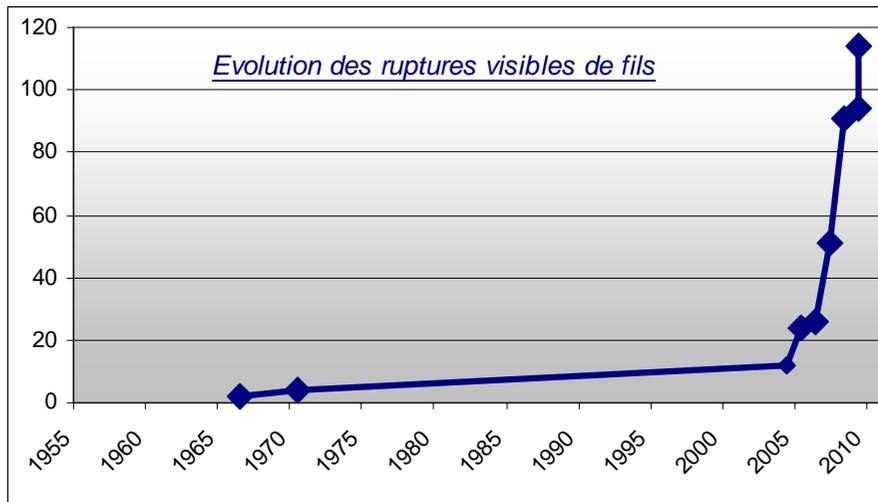
➤ Principales avaries relevées:

- Câbles porteurs
- Suspentes
- Liaison hourdis béton- longeron
- Corrosions localisées du tablier
- Joints de chaussées
- Appareils d'appuis

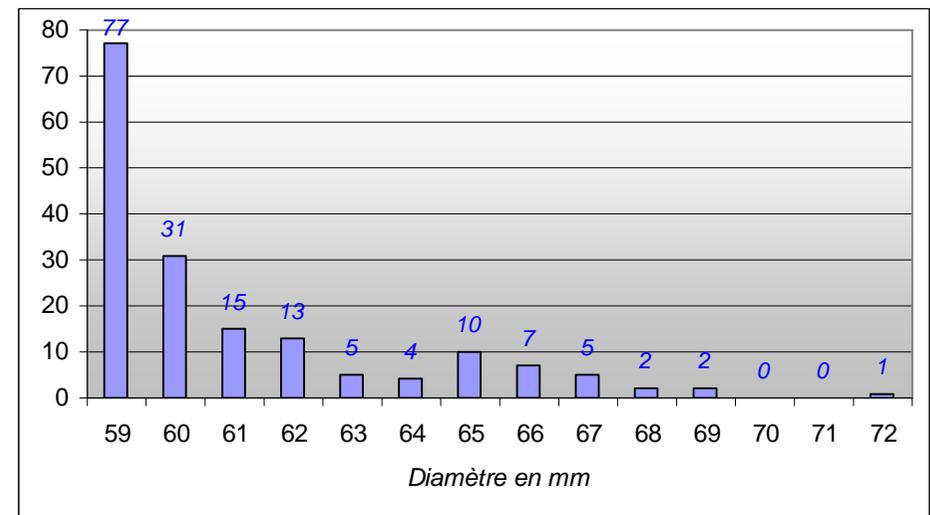


INSPECTION DETAILLEE

➤ Suspension:



Evolution des ruptures de fils
des câbles porteurs



Foisonnement des suspentes

INSPECTION DETAILLEE

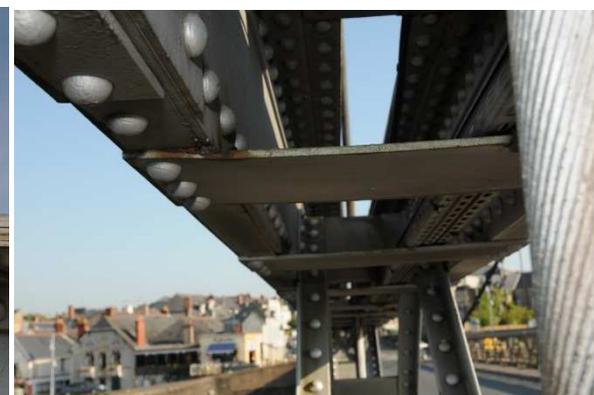
➤ Charpente métalliques et équipements:



Connexion dalle longeron
détériorée



Corrosion entre tables
Des membrures



Déformation des barrettes
de liaison



Joint de trottoir sur pile rive
gauche, côté amont

RECALCUL DE L'OUVRAGE

➤ Résultats sur la suspension (pour des sections intègres) :

➤ Méthode originelle de Courbon

Partie d'ouvrage	Contrainte	Marge ou <u>dépassement</u>
Câbles Ø 60,2	664 MPa	≈ 15%
Tirants Ø 52	150 MPa	≈ 40%
Suspentes câbles Ø 58,3	183 à 600 MPa	≈ var 15-50%
	<i>En service, en cas de rupture avec ou sans défaillance de la poutre de rigidité</i>	
Etrier Ø 50 de suspente	125 MPa	≈ 10% (service)
<i>Poutre de rigidité défaillante</i>	235 MPa	≈ <u>+70%</u> (rupture)
	277 MPa	≈ <u>+5%</u> (service)
	372 MPa	≈ <u>+40%</u> (rupture)
Béquille d'inflexion	753 MPa	≈ 40%
et son socle	174/-129MPa	≈ 25% / 45%

RECALCUL DE L'OUVRAGE

- Conclusions sur le recalcul de l'ouvrage (y compris en fatigue avec le convoi Bf):
 - **Poutres de rigidités justifiées** y compris en fatigue
 - **Platelage du tablier justifié** (léger sous-ferraillage de la dalle en partie supérieure)
 - **Suspentes en câbles et tirants d'ancrages justifiés**
 - **Etriers de suspentes justifiés pour ouvrage réglé** ou peu dérégulé (*même en cas de rupture d'une suspente adjacente*)
 - **Rupture en chaîne des suspentes possible en cas de défaillance de la poutre ou de fort déréglage** – non constatés
 - **Pièces d'inflexion justifiées** (*marge correcte*)
 - **Impossibilité d'affirmer que les câbles sont justifiés** (*marge trop faible et état préoccupant*)
 - **Cas de tension maxi des câbles : potentiellement atteint**

PRECONISATIONS DE TRAVAUX

➤ Suggestions concernant les travaux principaux:

- Remplacement complet de la suspension
- Réfection de la protection anticorrosion
- Traitement des foisonnements entre les tables et les couvre-joints des semelles supérieures des poutres de rigidité et des plats de liaison des membrures des poutres de rigidité
- Traitement des interstices entre dalle béton et structure métallique
- Traitement des foisonnements
- Remplacement des joints de chaussée et de trottoir,
- Remplacement des appareils d'appui
- Purge et réfections des ragréages sur les pylônes.

3 – MISSION AVANT-PROJET



METHODOLOGIE DE REMPLACEMENT DE LA SUSPENSION

➤ Trois méthodes étudiées:

- Avec transfert de la charge du pont sur des palées provisoires en Loire
- Avec transfert de la charge directement sur une suspension neuve définitive
- Avec transfert de la charge sur une suspension provisoire (2 transferts de charge)

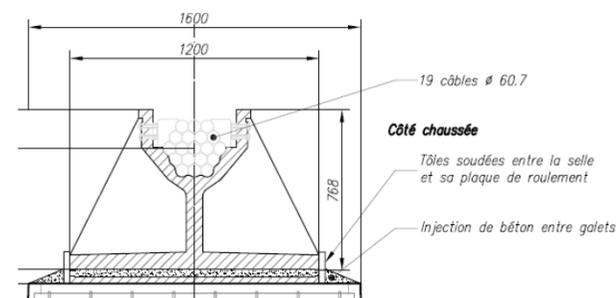
➤ Etudes de solutions de protection anticorrosion des faisceaux

- Protection par peinture classique
- Système de gainage (souple ou non) et déshumidification

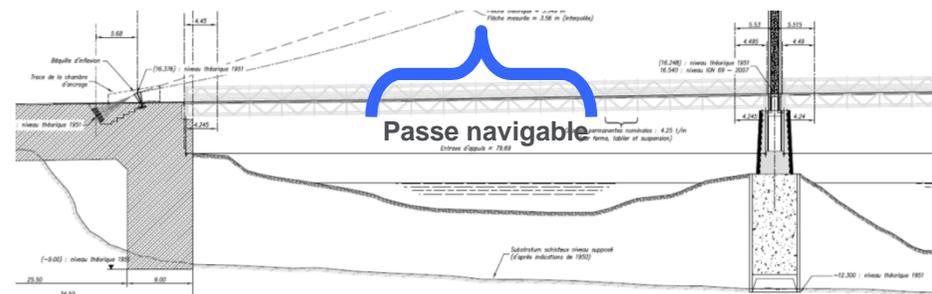
CONTRAINTES TECHNIQUES DU PROJET

➤ Les principales contraintes techniques du projet sont les suivantes:

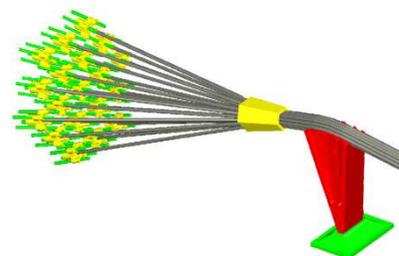
- Blocage des selles en tête de pylône (conception) et pylône encastré
 - Maintien de l'équilibre du pylône dans toutes les phases de transfert



- Géotechnique et hydraulique
 - Passe navigable en Loire
 - Substratum rocheux assez profond
 - Variations niveaux importantes



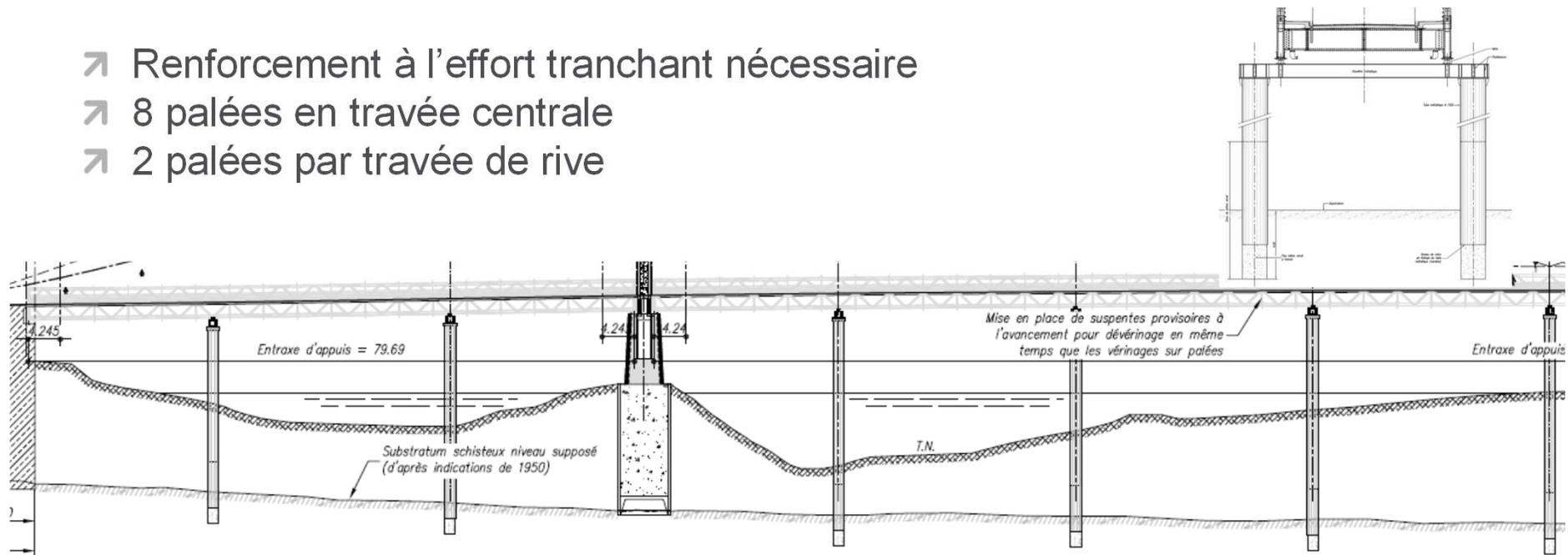
- Place disponible aux ancrages



PALEES PROVISOIRES EN LOIRE

➤ Le nombre de palées est donné par la résistance des poutres de rigidités lorsqu'elles fonctionnent en poutre continue

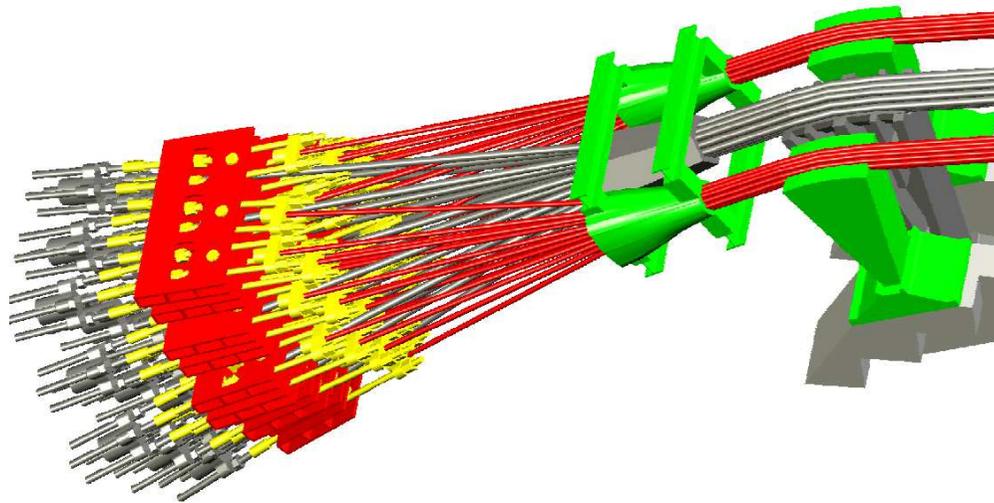
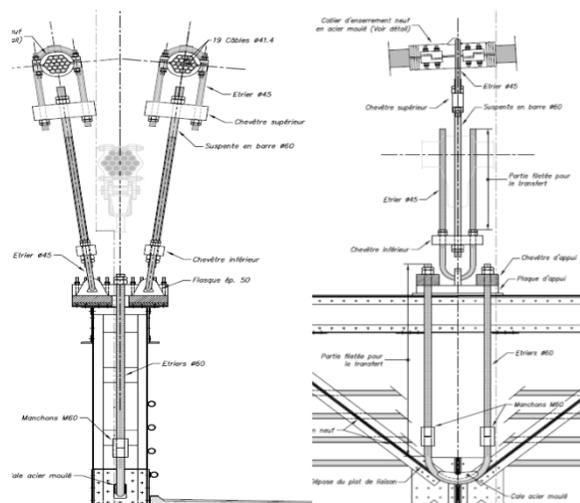
- Renforcement à l'effort tranchant nécessaire
- 8 palées en travée centrale
- 2 palées par travée de rive



➤ La forme du faisceau est équivalente à l'existante (flèche des câbles légèrement plus faible)

TRANSFERT SUR UNE SUSPENSION DEFINITIVE

- La nouvelle nappe est divisée en deux nappes distinctes (soit 4x19 nouveaux câbles porteurs) située plus haute que l'ancienne nappe
- Les nouvelles suspentes sont décalées par rapport à l'axe du faisceau
 - Problèmes géométriques aux ancrages (chevêtre d'ancrage pour tirer dans l'axe des ancrages existants)
 - Cohabitation difficile en phase de transfert...



⇒ Ces contraintes entraînent au droit des chambres d'ancrage une perte de largeur de trottoir

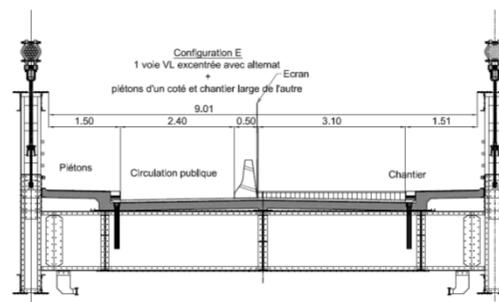
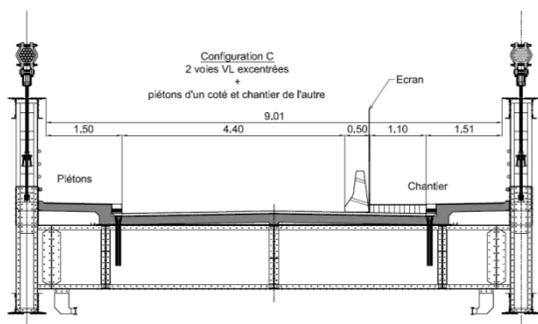
TRANSFERT SUR UNE SUSPENSION PROVISOIRE

- Etat projeté: idem à la solution n°1
- Etat en phase de transfert (idem solution n°2)
- Suppression des culots existants délicate
- Mise en place des nouveaux culots impossible
- Ancrage hors chambre non souhaité car:
 - Condamnation carrefour Ancenis
 - Coût
 - Allongement des délais

⇒ **Solution abandonnée**

CONDITIONS DE CIRCULATIONS

- Programme de MOE: alternat sur le pont pendant toute la durée des travaux
- AVP: Optimisation des contraintes de circulations:
 - Appel à des passerelles à câbles pour les travaux sur la suspension
 - Tentative d'un maintien de deux voies VL pendant les travaux (2x2,2m)



MAIS ALTERNATS FREQUENTS ET NOMBREUSES NUITS DE COUPURES DU PONT

CONCLUSION DE L'AVP

Critères	Palées provisoires	Transfert direct sur suspension définitive
COÛT avec gainage	😊	😞
Délai global travaux	😊	😐
Délai de mise en sécurité	😊 9 mois après OS	😞 21 mois après OS
Conservation des largeurs fonctionnelles après travaux	😊	😞
Technicité – complexité	😐	😞
Travaux en rivière	😞	😊
Problèmes géométriques de nappes	😊	😞
Problèmes géométriques aux ancrages	😐	😞
Renforts de charpente	😞	😊
Restrictions de circulation	😐	😐
Aspect initial conservé après travaux	😊	😞

➤ Recours à des palées provisoires pour le changement de la suspension

➤ Gainage de la suspension

➤ Décapage partiel des poutres

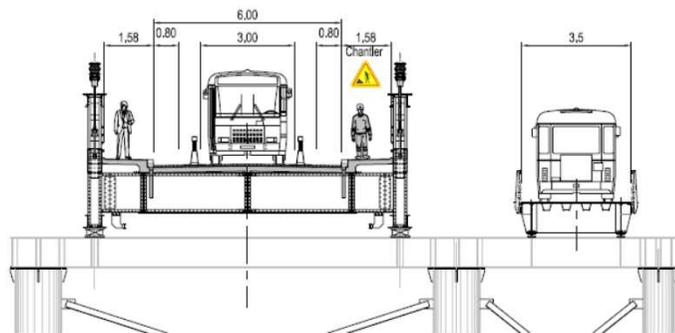
➤ Entre AVP et PRO: Choix d'un pont provisoire

4 – MISSION PROJET

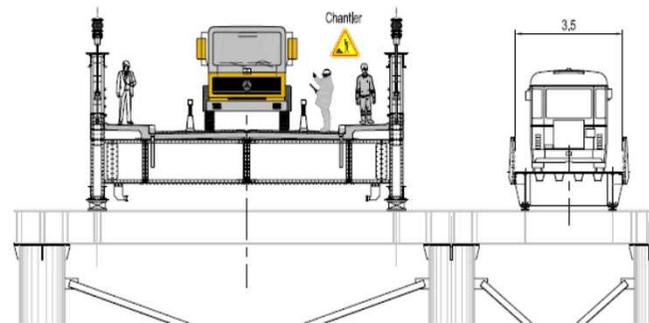


INTEGRATION D'UN PONT PROVISOIRE

- Nécessité de maintenir deux voies PL (minimum 2x3m) pendant les travaux
 - 1 voie sur le pont existant
 - 1 voie sur le pont provisoire

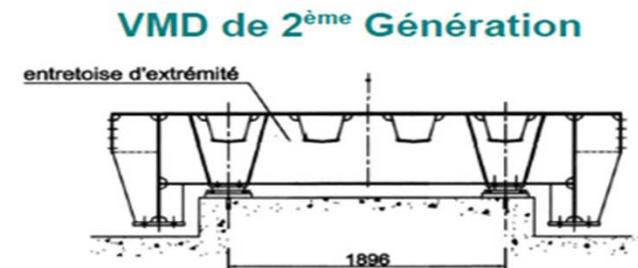


Circulation de jour avec pont provisoire



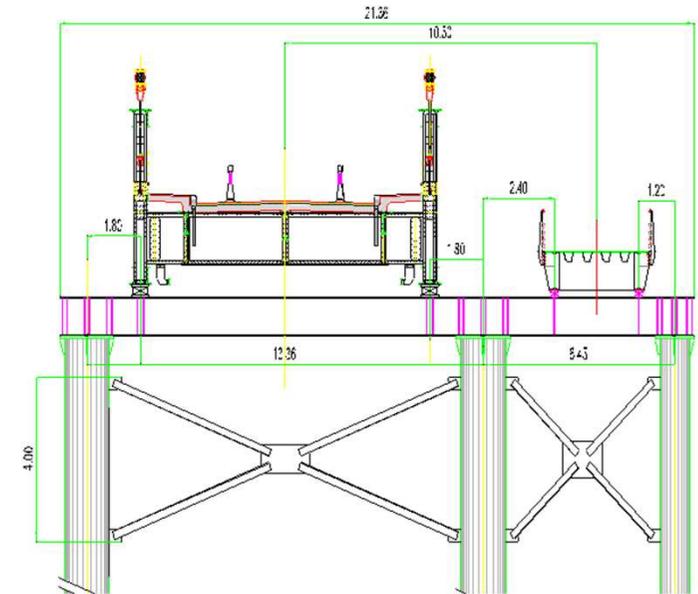
Travaux de nuits (alternat sur pont provisoire)

- Conception du pont provisoire sur la base des viaducs métalliques démontables du CNPS (Centre National des Ponts de Secours) : éléments 9,80 m- 12,80 m- 18,80 m-24,80 m-30,80 m

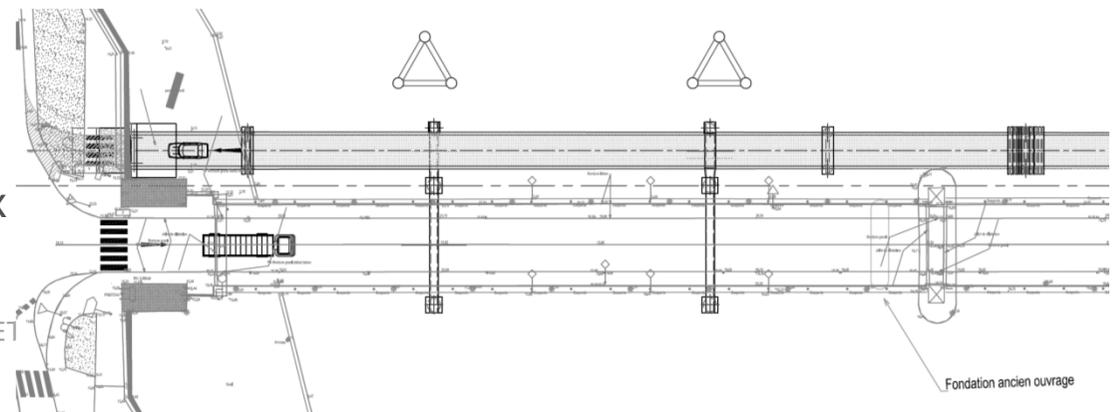


PALEES ET PONT PROVISOIRES

- Les palées provisoires sont composées de trois pieux:
 - 2 pieux de diamètre compris entre 1,2 et 1,5m
 - 1 pieu de diamètre 1m
 - Ces pieux sont encastrés de quelques décimètres dans le rocher (le choix est laissé à l'entreprise du battage ou du forage). Des refus prématurés ont été enregistrés pendant les essais aux pénétromètres (débris de guerre)
 - Deux culées provisoires sont prévues de part et d'autre pour le pont provisoire
 - Deux ducs d'Albe sont prévus à l'amont des pieux encadrant la passe navigable.



- Le pont provisoire est composé de:
 - 3 viaducs de 99,2m-216,4m-91,6m
 - 17 VMD
 - Appuis fixes sur les culées et les pieux



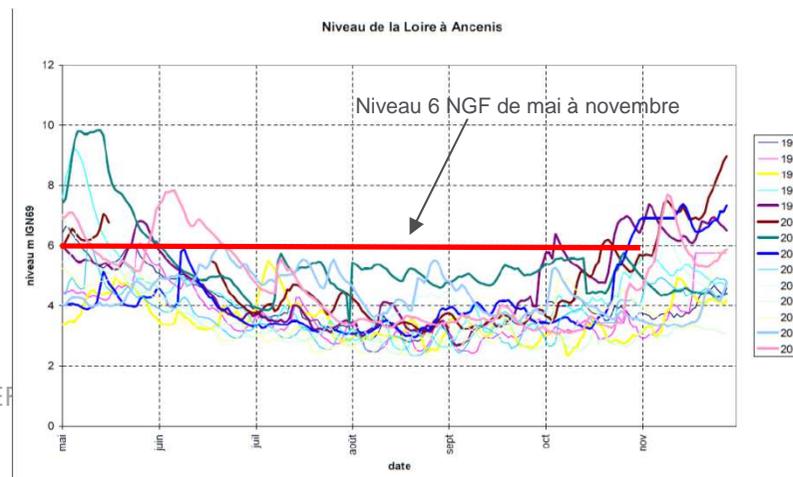
PALEES ET PONT PROVISOIRES: REALISATION

➤ Les contraintes environnementales :

➤ Berges exondées: zone Natura 2000 à protéger et à impacter le moins possible



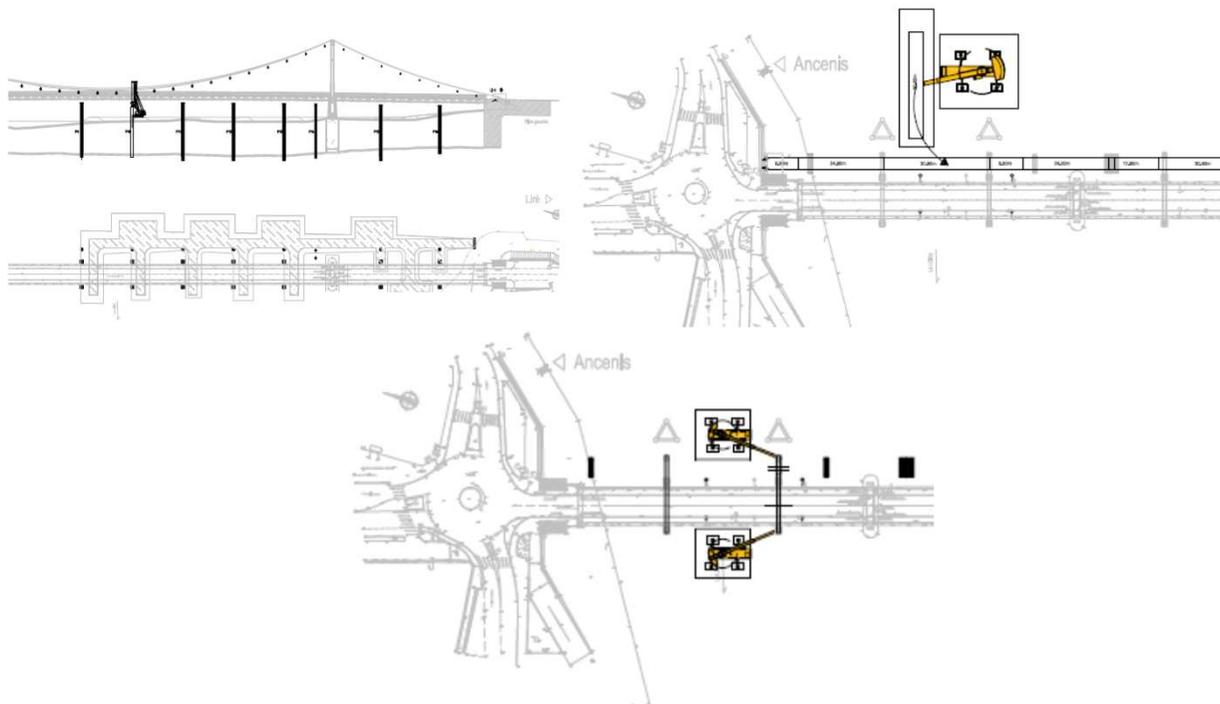
➤ Niveaux de Loire variables



PALEES ET PONT PROVISOIRE: REALISATION

➤ Les solutions de réalisation envisagées et présentées:

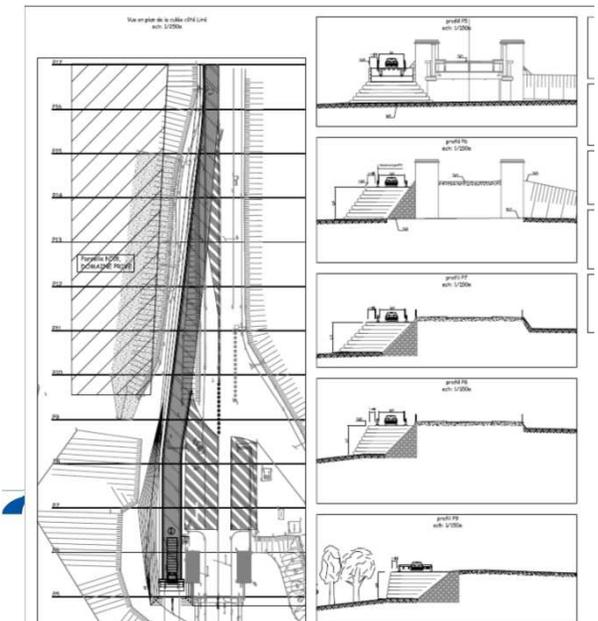
- Palées et pont provisoire mis en place pour moitié par moyen terrestre, pour moitié par moyens nautiques
- Appel à une piste provisoire dans le lit de la Loire (niveau maximal de 6 NGF, réalisée et déposée dans la période 01/05 au 31/10)



Extrait du plan de Phasage du PRO:

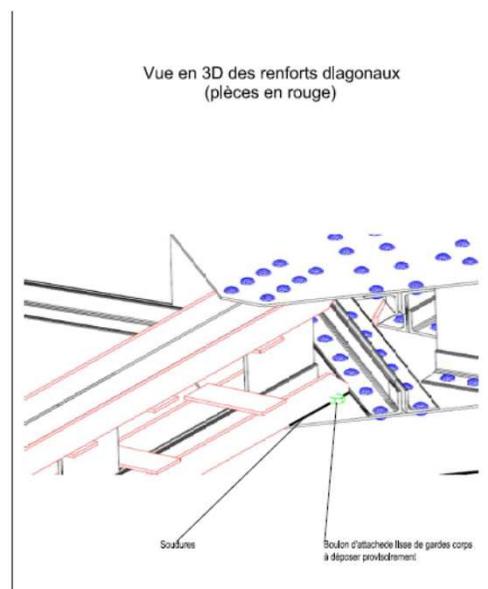
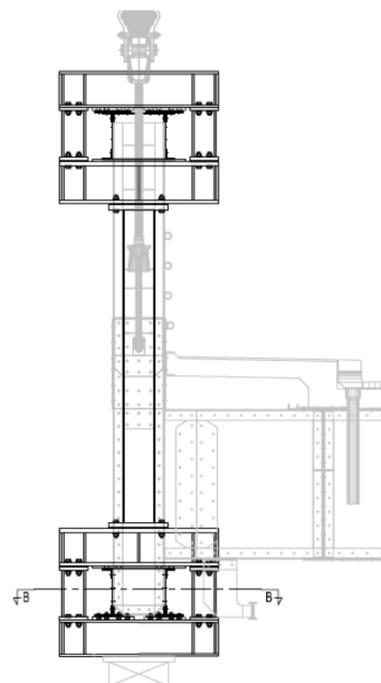
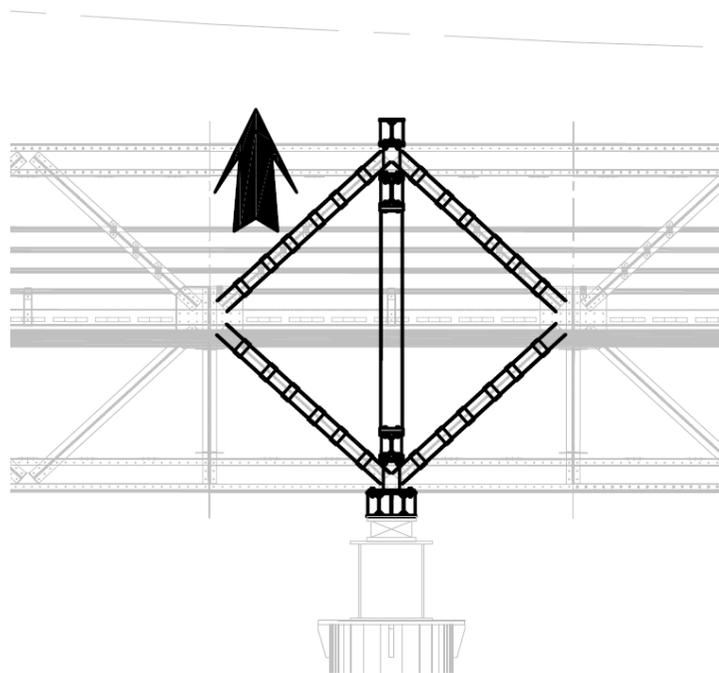
- Battage pieux terrestres et nautiques
- Pose des chevêtres
- Pose des VMD

➤ Côté Rive gauche: plateforme en remblai renforcé par géotextile pour le raccord sur la chaussée



RENFORTS DU TABLIER

- La solution de la pose provisoire du tablier sur les palées impose un renforcement de la poutre à l'effort tranchant:



CHANGEMENT DE SUSPENSION

➤ Les grandes étapes du changement de suspension:

- Récupération de la contreflèche initiale du tablier pour éliminer les efforts parasites dans la poutre de rigidité
- Battage des tubes pour les palées provisoires en Loire
- Renforts du tablier
- Transfert de charge de la suspension vers les palées par vérinage sur les suspentes et dévérinage aux ancrages pour maintenir des efforts admissibles dans le pylône
- Lançage des nouveaux câbles et mise en place des nouvelles suspentes
- Transfert de charge des palées vers la suspension neuve
- Démontage des palées et des renforts

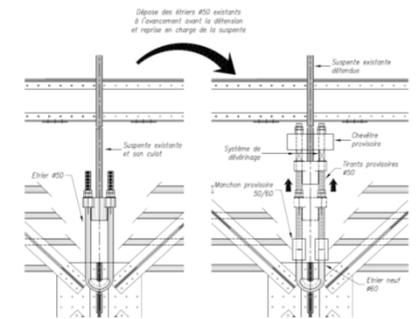
MODALITES DU TRANSFERT DE CHARGE

➤ Les grandes étapes du transfert de charge de la suspension vers les palées:

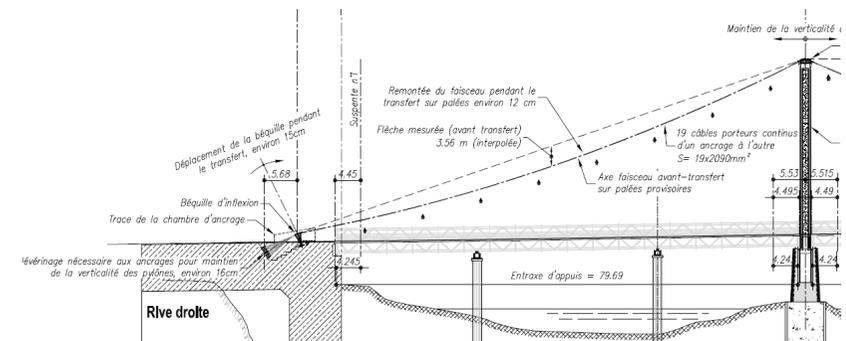
➤ Rallonges à placer sur les étriers existants (à l'avancement) pour pouvoir détendre ensuite les suspentes par phases pendant le transfert

➤ Transfert de charge de la suspension vers les palées par:

- Vérinage sur les palées
- Dévérinage par phases des suspentes
- Dévérinage aux ancrages



⇒ **But: Maintien de la « verticalité » du pylône**



5 – MISSION ACT



LES GRANDES LIGNES DU DCE

- La restauration du pont d'Ancenis est essentiellement un chantier de méthodes:
 - Impositions techniques limitées:
 - aux structures définitives et structures provisoires importantes (diamètre des tubes de palées minimal par exemple...),
 - à la méthode de changement de la suspension (par palées),
 - à la nécessité de respecter les conditions de circulations pendant le chantier (double sens de circulation+coupures du pont existant de nuit avec alternat sur pont provisoire+quelques coupures ponctuelles de jour).

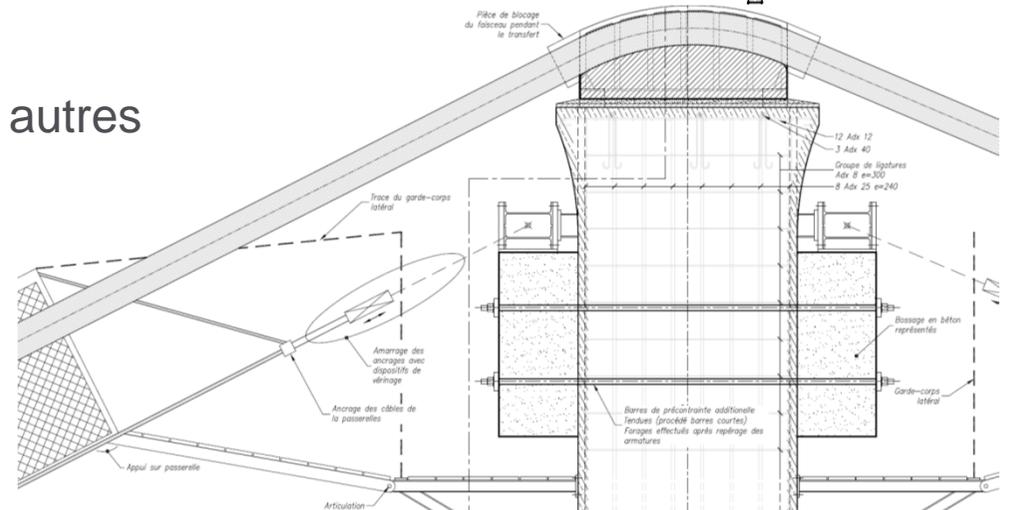
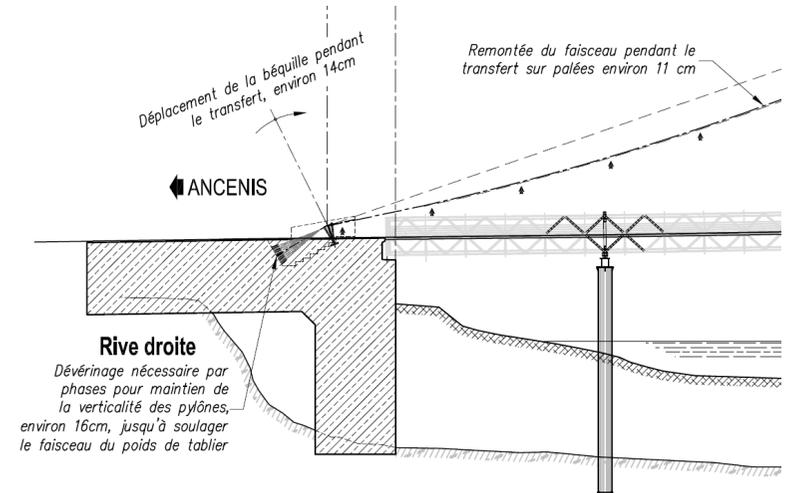
- Des ouvertures à variantes étaient proposées dans le DCE:
 - Structure du pont provisoire et de ses appuis
 - Méthode de décapage de la peinture (sablage ou UHP)
 - Forme et composition des culots et colliers de suspentes
 - Nature du gainage des câbles porteurs

CONTRAINTES TECHNIQUES ET ENVIRONNEMENTALES

- Calculs et justification d'une solution de transfert
 - Longueurs de dévérinage puis de vérinage aux ancrages et déplacements des nappes
 - Conditions sur les déplacements en tête de pylône
 - Intégrés sur des plans DCE non contractuels

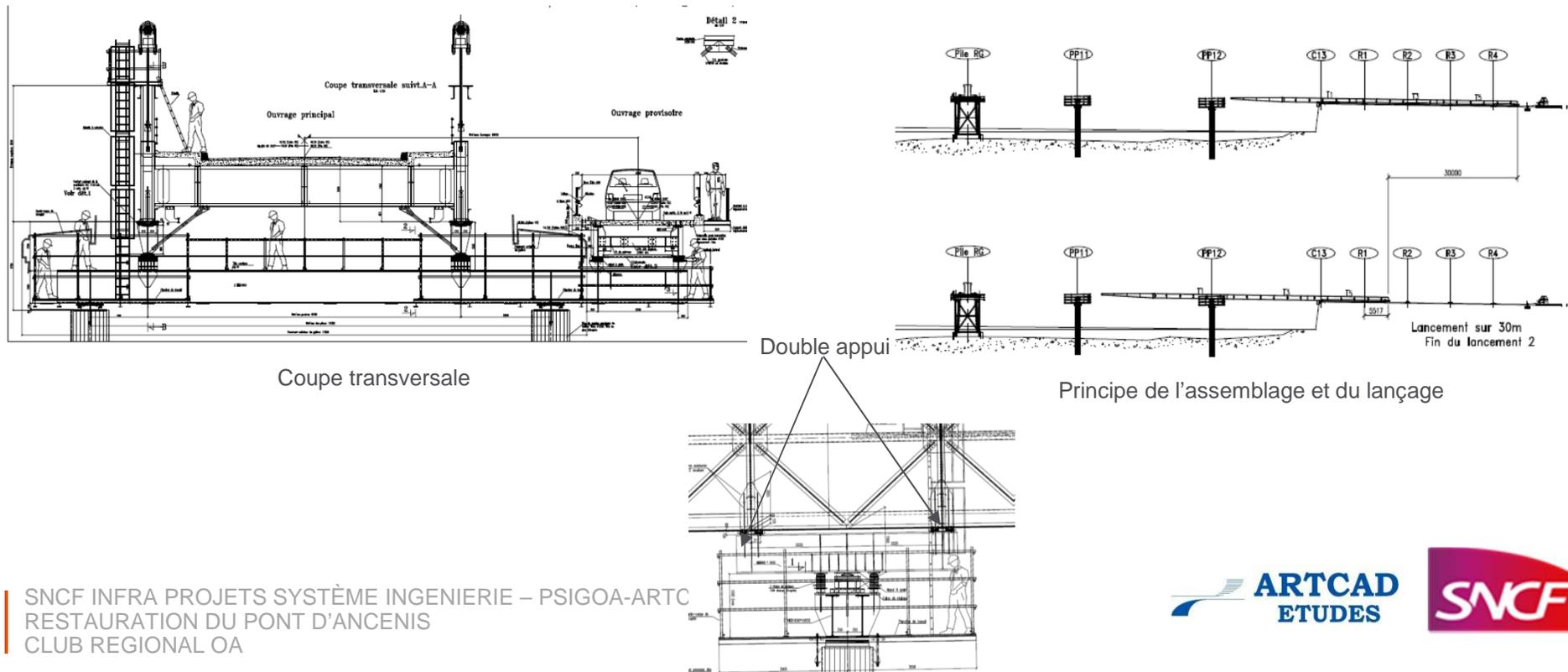
- Amiante dans la suspension

- Récupération de tous les résidus (même autres que résidus amiantés) et obligation de passerelles à câbles
- Contraintes propres à l'amiante



L'ANALYSE DES OFFRES

- L'analyse des offres a débouché sur l'acceptation d'une **variante de l'Entreprise Baudin-Châteauneuf**:
 - **Pont provisoire fabriqué** et monté en place par lancements successifs (permettant de s'affranchir des aléas de niveaux de Loire)
 - **Forme des palées** (à deux tubes avec porte-à-faux du chevêtre) et appuis sur le pont existant optimisé pour minimiser les renforts



PLANNING PREVISIONNEL ET MONTANT

- Durée des travaux :36 mois
- Montant des travaux: 17,1 M€ HT
 - Prix généraux (y compris piste en Loire) : 2,4 M€
 - Palées et pont provisoire et raccords: 5,2 M€
 - Suspension : 6,5 M€
 - Anticorrosion (tablier + suspension) : 2,3M€
 - Travaux divers: 0,7M€
- Planning prévisionnel en 4 grandes étapes:
 - Préparation
 - Travaux de palées et pont provisoire
 - Travaux de remplacement de la suspension
 - Travaux d'anticorrosion

