ENAC / PROJET DE MASTER 2022-2023
SECTION DE GÉNIE CIVIL

# Etude de l'élargissement et du renforcement d'un ouvrage d'art existant : le pont de Villeneuve


Auteur(e)s : Romain Colella

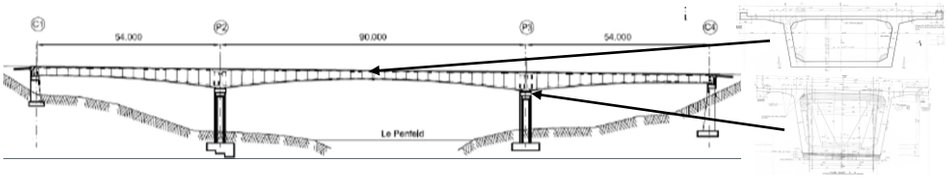
Encadrement : Prof. Eugen Brühwiler [1] / Dr. Numa Bertola [1] / M. Ziad Hajar [2]

[1] Laboratoire de Maintenance, Construction et Sécurité des Ouvrages (MCS) / [2] Entreprise SYSTRA


## Etude du pont de Villeneuve

**Présentation du pont**

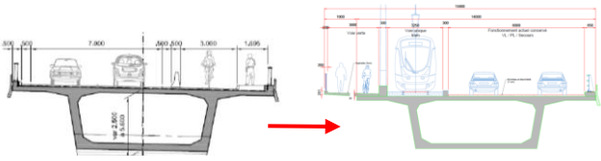
- Localisation et date: Brest (France), 1983
- Dimensions longitudinales: 198m (54m-90m-54)
- Dimensions transversales: largeur de 14m, élargi à 15.9m avec l'encorbellement en CFUP pour piétons; hauteur de section variant de 2.5m à mi-travée à 5.6m sur appui
- Type de pont: Pont monocaisson en béton précontraint construit par encorbellements successifs




**Objectifs de l'étude:**

Le pont de Villeneuve sera changé d'affectation: au trafic routier qu'il reprenait, on change une voie en voie de tram, et on rajoute un encorbellement pour une voie piétonne.

- Vérifier que l'ouvrage existant puisse supporter les nouveaux cas de charge
- Dimensionner l'encorbellement en CFUP

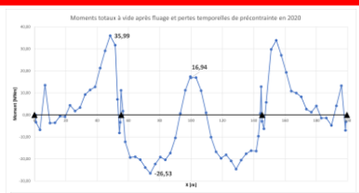


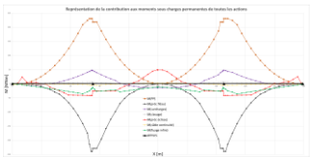
## Vérification de l'état de l'ouvrage

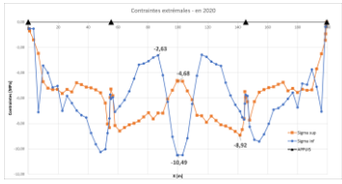
**Calcul des charges permanentes en 2020**

L'ouvrage étant construit par encorbellements successifs, le phasage est un élément très important à prendre en compte pour obtenir l'état de l'ouvrage en 2020 et ses charges permanentes. Les encorbellements sont commencés sur les piles P2 et P3, et se dirigent vers les culées C1 et C4, et vers la mi-travée. Ainsi, il y a 3 clavages à effectuer: deux clavages de rive (C1 et C4) et un clavage au centre entre les deux encorbellements. Le phasage est le suivant:

1. Construction des fléaux:
   1. Décoffrage du voussoir précédent
   2. Coulage du voussoir suivant
   3. Mise en tension des câbles éclisse : au total, 46 câbles localisés en partie supérieure de la section, pour reprendre le poids propre du voussoir à peine coulé
2. Clavages des encorbellements de rive et centraux
3. Mise en tension des câbles éclisse (ou de continuité intérieure) situés aux clavages, et en partie inférieure de la section, afin de reprendre les charges extérieures (trafic). 24 câbles pour le clavage de la travée centrale, et 28 aux clavages de rive (14 par rive)
4. Mise en tension des câbles de continuité extérieurs au nombre de 2, rectilignes sur tout l'ouvrage
5. Mise en place de la superstructure de 1980, d'une largeur de 14m
6. Fluage de la structure jusqu'à 2020
7. Pertes de précontrainte dans le temps jusqu'à 2020
8. Mise en place de la superstructure de 2020, élargie à 15.9m







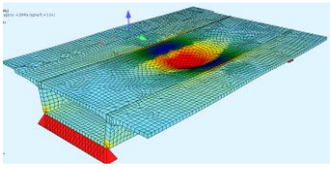

**Vérification des efforts longitudinaux**

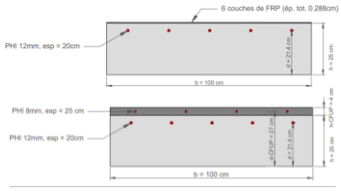
La flexion longitudinale est vérifiée à l'ELU via une interaction N-M à des zones précises et à l'ELS via la vérification des contraintes le long de l'ouvrage (objectif: pas de traction dans les sections). Le bilan est le suivant:

- Flexion longitudinale: **pas de renforts nécessaires**
- Effort tranchant longitudinal: **pas de renforts nécessaires**

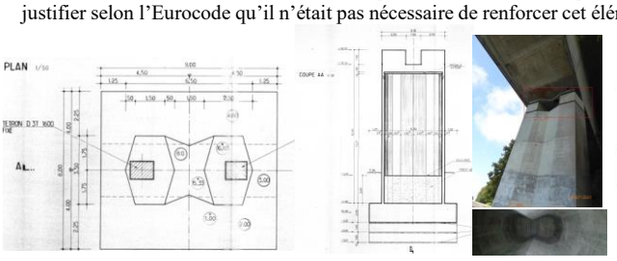
**Vérification des efforts transversaux:**

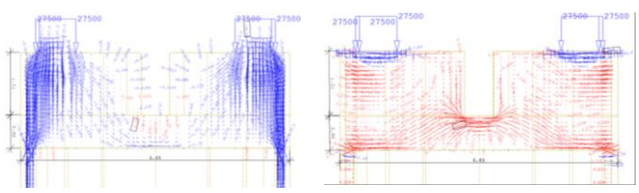
- **Renforts nécessaires en partie supérieure de la dalle de roulement**
- Deux solutions de renforts : FRP (Fiber Reinforced Polymers), et couche de CFUP



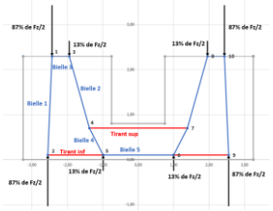



**Vérification des chevêtres de piles:** Les chevêtres de piles permettent la descente des charges des appareils d'appuis des piles. Ils consistent en 2 blocs hexagonaux de 1.5m d'épaisseur posés sur une dalle de 80cm d'épaisseur (voir plans), et le tout reposant sur le fût de pile, creux, en forme de 8, et d'épaisseur 0.3m (voir photos). Afin de modéliser cette diffusion d'efforts dans les éléments épais, un modèle volumique 3D a été fait, puis un modèle bielles et tirants 2D effectué à partir des résultats du modèle 3D a permis de justifier selon l'Eurocode qu'il n'était pas nécessaire de renforcer cet élément: **pas de renforts nécessaires**



Contraintes planes principales issues de la modélisation 3D
Compression en bleu, traction en rouge




Modèle bielles-et-tirants inspiré des contraintes du modèle 3D

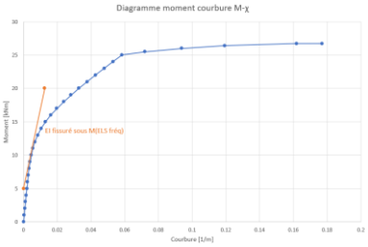
## Dimensionnement de l'encorbellement en CFUP

**Propriétés des matériaux utilisés et géométrie:**

- CFUP BSI d'Eiffage: $f_{ck} = 160\ MPa$, $f_{ctk} = 8.0\ MPa$, $E = 58\ GPa$
- Acier d'armature: $\phi 10mm, e = 200\ mm$ réduit à $100\ mm$ pour des raisons constructives
- Section: porte-à-faux de 1.9m de longueur, et 8cm d'épaisseur

**Dimensionnement selon la NF (norme française) et la SIA (norme suisse)**

- Le dimensionnement selon la NF est fastidieux: il nécessite de prendre en compte la loi complète du CFUP et ne propose pas de modèle de calcul simplifié. En revanche, la SIA simplifie drastiquement ces calculs




**Résultats**

- Aux ELS et ELU, la section en CFUP a été modélisée en fibres, et les résultats permettent de valider que les critères d'ouvertures de fissures / de contraintes dans le CFUP, ainsi que les flèches sont OK. (à gauche, diagramme M-$\chi$ de la section, dont la pente est $EI_{fiss}$, utile pour calculer les flèches)