

# CONSTRUCTION

**MODERNE**

ANNUEL OUVRAGES D'ART 2014





# Drôle d'oiseau !

C'est pour finaliser les connexions entre Port Marianne, le nouveau centre de Montpellier, et les quartiers anciens que le Pont de la République franchit le Lez à l'aval du nouvel hôtel de ville de Jean Nouvel et François Fontès. Lame de béton posée sur des talons aiguilles ; geste gracile d'une danseuse étoile effleurant le sol sur ses pointes ; mille-pattes monté sur des échasses... Les images ne manquent pas pour décrire ce nouvel ouvrage en BFUP dont les ingénieurs Romain Ricciotti et Guillaume Lamoureux ainsi que l'architecte Rudy Ricciotti sont devenus les chantres. Un ouvrage dont l'extrême finesse est rendue possible grâce à une répartition démultipliée des charges, un profilage savant des béquilles et un BFUP dernier cri, formulé avec des fibres d'acier inoxydable.

Texte : Delphine Désveaux



→ 1 • La finesse de la structure s'explique par la division des descentes de charges réparties sur les 17 béquilles.

**Parce qu'il** se jette dans la Méditerranée à Palavas, le Lez est un fleuve. Un bien grand mot pour un modeste cours d'eau bucolique qui traverse Montpellier... mais qui, malgré les apparences, peut s'avérer très capricieux en période de crues : il n'est pas rare de voir monter ses eaux de 10 m. C'est pourquoi, sans l'interdire, le programme incitait les équipes de maîtrise d'œuvre à ne rien implanter dans le lit du fleuve. Le projet lauréat conçu par le bureau d'études structure Ricciotti et Lamoureux Ingénierie

associé à l'architecte Rudy Ricciotti a cependant choisi de passer outre cette recommandation. Bien conscients des enjeux, ils comprennent leur choix par une optimisation drastique de la taille des structures afin de ne pas perturber l'écoulement du fleuve.

#### STRUCTURE ULTRA MINCE

« Le message qu'envoie le Lez est celui d'un plan d'eau calme, explique Rudy Ricciotti. Il se transforme parfois en miroir où se reflètent le ciel, les arbres. C'est pourquoi nous avons choisi de le traverser sur la pointe des pieds, sans le coloniser. Très peu de matière. Juste ce qu'il faut. Là où il faut. Quand il faut. » De fait, une nouvelle comparaison vient à l'esprit, pour peu que l'on sache que l'architecte méditerranéen est un amoureux de la Camargue : l'ouvrage a la silhouette et la couleur d'une aigrette, cet oiseau blanc doté de longues pattes pour marcher dans l'eau.

La plastique du pont, épurée de tout effort apparent, semble affranchie des contraintes techniques. D'ailleurs, le jury du concours ne s'y était pas trompé, séduit par « l'élégance et la finesse du traitement architectural ».

#### Entretien

ROMAIN RICCIOTTI et GUILLAUME LAMOUREUX, ingénieurs

### Associer le strict nécessaire à une grande liberté de forme

**Qu'appelleriez-vous la « poésie du métier d'ingénieur » ?**

*La poésie est induite par le site – le vent, la géologie, le débit du fleuve. Si l'ingénieur y prête attention, il peut transformer ces données naturelles en opportunités d'écriture, par exemple le profilage hydrodynamique des sections. Il y a aussi une poésie de la matière.*

*En raison de son coût, le BFUP impose un travail d'équarissage très technique (précontrainte additionnelle, lois des matériaux non linéaires...) par lequel on ne garde que le strict nécessaire. Et comme il est constitué de granulats très fins, il laisse une grande liberté de formes et de coffrage.*

**Le programme prévoyait de ne pas implanter de pile dans le fleuve.**

**Pourquoi être passé outre ?**

*C'est une problématique assez paradoxale des ponts : ils franchissent des cours d'eau, certes, mais la difficulté vient de la situation « inversée », lorsque l'ouvrage est lui-même totalement traversé par le fleuve lors des crues. Nous avons pris un risque conceptuel, il est vrai, mais nous l'avons compensé par le choix des matériaux et par l'optimisation de la transparence hydraulique.*

*Au final, l'écoulement naturel du fleuve n'est pas perturbé et l'ouvrage est tout de même plus élégant qu'un bow-string, non ?*

**Qu'advient-il le jour où le Lez sera navigable ?**

*L'ouvrage a été calculé pour des charges normales – chocs d'embâcles, fortes crues, trafic routier – et nous avons porté toute notre attention sur la finesse des béquilles. Les fondations des palées provisoires ont été mises en attente pour implanter des Ducs d'Albe qui le protégeront, le jour où la navigation sera autorisée. ■*

#### Chiffres clés

##### Tablier

Longueur : 75 m

Largeur : 17 m

##### Poutres

Longueur : 23 m

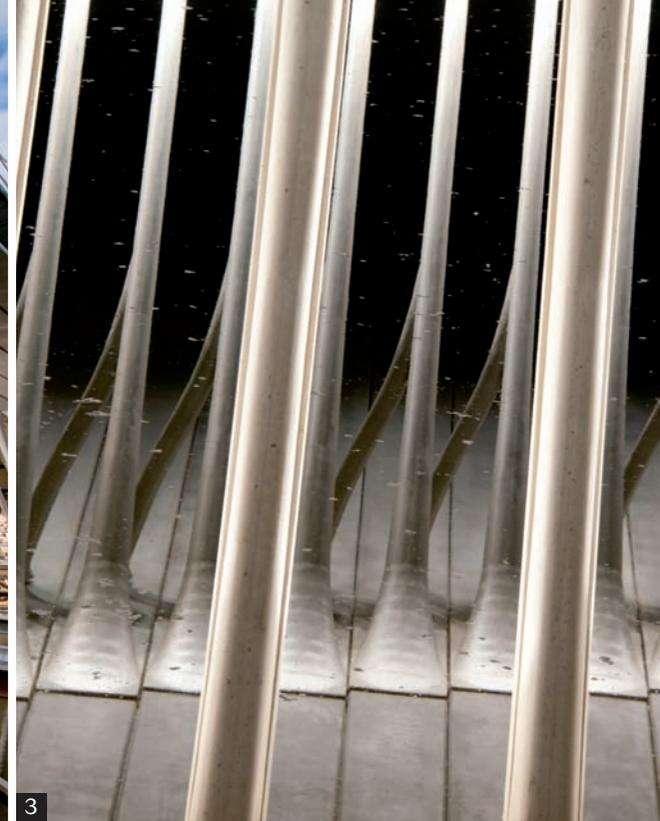
Hauteur : 80 cm

Poids : 14 t

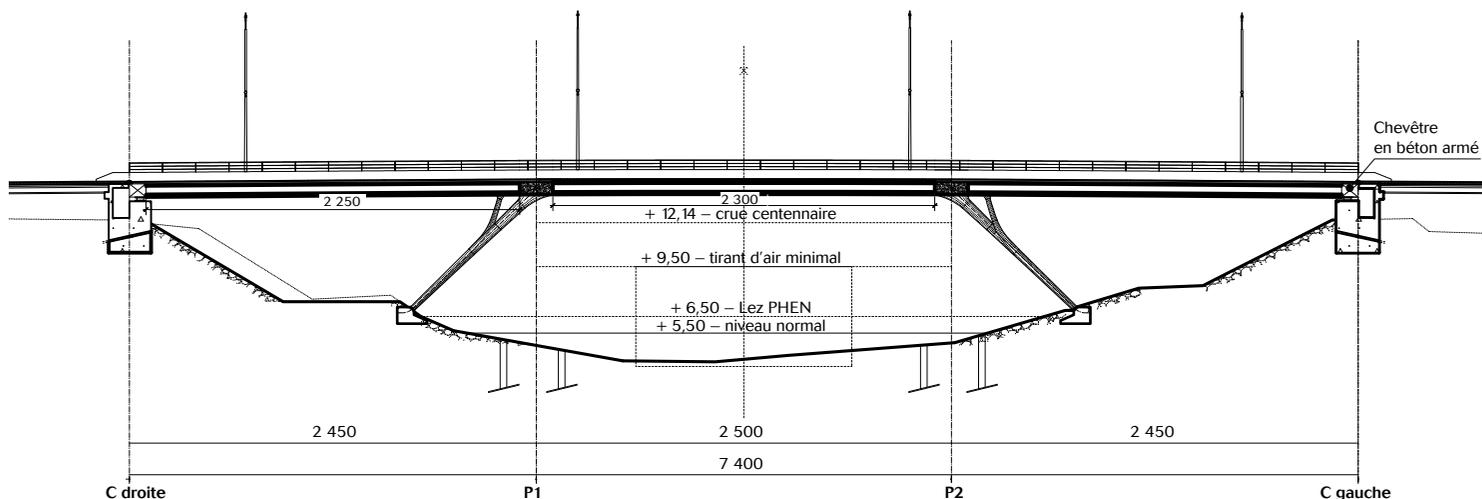
##### Béquilles

Longueur : 10 m

Section à inertie variable :  
25 x 32 cm en pied,  
80 x 200 cm en tête



→ 2 • Poutres et béquilles sont précontraintes en usine par pré-tension. 3 • L'extrême finesse des béquilles en Ductal®.



→ Coupe longitudinale de l'ouvrage.

### Caractéristiques

Ductal® blanc à fibre inox (1,25 %), formulation B150

#### Caractéristiques mécaniques :

- Avec traitement thermique :  
**48 h, 90 °C et 90 % HR** ;  
 – Résistance en compression :  
**170 – 200 MPa** ;  
 – Résistance en flexion :  
**10 – 20 MPa** ;  
 – Module d'Young : **50 – 60 GPa**

- Sans traitement thermique :  
 – Résistance en compression :  
**150 – 180 MPa** ;  
 – Résistance en flexion :  
**10 – 20 MPa** ;  
 – Module d'Young : **50 – 60 GPa**

Densité : 2,4 à 2,5

Trois paramètres rendent cette épure possible : la répartition multipliée des charges ; un profilage savant ; et un béton fibré à ultra hautes performances dont on se souvient qu'il est le matériau de prédilection des trois concepteurs depuis la passerelle des Anges en 2009, le Mucem et le stade Jean Bouin en 2013.

Le schéma structurel est celui d'un pont à béquilles. Le tablier, ultra mince (80 cm d'épaisseur) se divise en trois travées d'égale longueur, chacune comptant 17 poutres connectées à 17 béquilles. Inclinaison à 45°, les béquilles à inertie variable sont ancrées à 14 m de profondeur par 142 micropieux verticaux de 25 cm de diamètre en bordure du lit mineur

pour ne pas entraver la transparence hydraulique. Contrairement à la pratique courante, les béquilles sont encastrées dans le tablier et connectées par des rotules aux massifs d'ancrage. Elles sont associées à des contre-béquilles qui ont le double intérêt de participer à l'exigence de robustesse des Eurocodes et de parfaire l'élégance du dessin.

### « FRAGILE DEHORS, PUISSANT EN DEDANS »

« Cet ouvrage est un paradoxe : son esthétique est nourrie par la dictature du matériau et de la modélisation mathématique » ajoute Rudy Ricciotti. Dans ce domaine, le pouvoir est moins dans les mains de l'architecte

que dans celles de deux acteurs : l'entreprise Fondeville qui a pris des risques incroyables pour innover sur un produit expérimental ; et les deux ingénieurs, très engagés dans ce processus de Recherche et Développement ».

Plusieurs bonnes raisons justifiaient le recours au BFUP : les attentes plastiques de l'architecte, les contraintes structurelles et les impératifs très contraignants du chantier imposaient un matériau d'une très grande résistance mécanique. « Le BFUP est par ailleurs totalement étanche dans la masse, poursuit Romain Ricciotti. L'intérêt de son utilisation en contact avec l'eau est évident : entretien limité, grande durabilité et, a contrario



→ 4 et 5 • Les ergots que forment les jambes de force présentent un double intérêt : participer à l'exigence de robustesse des Eurocodes et parfaire l'élégance du dessin.

des ouvrages métalliques, pas de peintures écaillées dans le fleuve. » Deux entreprises ont fourni le BFUP : Eiffage TP (Béton Spécial Industriel, BS) pour les poutres et les corniches du tablier, Lafarge (Ductal®) pour les béquilles. « Un Ductal® blanc, tout nouveau, composé de fibres en acier inoxydable et spécialement formulé » précise Sébastien Bernardi, Directeur Technique BFUP/Ductal®

chez Lafarge. Les études et le chantier se sont déroulés en un temps record, le planning étant totalement lié au régime hydraulique du Lez. « La Police de l'eau avait imposé que le chantier soit réalisé pendant la période d'étiage, avec une fenêtre de travaux de quatre mois compris entre début mai et fin août, précise Romain Ricciotti. Pour respecter ce calendrier nous avons mis les bouchées dou-

bles pendant les deux années d'études ». En raison du planning tendu, la préfabrication en usine a permis de simplifier la logique constructive en concentrant la complexité en amont et en réduisant les interventions sur site. Le chantier y a gagné en temps et en sécurité.

Préfabriquées et précontraintes, les poutres (IPE à talon élargi), les béquilles et les jambes de force ont été transportées par bateau et camion. Au moyen de palées provisoires, les trois travées ont été assemblées sur place, d'abord en aval puis en amont. Grâce à leur profil en T inversé, les 51 poutres (3 x 17) sont jointives et liaisonnées entre elles par un hourdis en béton armé coulé en place. Les chevêtres ont également été coulés en place grâce aux abouts de poutre formant coffrage.

« Refus de vulgarité, croyance dans l'intelligence et la morale d'une technologie du XXI<sup>e</sup> siècle ont écrit ce pont très délicat, fragile dehors et puissant en dedans » conclut Rudy Ricciotti. Il a posé une foule de questions pour ne pas être consumériste de technologies importées. Sa réalisation peut être entièrement territorialisée et participe d'une mémoire

du travail. En tant qu'architecte, c'est la seule chose qui me passionne aujourd'hui du point de vue politique et économique. » ■

Photos : Lisa Ricciotti ;

4 – Lamoureux & Ricciotti

### Un BFUP inédit

Outre la capacité des concepteurs à travailler ce matériau, le choix s'explique par la nature du sol alluvionnaire qui imposait de minimiser le poids de l'ouvrage et donc de recourir à un matériau d'une très grande résistance mécanique afin de réduire les masses et les sections. Grâce à sa matrice cimentaire à pores fermés, le BFUP présente un empilement optimal des granulats qui permet d'atteindre des performances mécaniques en compression (150 MPa) et en traction 3 à 8 fois supérieures à celles d'un béton classique, autorisant des applications architectoniques et des opérations complexes tout en éliminant de nombreuses contraintes. En outre, sa porosité connectée nulle garantit une inertie aux agressions chimiques, à l'air et à l'eau qui lui assure une grande durabilité sans entretien. D'autant que sur cet ouvrage, la formulation inédite du Ductal® à bases de fibres d'acier inoxydable règle les problématiques de corrosion sur le long terme. Enfin, les éléments en BFUP sont livrés préfabriqués sur le chantier, générant un gain de temps et de sécurité.

Le tout favorise bien sûr l'économie du projet.



**Maître d'ouvrage :**  
ville de Montpellier

**Maîtrise d'œuvre :**  
BET Lamoureux Ricciotti  
ingénierie, mandataire ;  
architecte : Rudy Ricciotti

**Client :** Société d'équipement  
de la région Montpellieraine

**Programme :** 2 voies routières,  
2 pistes cyclables, 2 trottoirs

**Entreprises :** Fondeville

**Fournisseurs BFUP :** Poutres,  
corniche : BSI d'Eiffage TP  
(fibres métalliques/organiques) ;  
Béquilles : Ductal® en fibres inox  
(formulation B150) de Lafarge

**Coût :** 5 M € HT