



Pierres Vives

L'arbre de la connaissance

Dessiné par l'architecte Zaha Hadid, le bâtiment des archives départementales de l'Hérault constitue un monolithe visuel de béton et de verre. Pourtant, l'ensemble de l'habillage des façades a été préfabriqué. Et la teinte du béton uniformisée avec celle des bétons coulés en place.



Extrémité Sud du bâtiment, où on peut distinguer la structure porteuse en béton armé sur laquelle viennent s'accrocher les éléments d'habillage.

Un arbre couché – celui de la connaissance – constitue la symbolique du complexe dit des Pierres Vives, à Montpellier. Un bâtiment réunissant en un lieu trois compétences fortes, donnant ainsi naissance à une Cité des savoirs et du sport pour tous : les archives départementales (9 500 m²), la bibliothèque départementale (2 900 m²) et l'office départemental des sports (860 m²). Du Nord vers le Sud, le bâtiment se développe sur une longueur de 200 m pour 47 m de large et 26 m de haut. Il " reprend racine " au Nord. Là, ses formes sont simples, rectilignes, verticales, tel le

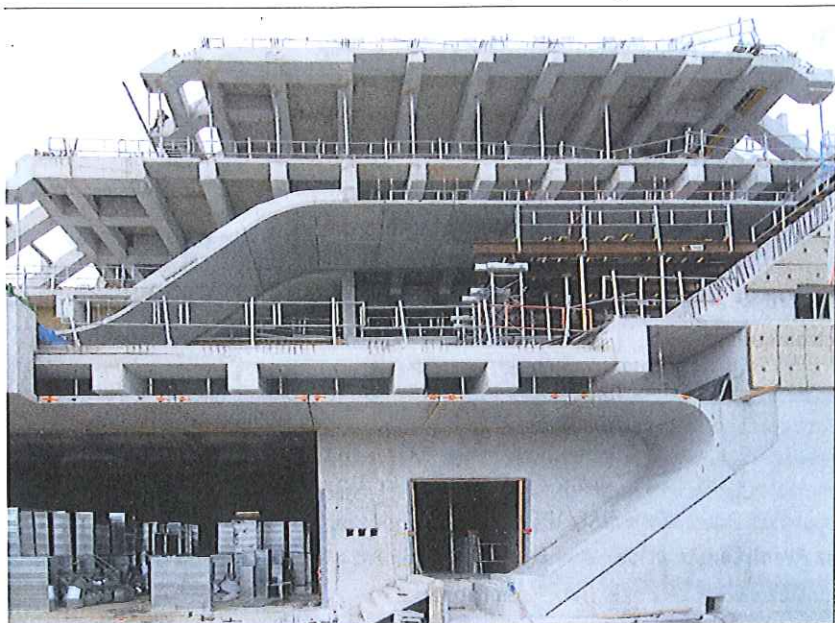
tronc de l'arbre. Puis, à mesure qu'on avance vers le Sud, les formes deviennent plus tourmentées, plus sinueuses, les plans s'inclinent jusqu'à 36°, au point qu'il devient difficile de faire la différence entre les murs, les planchers et les toitures. Le "tronc" laisse peu à peu la place aux "branches de l'arbre".

Pierres Vives est le premier bâtiment du nouveau quartier éponyme de Montpellier. Il se devait d'être un marqueur urbain puissant, visible et reconnaissable. C'est pourquoi, le Conseil général de l'Hérault, maître d'ouvrage de l'opération, a retenu le projet de l'architecte anglo-irakienne de renommée internationale Zaha Hadid. Comme il l'avait déjà fait avec Ricardo Bofill pour le quartier d'Antigone.

Variante

"préfabrication".

La désignation du groupement d'entreprises est le fruit d'un second appel d'offres, dans le cadre d'un "dialogue compétitif" qui prévoyait la rémunération des pré-études des différents candidats et surtout la possibilité de proposer des variantes au projet initial, entièrement envisagé en béton coulé en place avec des façades porteuses. L'objectif était de donner au bâtiment un aspect monolithique, comme peut l'être un arbre... Le groupement désigné – composé d'entreprises de Vinci Construction – a rapidement proposé une solution préfabriquée pour l'ensemble des façades. Au passage, ces dernières ont perdu leur vocation porteuse, ce qui a imposé beaucoup de reprises de calculs pour reporter les charges sur la structure du bâtiment. « L'aspect monolithique a été





[©BLM]

Un arbre couché – celui de la connaissance – est le symbole de Pierres Vives, cité des savoirs et du sport pour tous.

Repères

Maitre d'ouvrage : Conseil général de l'Hérault

Maitre d'ouvrage délégué : Hérault Aménagement

Maîtrise d'œuvre : Zaha Hadid Architecte

Maitre d'œuvre d'exécution : Chabanne et Partenaires

BET "gros œuvre et technique" : Ove Arup/Gec

Groupe d'entreprises : GTM Sud – Sogea Sud (mandataire) – Dumez Sud

BPE : Cemex Bétons Sud-Ouest

Préfabrication : Delta Préfabrication

SHON : 28 500 m²

Délai : Août 2008 – Début 2012 (dont 18 mois de gros œuvre)

Montant du marché : 86 M€ TTC

conservé malgré le recours à la préfabrication, ce qui a satisfait l'architecte », expose Frédéric Ferrari, directeur du projet. Le choix d'une dimension de 2,70 m pour les éléments préfabriqués, largeur calquée sur la trame structurelle du bâtiment, a permis d'atteindre ce résultat. Les joints verticaux, fins et réguliers, ont en même temps servi à dissimuler les quatre joints de dilatation (au lieu de trois prévus au départ) du bâtiment. Delta Préfabrication a assuré la préfabrication des éléments d'habillage des façades. Au total, l'industriel du béton ardéchois a livré 1 036 pièces auto-portantes dont la taille oscille entre 3 m et 9 m (et 12 m pour quelques-uns), pour des poids allant de 1,5 t à près de 22 t (avec un poids moyen de l'ordre de 6,2 t) et des épaisseurs de voile de 18 et 20 cm.

Dessin en 3D pour les moules.

La forme très complexe de nombre d'éléments, du fait de retours de 60 cm au niveau des ouvertures, a constitué la principale difficulté pour la préfabrication. « La forme de chaque pièce était très difficile à définir car elle intègre des évasements de forme tronconique, souvent à cheval sur plusieurs éléments », explique Frédéric Heyraud, directeur technique de Delta Préfabrication. La solution a consisté à dessiner chaque pièce en 3D, puis à faire usiner, à l'aide d'une fraise cinq axes, le contre-moule spécifique à partir des fichiers numériques. « Une première pour l'industriel ! ». « La complexité des éléments était telle que plus de la moitié des coffrages a nécessité jusqu'à trois jours d'ajustement et de modification pour une journée de coulage... »

Trois catégories de pièces ont été préfabriquées : 562 ver-

tales, 259 inclinées et 180 horizontales. A quoi s'ajoutent quelques éléments spécifiques [voir schéma I]. En fait, 650 pièces différentes ont été répertoriées, ayant nécessité 13 moules différents et 151 formes coniques à usage unique. Pour valider l'intégralité du processus de production en usine, ainsi que les principes d'assemblage, Delta Préfabrication a fourni au départ 17 pièces prototypes. Ces derniers ont permis la construction d'un bâtiment test qui sert aujourd'hui de Maison du projet.

Outils de pose hydraulique sur mesure.

La pose des éléments d'habillage était presque aussi complexe que leur préfabrication. Deux raisons à cela. L'exigence première de l'architecte était de n'avoir aucun point de levage visible (absence d'ancres de levage) sur les appuis de fenêtre. Un second aspect était de disposer d'un système permettant d'immobiliser et de maintenir les pièces durant les phases de réglage et de clavetage. Pour répondre à ces contraintes, la solution mise au point par le groupement d'entreprises se décompose en deux sous-ensembles.

Schéma I – Répartition des différents types de pièces préfabriquées destinées à l'habillage des façades.



Pour permettre le levage et la mise en place des pièces préfabriquées, deux potences métalliques viennent se fixer par boulonnage sur leur face interne. L'ensemble est ensuite repris à l'aide d'un classique palan [voir schéma II]. La seconde partie du système est un outil de pose spécialement construit pour l'occasion. « Nous disposons de dix outils similaires sur le chantier », confie Frédéric Ferrari. D'un point de vue technique, il s'agit d'un châssis de pose autonome d'un poids de 2,2 t équipé de trois types de vérins hydrauliques permettant les réglages en X, Y et Z. Une petite centrale hydraulique complète le dispositif. Ce châssis est fixé dans un premier temps sur le bord du plancher sur lequel doit venir se claver l'élément de façade [voir schéma III].

Les potences fixées à l'arrière des panneaux préfabriqués viennent s'accrocher sur les têtes de vérins de réglage en Z de l'outil de pose, libérant ainsi la grue. Au niveau inférieur, une béquille offre un point d'appui à la partie basse de l'élément préfabriqué. Le positionnement fin de la pièce peut alors être opéré en pilotant les vérins de l'outil de pose.

Etanchéité métallique sur les pans inclinés.

En nez de dalle, une réservation est laissée libre, avec des armatures en attente, dans laquelle viennent s'insérer les aciers en attente présents à l'arrière des panneaux préfabriqués. Une fois la pièce dans sa position définitive, un béton de clavage – un C 50/60 accéléré – est coulé dans la réservation. Potences et outil de pose restant en place jusqu'à durcissement complet du béton. A l'issue de cette phase, l'ensemble peut être démonté pour servir à une nouvelle opération de pose.

L'extrémité Sud du bâtiment Pierres Vives est inclinée sur sa totalité à 36°. Disposition qui créait une problématique d'étanchéité car les seuls éléments préfabriqués ne suffisaient pas à assurer cette fonction. Pour constituer la barrière étanche indispensable, le groupe-



Pose d'un élément de façade : les potences fixées à l'arrière du panneau sont sur le point d'être accrochées sur les têtes de vérins de réglage en Z.

ment d'entreprises a réalisé sur la totalité du pan incliné une toiture en bac acier. Des potelets en béton traversent cette toiture pour constituer les points d'appui des éléments préfabriqués. L'espace présent entre la toiture métallique et l'habillage en béton devant être visitable, ce dernier a été prévu démontable. De fait, tous les panneaux de cette zone bénéficient d'ancres de levage, calepinés avec précision et masqués par des bouchons vissés de même couleur grise que le béton.

Etude colorimétrique pour les bétons.

Le gris semble donc bien être la couleur du savoir. C'est en tout cas la teinte privilégiée par l'architecte Zaha Hadid pour le bâtiment dit des Pierres Vives – la Cité des savoirs et du sport pour tous –. Cette couleur, uniforme, enveloppe l'intégralité de la construction, à parité avec les surfaces vitrées : 8 500 m² pour le béton et 8 000 m² pour les ouvertures. Mais au-delà, le béton occupe de très importants volumes à l'intérieur du bâtiment. Et il est pour l'essentiel coulé en place. Au total, les bétons de la structure représentent 28 000 m³, dont "seulement" 2 661 m³ pour les éléments préfabriqués de façade. « La volonté de l'architecte était que les bétons, tant coulés en place que préfabriqués, aient exactement la même teinte grise », souligne Jean-Marc Devergne, responsable qualité du projet pour le groupement Vinci Construction. De plus, les bétons sont tous laissés bruts de décoffrage.

Fiche signalétique "Béton préfabriqué"

- C 35/45 (60 MPa réels)
- 2 661 m³
- E_{eff}/L_{eq} : 0,49
- G/S : 1,2
- D_{max} = 12,5 mm
- Consistance : S4
- Classe d'exposition : XF 1 – XC 4
- Ciment CEM I 52,5 R CE CP2 NF gris de Lafarge le Theil (07)
- Sable de calcaire blanc NF 0/2,5 et granulats de calcaire blanc NF 2,5/6 et 6/12,4 carrière GSM de Roussas (26)
- Superplastifiant BASF CC Glenium 21

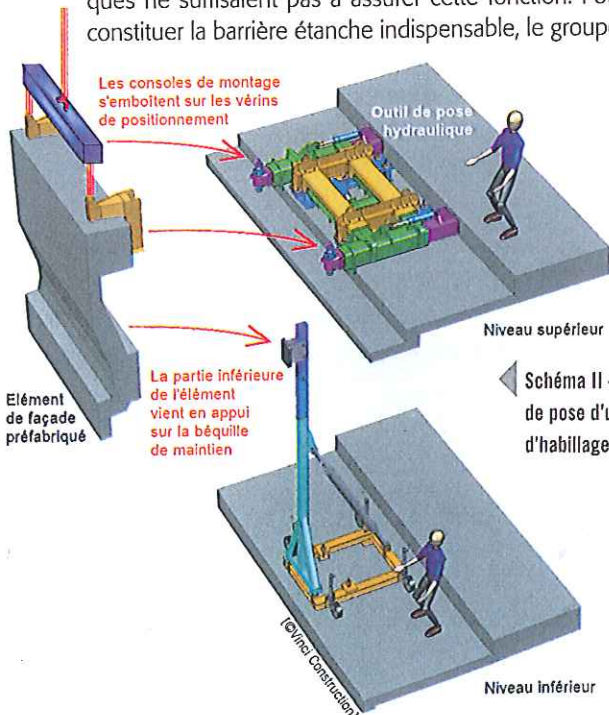
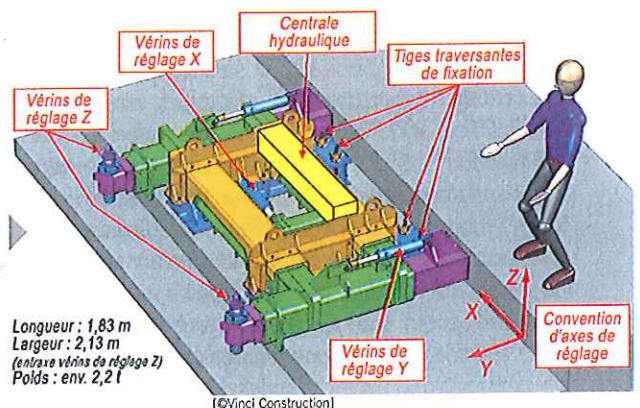


Schéma III – Outil de pose hydraulique en détail.



« Réaliser du béton gris architectonique et, qui plus est, sur toute la durée d'un chantier comme celui des Pierres Vives est l'une des choses les plus compliquées », confie Jérôme Montané, directeur d'agence Cemex Bétons Languedoc-Roussillon. Ce qui n'a pas empêché le bétonnier de relever le défi, mais en mettant toutes les chances de son côté.

Les travaux ont débuté par une étude colorimétrique complète, en partenariat avec le Lerm (Laboratoire d'étude et de recherche sur les matériaux). Tous les fournisseurs ont joué le jeu. « Le carrier Languedoc Granulats a donné des extrêmes de colorimétrie de ses granulats et Ciments Calcia s'est engagé sur une teinte constante de son ciment », poursuit Frédéric Joubert, responsable produits spéciaux Cemex Bétons.

Sélection précise des matières premières.

« L'étude de la colorimétrie est quelque chose de totalement nouveau pour notre profession », poursuit Jérôme Montané. Et sans doute une tendance qui pourrait bien se développer dans les années qui viennent. A l'issue de cette première phase d'études, et après calage de la teinte définitive des bétons coulés en place, Cemex a sélectionné chez le carrier des carreaux de tir, afin de garantir la bonne couleur pour ses approvisionnements en granulats. Côté chantier, la démarche était aussi nouvelle, à plus d'un titre car, de manière traditionnelle, l'encadrement avait l'habitude d'installer sa propre centrale sur site « pour avoir la maîtrise des choses ». Envisagé au départ en béton coulé en place, l'option constructive a vite été abandonnée au profit d'une solution préfabriquée pour les façades. « Nous avons alors pensé à monter une unité de préfabrication foraine, elle aussi délaissée compte tenu de la complexité des pièces et du nombre de moules à concevoir », reprend Jean-Marc Devergne. Et confié à Delta Préfabrication. Le partenariat – et la confiance – a donc été total entre les différents acteurs du chantier.

Toujours au niveau des bétons coulés en place, les contraintes météorologiques constituaient un autre obstacle à la garantie de la teinte. « Nous avons réalisé des essais de coulage dans notre laboratoire à 5, 15 et 30 °C », confirme Frédéric Joubert. Les bétons ont aussi été un peu adaptés aux conditions atmosphériques par l'incorporation d'un accélérateur ou d'un retardateur de prise.

3 700 livraisons de BPE.

Tous les bétons livrés se sont inscrits par contrat dans une classe de consistance S4/S5, avec une durée pratique d'utilisation de 90 mn (sauf pour les C40/50 de clavetage des éléments de façade, limitée à une DPU de 45 mn). Adjuvantation Cemex et haute précision du dosage en eau (+/- 3 l) ont, entre autres, permis de garantir ces engagements sur les 3 700 livraisons réalisées sur le chantier.

« C'est le chantier de la montée en compétence, sou-



Du Nord vers le Sud, le bâtiment des Pierres Vives se développe sur une longueur de 200 m pour 47 m de large et 26 m de haut.

ligne Jean-Marc Devergne. Ici, nous avons joué le Tournoi des Six Nations des bétons. » D'autant qu'il y avait deux types de bétons : le coulé en place et le préfabriqué. Avec toujours cette même contrainte de teinte. Là aussi, les échanges et le partenariat ont été entiers. Et le résultat, à la hauteur des attentes. Sachant que les matières premières utilisées par le BPE et le préfabricant étaient totalement différentes. Ciment d'origine Calcia pour le premier, ciment Lafarge pour le second. Granulats du Languedoc-Roussillon pour le premier, de la Drôme pour le second. Adjuvantation Cemex pour le premier, BASF CC pour le second. A vrai dire, le seul endroit où une légère différence de teinte est perceptible se situe à l'interface entre la sous-face de l'auditorium et des panneaux préfabriqués, à l'intérieur du bâtiment. Mais il y a une explication à cela. La dalle inférieure de l'auditorium, ondulée, d'une superficie globale de 1 600 m², a été coulée en une seule fois et laissée coffrée pendant près de six mois... Un des morceaux de bravoure du chantier.

Frédéric Gluzicki

¹ Lire Béton[s] le Magazine n° 23 – Juillet/Août 2009, p. 41

Fiche signalétique "Bétons coulés en place"

- Cemex Bétons
- C 30/37 (A) et C 50/60 (B)
- 10 000 m³ (A) et 7 500 m³ (B)
- E/C : 0,5 (A) et 0,4 (B)
- G/S : 1,2
- D_{max} = 16 mm
- Chlorures : Cl 0,4
- Consistance : S4/S5
- Classe d'exposition : XF 1
- Ciment CEM I 52,5 N CE CP2 NF gris de Calcia Beaucaire (30)
- Sable 0/4 et granulats 6/16, calcaire concassé Languedoc Granulats (34)
- Filler calcaire La Provençale
- Superplastifiant Cemex Admixtures Isofluid 71
- Option accélérateur ou retardateur

Future entrée principale des Pierres Vives. On distingue la sous-face ondulée de l'auditorium, structure coulée en une seule fois, prolongée par des éléments préfabriqués.

