



Mucem

Temple minéral

Une œuvre d'art. C'est la première impression ressentie en découvrant le Mucem.

Faisant face à la mer, il oppose ses noires dentelles aux pierres beiges du Fort Saint-Jean, placé à l'entrée du Vieux-Port de Marseille.

Seul, un faisceau de béton le relie à l'ancien édifice militaire, voulu par Louis XIV.

Le Musée des civilisations de l'Europe et de la Méditerranée peut être considéré – tout du moins pour le moment – comme l'œuvre majeure de l'architecte Rudy Ricciotti, tant ce projet réunit de prouesses technologiques sans rien lui ôter de sa pureté esthétique, toute minérale. L'édifice se présente comme un vaste volume de 72 m de côté pour une hauteur globale de 25 m (dont 7 m sous le niveau de la mer). Dedans s'intègre un second volume de 52 m de côté pour 18 m de haut qui constitue l'espace muséographique en tant que tel. Celui-ci est ceinturé sur ses

faces Nord-Ouest et Nord-Est par le bâtiment administratif. Un R + 4 en "L" de 72 m de côté [Lire encadré]. Entre ce bâtiment et le musée prend place une coursoive de circulation. En fait, une passerelle périphérique de 820 m de long qui entoure en spirale le volume muséographique.

La singularité du Mucem est de faire appel au béton de fibres à ultra-hautes performances (Béfup) pour sa réalisation. Quelque 711 m³ de Ductal FM (fibrés métal) avec formulation anti-feu par intégration de micro-fibres en polypropylène. « Une formule très efficace pour la tenue au feu, mais qui rend le mélange très pâteux, peu sympathique au niveau de sa rhéo-

Une partie de la terrasse du Mucem est protégée par des panneaux en résilles de Béfup faisant office de brise-soleil, à la manière d'un filet de camouflage.

Repères

Maître d'ouvrage : Ministère de la Culture et de la Communication - Direction générale des patrimoines

Maître d'ouvrage délégué : Oppic (Opérateur du patrimoine et des projets immobiliers de la culture)

Maîtrise d'œuvre : Agence Rudy Ricciotti

BET maîtrise d'œuvre : Sica

BET exécution : Lamoureux & Ricciotti Ingénierie

Groupeement d'entreprises : Dumez Méditerranée - Freyssinet

Bétons : Lafarge Bétons (15 000 m³)

Béfup : Ductal de Lafarge (711 m³)

Préfabricant : Bonna Sabla

Shob : 33 470 m² (15 510 m² de Shon)

Délai : 34 mois (tous corps d'état)

Montant du marché : 102 423 M€ HT

Posé sur son socle, le Mucem semble baigner dans la darse qui l'entoure au trois quarts.



logie », explique Patrick Mazzacane, directeur d'activité Béfup chez Bonna Sabla.

En regard du volume total de bétons mis en œuvre pour la construction du Mucem – 15 000 m³ –, le Ductal n'en est que la portion congrue. Mais quelle portion ! Celle qui donne au musée toute son identité visuelle, mais aussi structurelle. Ici, le Béfup n'est pas seulement décoratif, c'est lui qui porte le bâtiment, au sens noble du terme, mais sans entraver les espaces intérieurs. Les plateaux sont libérés de tous poteaux, déportés sur la périphérie, derrière les vitrages. Des poteaux sublimés par le geste de l'architecte. Ce ne sont plus des poteaux, mais des arbres, avec toutes leurs irrégularités et leurs ramifications, nés de la main du sculpteur Philippe Deplagne suivant les indications de Rudy Ricciotti.

La schizophrénie des Atex. Ces "arbres" se déclinent en trois profils : droits, de section régulière ou conique, en "Y" avec plusieurs formes possibles et en "N". Ils peuvent être mis en œuvre selon deux sens et, dans le plan, à 0° et à 180°. « Soit une vingtaine de modules pour un total de 309 poteaux de 2,79 m à 8,79 m de haut pour des diamètres allant de 25 cm à 40 cm », reprend Patrick Mazzacane. Des poteaux empilables afin de créer des files continues sur toute la hauteur du volume intérieur. Ils sont connectés entre eux par le biais d'une poutre de rive qui permet de claveter en même temps les éléments des planchers [lire plus loin].

Non armés, les poteaux intègrent en leur cœur une gaine destinée au passage des câbles de post-contrainte. « Chaque ramification de chaque poteau arborescent contient au moins un toron, mais la moyenne oscille entre 3 et 7, sachant que les câbles compte 13 torons », explique Romain Ricciotti, ingénieur structures et cogérant du bureau LR Ingénierie, à Marseille. C'est ce cabinet qui était en charge du calcul de la structure. « Plus de 6 000 pages de notes de calcul pour identifier tous les efforts », insiste l'architecte Rudy Ricciotti. Et comme si cela ne suffisait pas, la construction cumule huit Atex. Celles-ci portent notamment sur les passerelles d'accès au Mucem, sur la coursive, sur les poteaux arborescents, sur les poutres-planchers, sur les potences de toiture et,

La partie basse du musée se situe à 7 m sous le niveau de la mer, protégée par une paroi moulée laissée brut. Dessus prend place la résille d'habillage. A gauche, on distingue les poteaux arborescents et au centre, la sous-face de la coursive.

Les trois pôles du Mucem

Le projet "Mucem" ne s'arrête pas au seul pôle muséographique signé Rudy Ricciotti. En fait, il comprend deux autres opérations tout aussi importantes, même si elles donnent l'impression d'être moins spectaculaires. La première d'entre elles est la rénovation du Fort Saint-Jean, sous la direction François Botton, architecte en chef des Monuments historiques, et de l'architecte Roland Carta, qui supervise l'aménagement des bâtiments. Ceux-ci proposeront des galeries d'exposition sur les thèmes de la fête et des spectacles. L'agence de paysagistes APS intervient aussi dans le projet en assurant la création d'un jardin promenade de 15 000 m² – le Jardin des migrations – invitant à la découverte du Fort. Le second volet est la réalisation du Centre de conservation et de ressources, situé plus haut dans la ville de Marseille, tout près de la gare Saint-Charles. Œuvre de l'architecte Corinne Vezzoni, cet ouvrage est conçu dans le cadre d'un partenariat public-privé. Il se développe sur 10 000 m² et constitue le lieu de conservation des collections du Mucem. Il sera largement ouvert au public.



Les planchers du musée sont constitués de méga-poutres jointives, réalisées en béton précontraints par fils adhérents (Prad). Derrière les vitres prennent place les poteaux arborescents.

Installées en terrasse, 35 potences supportent la coursière de circulation qui ceinture le volume muséographique sur toute sa hauteur.

bien entendu, sur les résilles. Une schizophrénie, mais une obligation, tant la construction est expérimentale. « C'est rassurant de poser des Atex sur des techniques non encore diffusées et d'y impliquer le CSTB, reprend Romain Ricciotti. Cette démarche force tous les partenaires à élever le niveau. Nous ne sommes plus dans la routine. » Même le maître d'ouvrage a suivi, soutenant sans réserve le maître d'œuvre !

Exécutée dans l'usine de Vandargues, près de Montpellier, la préfabrication des poteaux s'est faite à la verticale, avec une précision millimétrique, tant pour positionner les rotules de tête et de pied que pour figer les gaines de post-contrainte. A ce niveau, Bonna Sabla a dû mettre au point un système de calage par cerces et tiges de maintien, éliminées après décoffrage.

Des planchers faits de méga-poutres.

Partie horizontale du volume muséographique, les planchers sont eux aussi préfabriqués. Mais là, le choix s'est porté sur des éléments en béton plus classique – un C60/75 –, bien qu'envisagé en Béfup. Il s'agit de 229 méga-poutres jointives en "I" de 85 cm de haut pour des portées maximales de 25 m. De type précontraintes par fils adhérents (Prad), elles sont asymétriques, puisque présentant une semelle supérieure de 1,20 m de large et une semelle inférieure de 70 cm environ. Quant aux âmes, elles sont concaves et capitonnées, après coup, d'un isolant phonique.

Sur site, toute la structure du corps principal du Mucem

est édiflée à l'envers. Tout d'abord, les méga-poutres sont posées sur des étalements provisoires sur les trois niveaux que compte le bâtiment, puis réunies par clavage. En parallèle, les poteaux arborescents sont superposés avec grande précision sur tout le pourtour et sur toute la hauteur de la structure. S'ensuit la réalisation des poutres de rive en C60/75 de teinte noire, comme les poteaux. Ultra-armées (400 kg/m³ d'acier), elles permettent l'assemblage simultané de toutes les méga-poutres et des éléments de poteaux entre eux. Une précontrainte longitudinale leur est appliquée. Enfin, la même opération est réalisée à la verticale au niveau de chaque poteau. C'est seulement à l'issue de toutes ces étapes que les planchers peuvent être décrochés en partant du haut du bâtiment.

Singulière, cette structure arborescente demeure pourtant invisible depuis l'extérieur, cachée par la dentelle de Ductal qui en compose le revêtement. Élément emblématique du Mucem, cet habillage minéral ajouré forme les façades Sud-Est et Sud-Ouest de l'édifice. Les plus exposées aux rayons solaires. Une partie de la terrasse est aussi protégée par ce même dispositif faisant office de brise-soleil, à la manière d'un filet de camouflage.

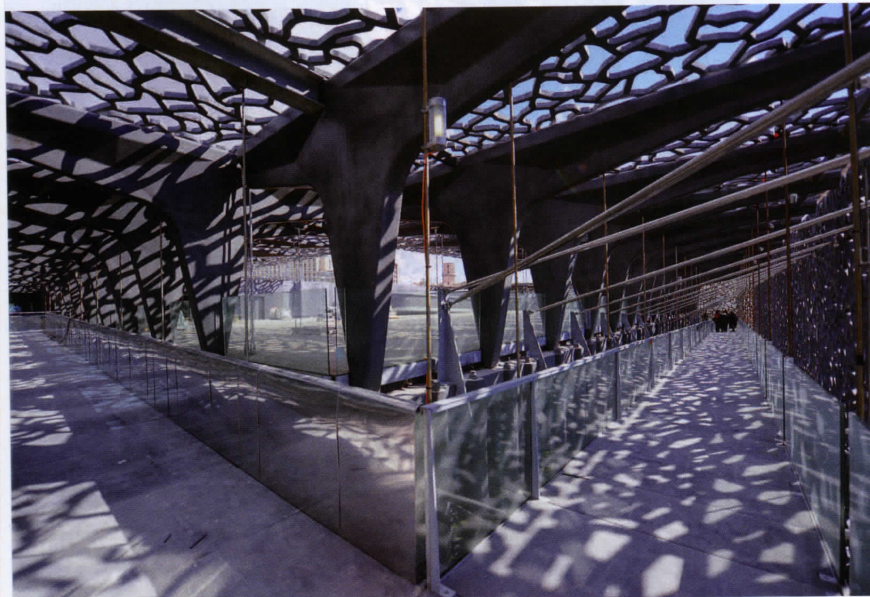
Deux résilles cohabitent : les verticales, d'une épaisseur de 10 cm, et les horizontales, plus fines, avec leurs 7 cm. « Le format de base de toutes les résilles est le même : 6 m x 3 m », détaille Patrick Mazzacane. Des résilles à brins, c'est-à-dire dont les branches sont continues, visuellement, d'un élément à l'autre. « Elles présentent plusieurs dessins pour effacer l'impression de répétitivité. »

Des potences à coursière.

Afin de privilégier tant la face extérieure que la face intérieure, toutes deux vues et pouvant être touchées, Bonna Sabla a fait le choix d'un coulage à la verticale à l'intérieur d'un moule à carcasse métallique. Cette option a conduit à un décoffrage contraignant, nécessitant le retrait, un à un, des noyaux servant à la création de la dentelle.

Auto-portants, les panneaux sont empilés les uns sur les autres, maintenus en place à l'aide de boutons tirants-poussants en inox, installés à la croisée de quatre éléments et venant se fixer sur les poutres de rive ou sur des raidisseurs de façade.

Les panneaux horizontaux sont posés sur des potences disposées en terrasse, un système anti-soulèvement les maintenant en place. Ces potences jouent un second rôle, beaucoup plus important : elles supportent la coursière de circulation ceinturant le musée. « Il y en a 35 en



totalité, réalisées en Ductal, avec une forme en "T" de 14 m d'envergure pour 4,50 m de haut », précise Patrick Mazzacane. Et Romain Ricciotti de compléter : « Elles sont armées sur leur partie horizontale pour assurer la reprise des efforts en flexion ». Posées sur la poutre de couronnement par l'intermédiaire d'une articulation, elles portent à la coursive dans son intégralité. Des tirants reliant la partie arrière du "T" au plancher permettent d'équilibrer les efforts.

S'articulant autour d'une ossature métallique, la coursive reçoit un platelage simple anti-dérapant en Ductal. Celui-ci a été obtenu par sablage fin du moule. Le platelage se décompose en quelque 1 100 panneaux de 1,75 m x 0,75 m et d'une épaisseur de 2,5 cm capable de reprendre une charge de 400 daN/m².

Placé en léger contre-bas du Fort Saint-Jean, sur un socle porteur, le Mucem semble baigner dans une darse l'entourant aux trois quarts. Si l'accès principal se situe au rez-de-chaussée, côté môle portuaire, Le musée est aussi relié au Fort par une passerelle monolithique de 120 m de long pour une portée centrale sans appui intermédiaire de 80 m, venant mourir sur la terrasse. Cet ouvrage constitué de 25 vousoirs en Ductal de 4,65 m reprend à l'identique le dessin de la Passerelle des Anges, installée près de Saint-Guilhem-le-Désert (34), mais avec une précontrainte adaptée au site marseillais.

La dernière surprise.

« La Passerelle Saint-Jean a été réalisée avant le musée, ceci afin de libérer au plus tôt l'espace situé dessous pour permettre le creusement de la darse », indique Romain Ricciotti. De fait, elle a été posée sur un pilier construit par anticipation, intégré ensuite à la structure du musée. Sa partie centrale a été précontrainte de manière provisoire pour en assurer la tenue. A l'issue des travaux de construction du Mucem, la passerelle a été complétée par deux travées d'équilibrage, une côté Fort et l'autre côté terrasse du musée. A cet endroit, un palier de tournement à 180° a été créé pour



(C)DR

répondre à une contrainte particulière : respecter la pente maximale imposée par la réglementation d'accessibilité aux personnes à mobilité réduite. En fait, dans ce contexte, la passerelle touchait la terrasse près de 1 m trop haut, d'où le palier complémentaire qui donne finalement à l'ensemble une esthétique toute particulière, car rendant l'arrivée sur la terrasse moins brutale.

En cours de chantier, une deuxième passerelle est venue s'ajouter au projet global. Plus courte, puisque se développant sur "seulement" 76 m sans appui, elle permet de relier de façon aérienne le Fort Saint-Jean au quartier du Panier, le plus ancien de Marseille, situé au Nord du Vieux-Port et derrière l'Hôtel de ville. Cette nouvelle passerelle se décompose en 15 vousoirs et présente le même design que la Passerelle Saint-Jean. Pour Bonna Sabla, cette commande supplémentaire fut une bonne surprise. Mais qui pourrait en douter ?

Frédéric Gluzicki

Le Mucem en pleine phase de construction. On aperçoit la Passerelle Saint-Jean déjà en place.



Découvrez la suite des images du Mucem sur www.acpresse.fr, rubrique "Chantiers en images".

La part du "coulé en place"

Accolé au volume muséographique en tant que tel, le bâtiment administratif, en "L" de 72 m de côté, constitue en fait les façades Nord-Ouest et Nord-Est du Mucem. Par contre, les deux pôles sont désolidarisés l'un de l'autre à l'intérieur de ce même ensemble architectural, séparés par la coursive en spirale permettant la circulation verticale sur toute la hauteur du musée. Un choix volontaire de l'architecture Rudy Ricciotti qui ne voulait aucune "contamination" entre les deux éléments. Une obligation technique aussi, puisque les bâtiments présentent des structures tout à fait différentes. Un petit immeuble de bureaux de type R + 4 d'environ 7 m de large, classique dans sa conception, pour le bâtiment administratif et un concentré de technicité hors norme pour le volume muséographique, développé sur 3 niveaux. Surtout, les liaisons horizontales auraient été difficiles à gérer du fait des hauteurs de planchers sans correspondances entre les deux structures. Même s'il reste simple, le bâtiment administratif n'en a pas moins bénéficié de tout le soin de la part de l'entreprise. A vrai dire, c'est à ce niveau que Dumez Méditerranée a pu se faire plaisir, côté béton coulé en place bien entendu, car l'essentiel du Mucem a largement fait appel à la préfabrication. Le premier point remarquable est le traitement du rez-de-chaussée, avec ses poteaux-champignons, non prévus au départ



(C)ACPresse

Poteaux-champignons du rez-de-chaussée du bâtiment administratif.

sous cette forme. « Nous avons surépaissi les planchers pour y noyer les retombées de poutres. Un travail fait de concert avec l'architecte, explique Jean-François Eynaudi, directeur du projet. Nous sommes très fiers de cette zone. » Au-delà, dans les étages, ce sont près de 8 formes de poteaux différents qui sont répertoriés, tous réalisés à l'aide de coffrages métalliques fabriqués sur mesure.