Allianz Riviera ou l'alliance du bois et du métal pour un défi géométrique et structurel

Ralf Levedag
Cabinet WILMOTTE

Valéry Calvi
BET CALVI

Christophe Eglin
FARGEOT LAMELLE COLLE

Allianz Riviera ou l'alliance du bois et du métal pour un défi géométrique et structurel

1. Présentation du Projet

Le 11 octobre 2010 restera chez FARGEOT LAMELLE COLLE (ARBONIS) comme une date historique. En effet, c'est ce jour-là que le groupement Nice Eco Stadium, conduit par VINCI Concessions en association avec la Caisse des Dépôts et SEIEF, a été pressenti pour la construction du futur grand stade de Nice : le Allianz Riviera. Ce stade multifonctionnel de 35 600 places accueillera en particulier les Jeux de la Francophonie de 2013 et l'Euro 2016.

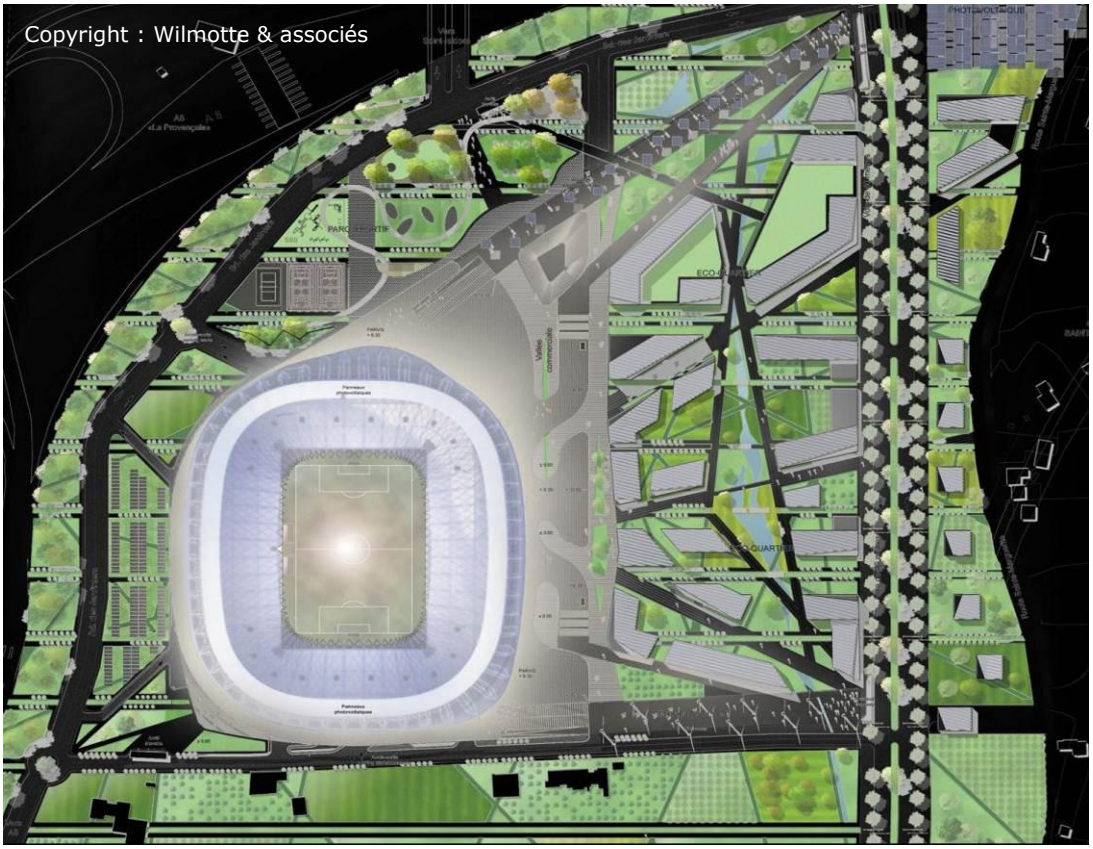
Janvier 2010, ARBONIS est sollicité par VINCI Construction France Nice pour la charpente de ce projet en PPP (Partenariat Privé Public). VINCI CF veut clairement se démarquer par un projet architecturalement ambitieux et innovant, projet conçu par la prestigieuse agence WILMOTTE et Associés. Les équipes FARGEOT LC, se passionnant sur le sujet, s'associent assez rapidement avec SMB, charpentier métallique de St Brieuc, filiale du groupe SOPREMA, qui est un réel partenaire de VINCI. Pour compléter l'équipe, nous décidons de nous appuyer sur les compétences du bureau d'études de Dominique CALVI car à projet d'exception il faut des hommes d'exception. Le service Grands Projets de la Direction Déléguée Rhône Alpes Nord, dirigé par Yann NICOLAS, qui a déjà œuvré sur le Stade de France et le MM Arena du Mans, viendra en appui de l'équipe par son incontournable expérience en matière de méthode et technique.

Alors qu'au début de l'aventure la faisabilité de la charpente mixte en bois et métal était difficilement admise sur un tel projet, la confiance a été vite gagnée par l'expertise technique que le groupement a apportée. Ainsi, au fil des réunions chez l'architecte, l'équipe FARGEOT LC-SMB, appuyée par Dominique CALVI, a été force de propositions sur la structure de cette étonnante charpente mixte bois métal.

Une victoire haut la main du groupement VINCI à laquelle les équipes de FARGEOT LC sont associées à leur plus grand plaisir. La conception et la construction de l'ouvrage sont assurées par un groupement composé de VINCI Construction France, via ses filiales locales DUMEZ Côte d'Azur, GTM TP Côte d'Azur, GTM Sud, TRIVERIO Construction, CAMPENON BERNARD Sud Est et le groupement FARGEOT LC-SMB, et de sociétés niçoises, dont GARELLI. Le groupement s'appuie sur l'agence d'architecture WILMOTTE et Associés

et sur les bureaux d'études IOSIS et EGIS. L'exploitation du stade est assurée par NICE ECO STADIUM et les missions d'entretien, maintenance sont confiées à des sociétés de VINCI Facilities (pôle Énergies).

Ce stade, imaginé par l'architecte Jean-Michel WILMOTTE, est d'une conception et d'une dimension exceptionnelle (de dimension 4 fois plus importante que le Centre Pompidou de Metz) : une résille bois lamellé collé surmontée d'une charpente métallique triangulée, ladite résille étant en fait un tressage de poutres bois qui fait appel à des techniques de recollage de blocs.

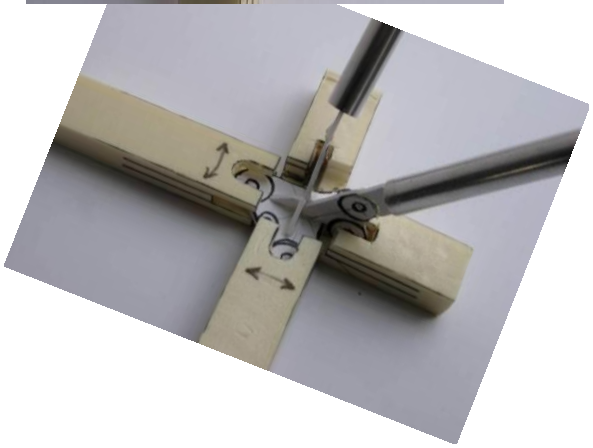


2. Le projet architectural

L'architecte a travaillé autour de 5 grands principes, il fallait un stade :

- **EcoPositif :** 7500m² de panneaux photovoltaïques sur la couverture. La récupération des eaux de pluie le rend autonome en eau.
- **Innovant :** Un mur soufflant capte naturellement, le vent de la plaine du Var à la mi-saison.
- **Econome :** La structure bois permet de stocker 4000 tonnes de CO^2.
- **Eco-Ludique :** Les éoliennes et les panneaux solaires permettent de sensibiliser le public aux énergies renouvelables.
- **Intégré :** L'écoquartier et le stade seront connecté réseaux de transport en commun. Un travail soigné est mené autour de l'intégration paysagère du projet, en jouant sur les formes et les matériaux.

Les choix structurels donnent toutes leurs identités aux nouveaux stades, il était donc important de mettre en valeur les choix techniques. C'est pourquoi la couverture sera en partie translucide, un designer du cabinet Willmotte a travaillé en étroite collaboration avec l'équipe BE Fargeot pour définir l'esthétique des assemblages. De nombreuses maquettes ainsi qu'un prototype à l'échelle 1 ont été réalisées pour valider tous les choix.



3. La structure

Décomposition

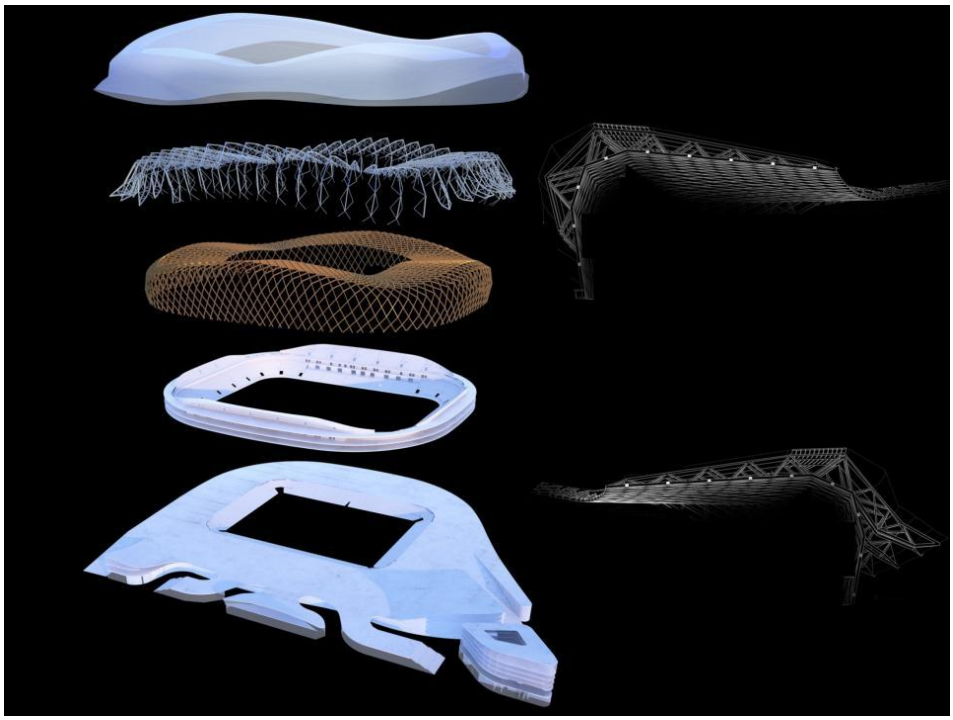
Couverture

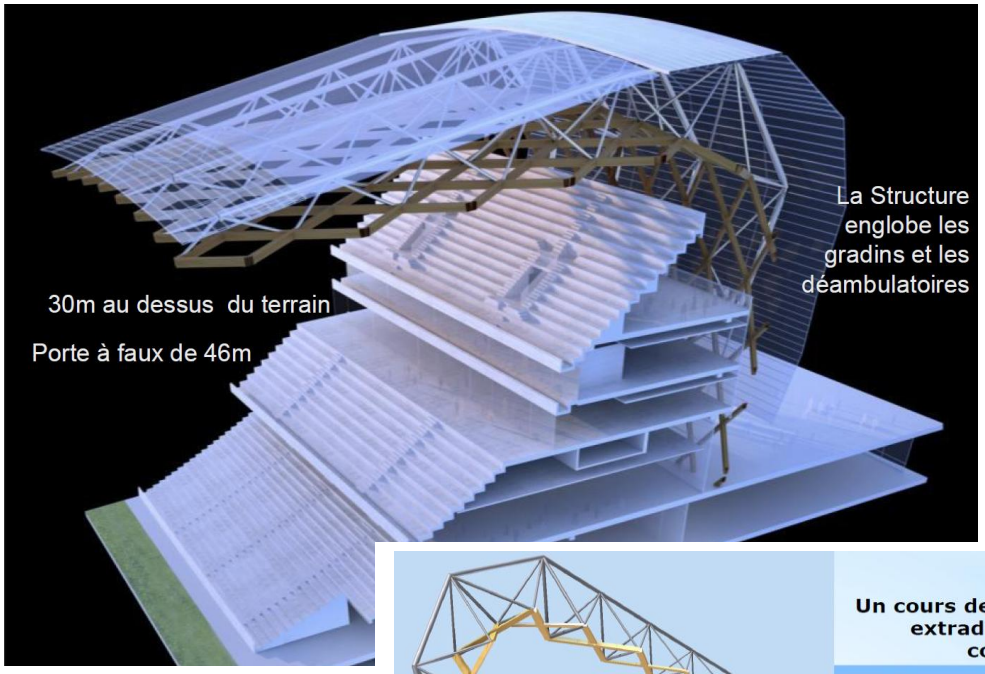
Extrados métal

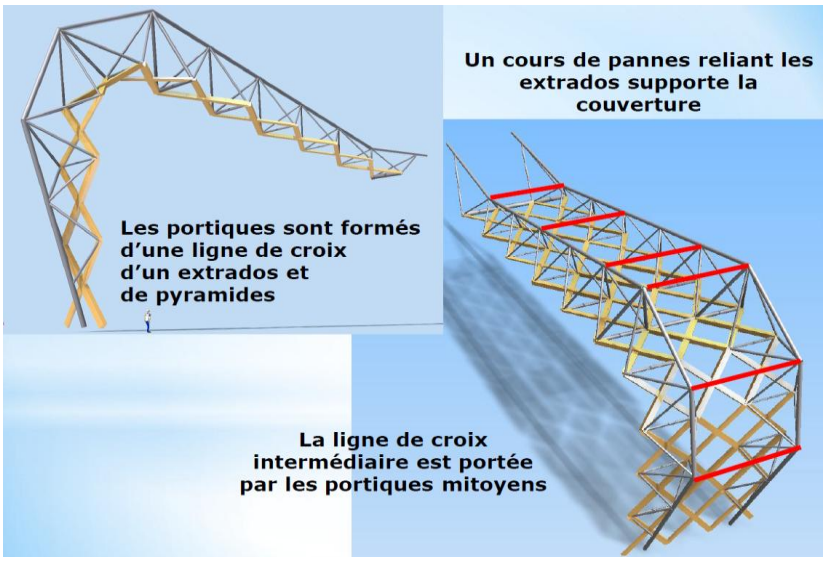
Résille bois

Gradins

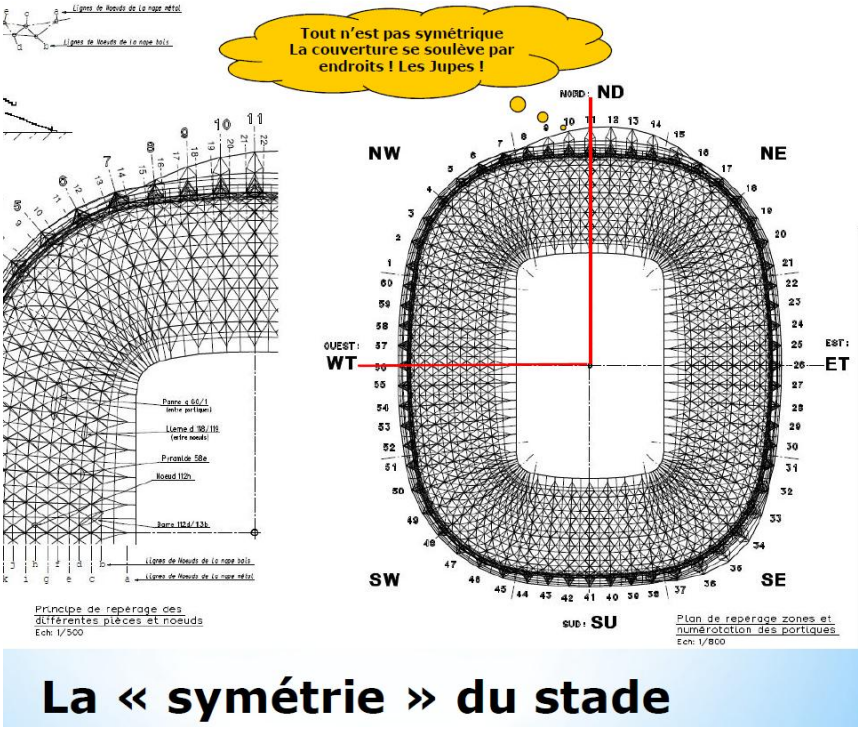
Parvis



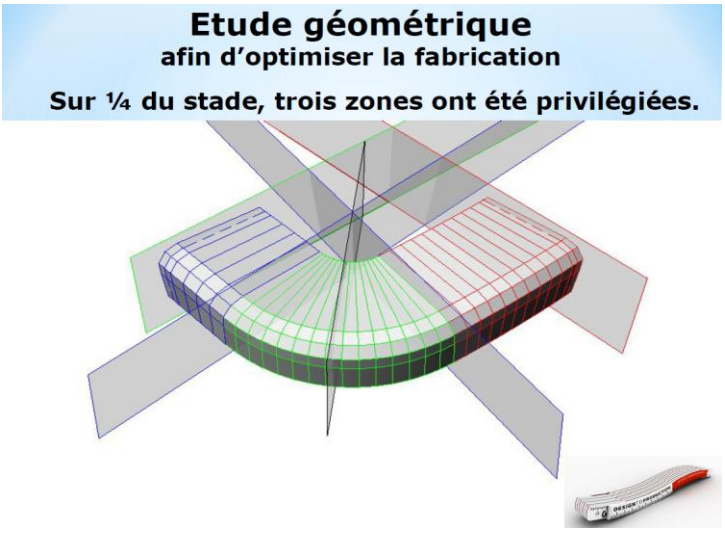




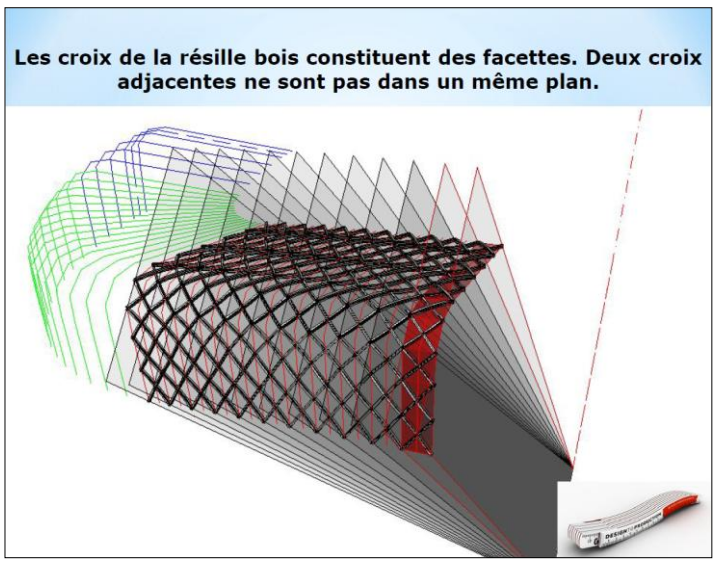
4. Travail sur la géométrie

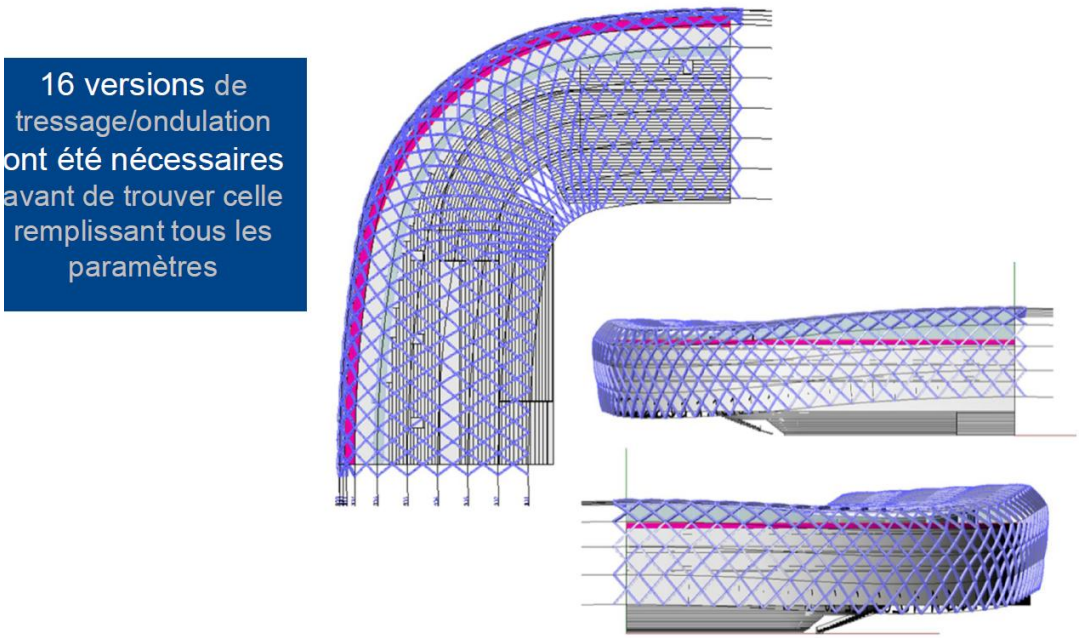


La « symétrie » du stade



Plus de 16 versions de résilles ont été élaborées pour le bureau d'étude pour trouver le meilleur le meilleur compromis. Une cellule composée de 3 projeteurs a travaillé à la définition de la géométrie pendant plusieurs mois en intégrant à la fois toutes les contraintes de fabrication, de réglage et de pose.





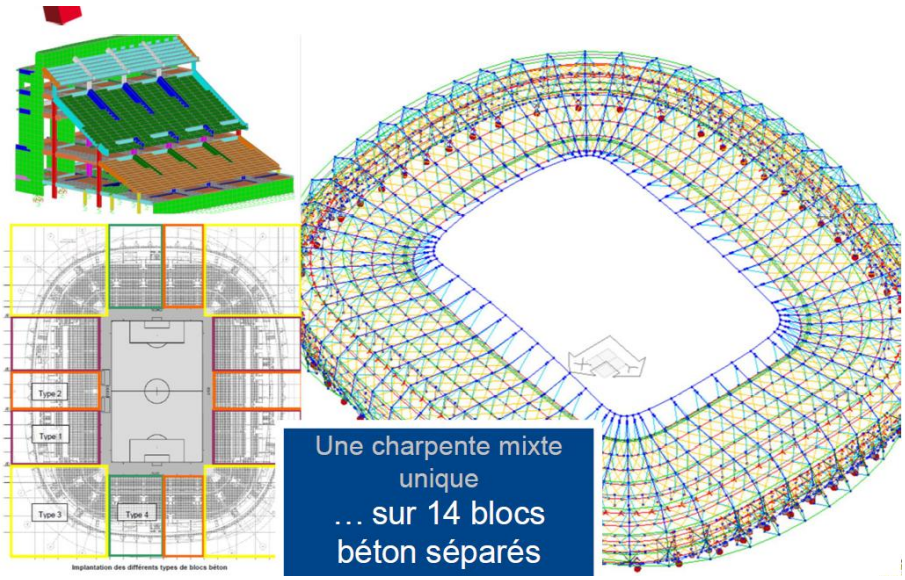
5. Calculs d'exécution

Les étapes de réalisation des calculs

1. Calculs dynamiques sous séisme avec simulation de la rigidité du béton
2. Calculs statiques
3. Calculs en phase de montage
4. Calculs géométriques en retour du montage

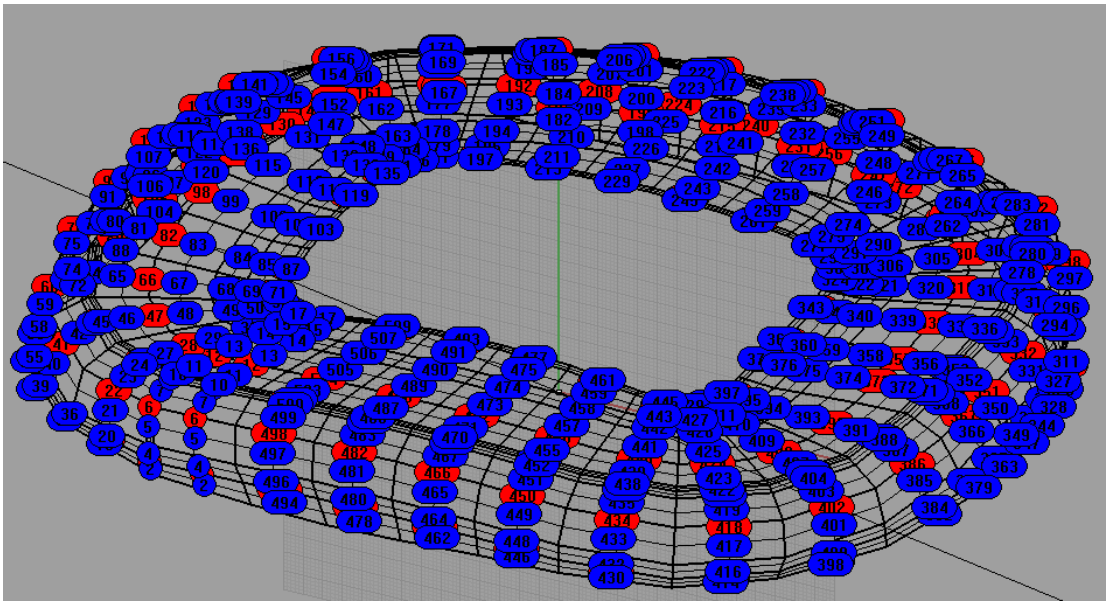
L'Allianz Riviera a fait tourner la matière grise de la cellule conception qui a dû intégrer plusieurs difficultés majeures :

- D'ordre géologique : le fait que la ville de Nice soit soumise au risque de séisme nécessite de vérifier, sous sollicitation sismique, le fonctionnement de l'ensemble de l'ouvrage, y compris la partie génie civil qui en est le support.

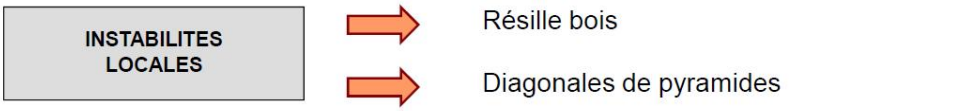


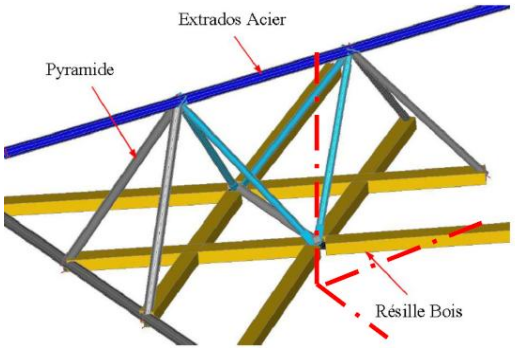
- D'ordre technique, consistant à assurer les assemblages des pièces de bois avec les extrados métalliques suivant des géométries complexes et des efforts alternés. D'où des études et des calculs uniques en leur genre.

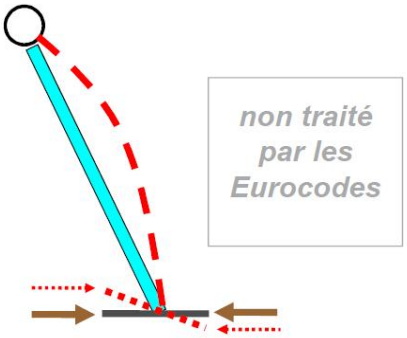
- L'affectation du vent à l'évolution de la géométrie, et de ses 232 cas de charges.

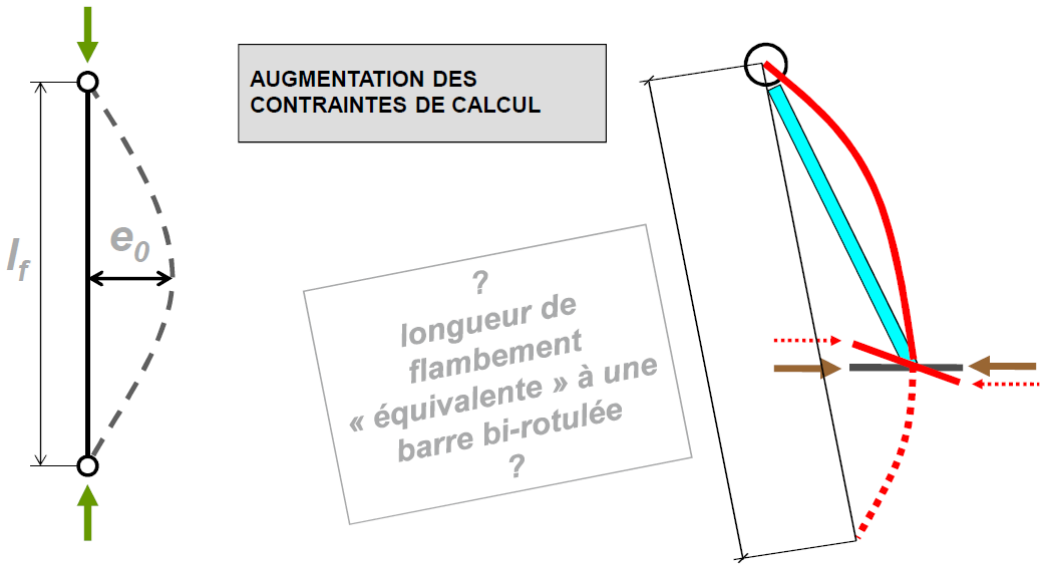


- La prise en compte des effets du second ordre dans la stabilité des éléments



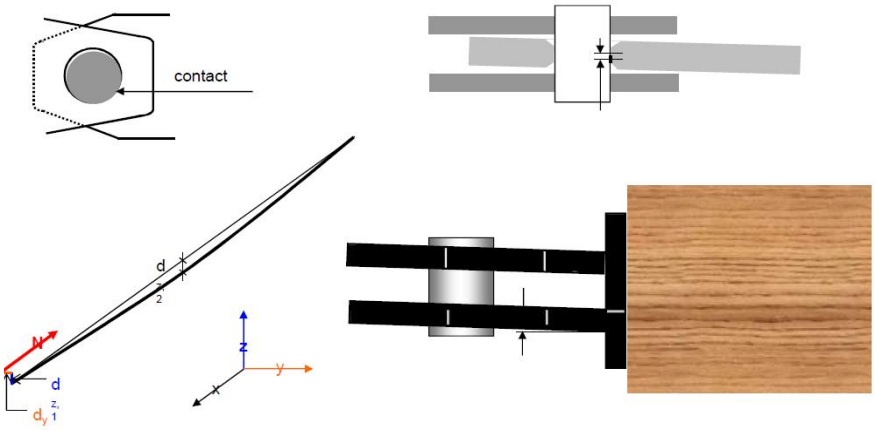






- La prise en compte des imperfections de fabrication ou de montage

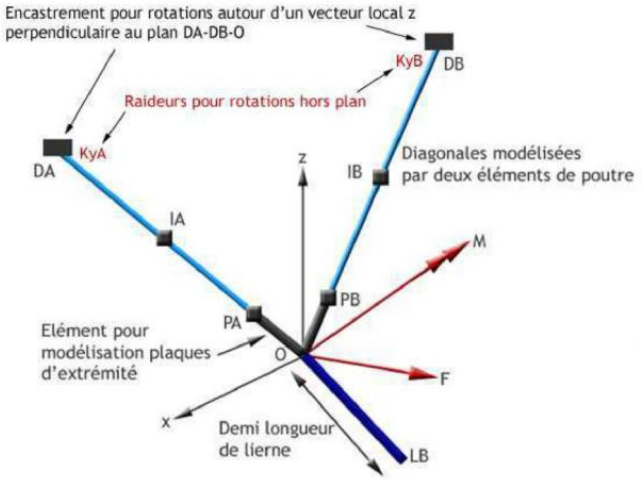
DEFAUTS PRIS EN COMPTE

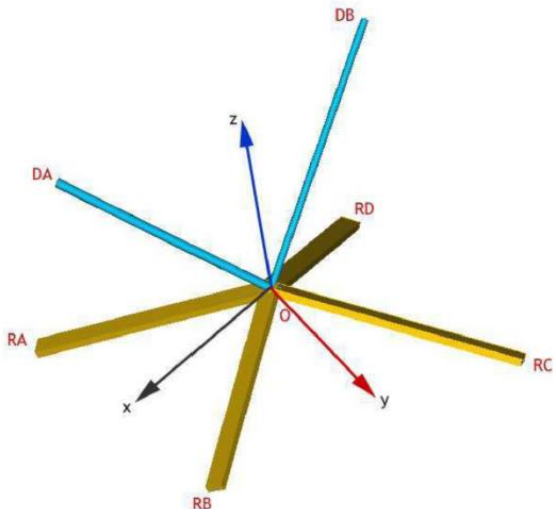


EFFORTS dans les ASSEMBLAGES :

ETUDE 2nd ORDRE

CREATION DE MATRICES DE CALCUL



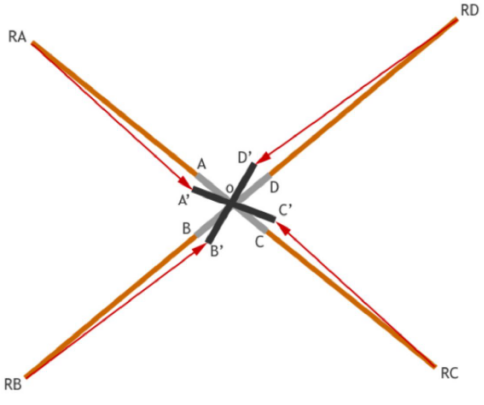


EFFORTS dans les ASSEMBLAGES :

ETUDE 2nd ORDRE

CALCUL DES EFFORTS

modification de la géométrie initiale due aux imperfections précédentes

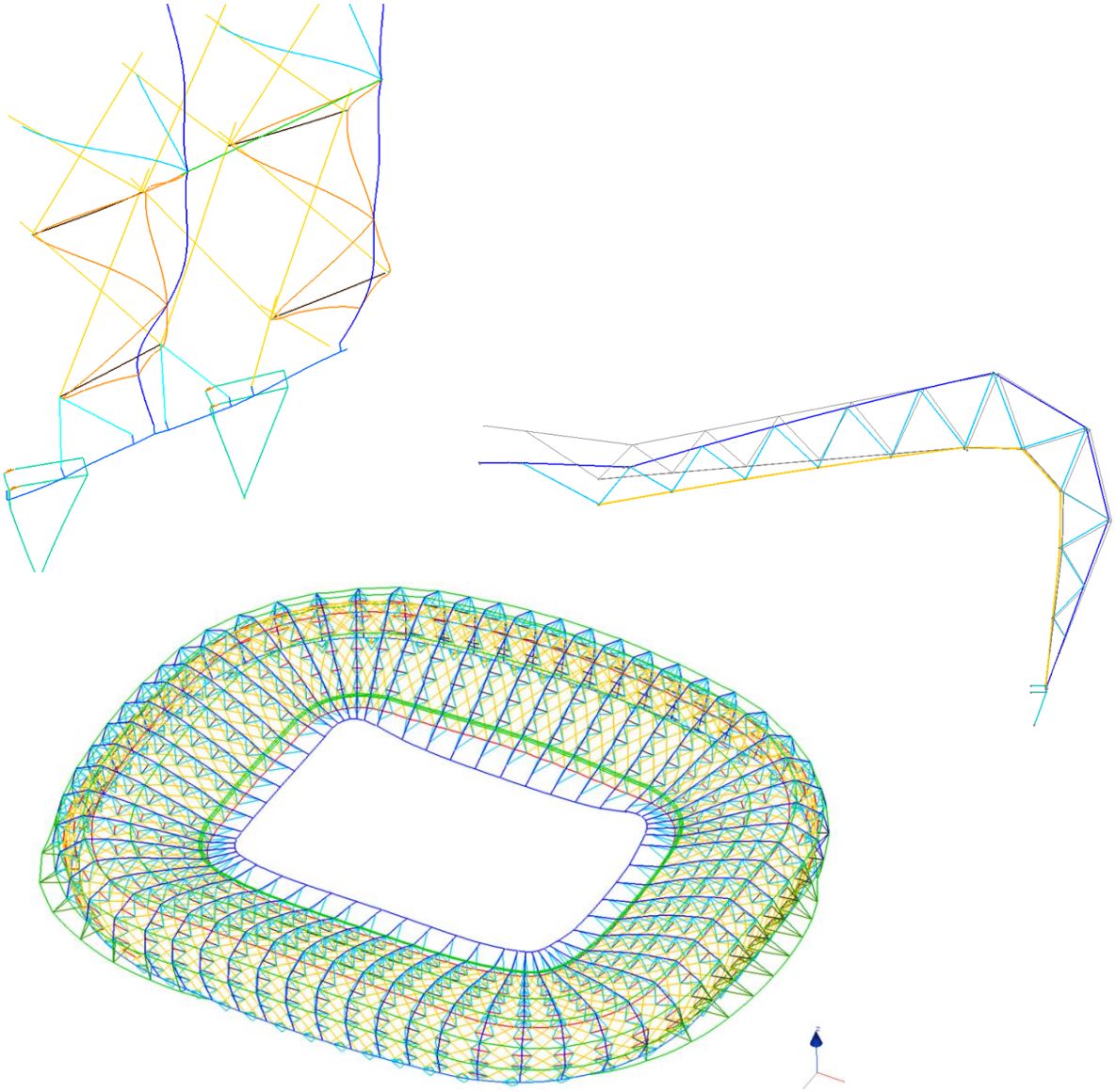


$$\vec{N}_A = N_A \cdot \frac{\vec{R}_A A'}{\left\| \vec{R}_A A' \right\|}$$

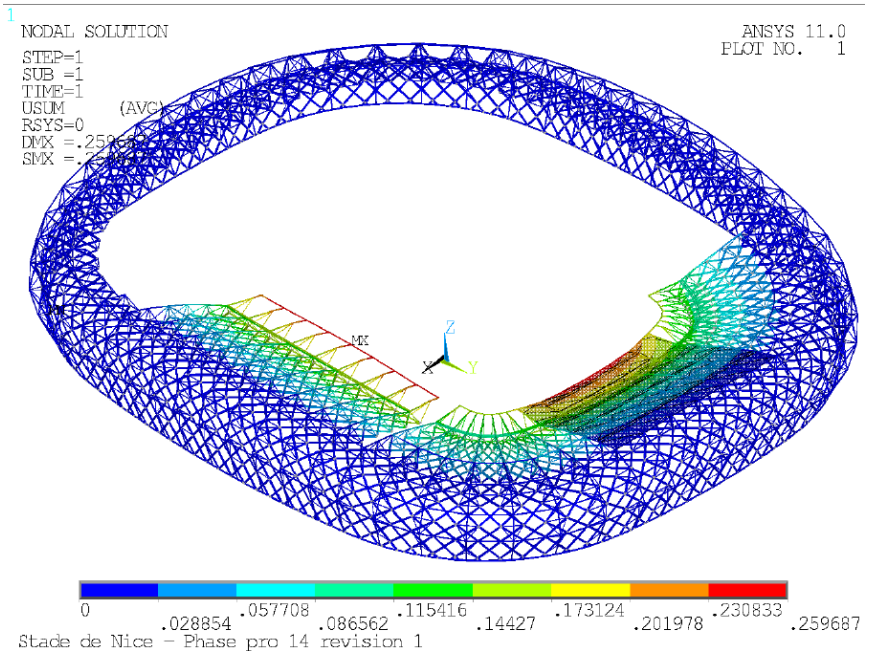
$$\vec{M}_A = \vec{O}A' \times \vec{N}_A$$

$$[K]\{U\} = \{F\}$$

- La prise en compte des jeux d'assemblage



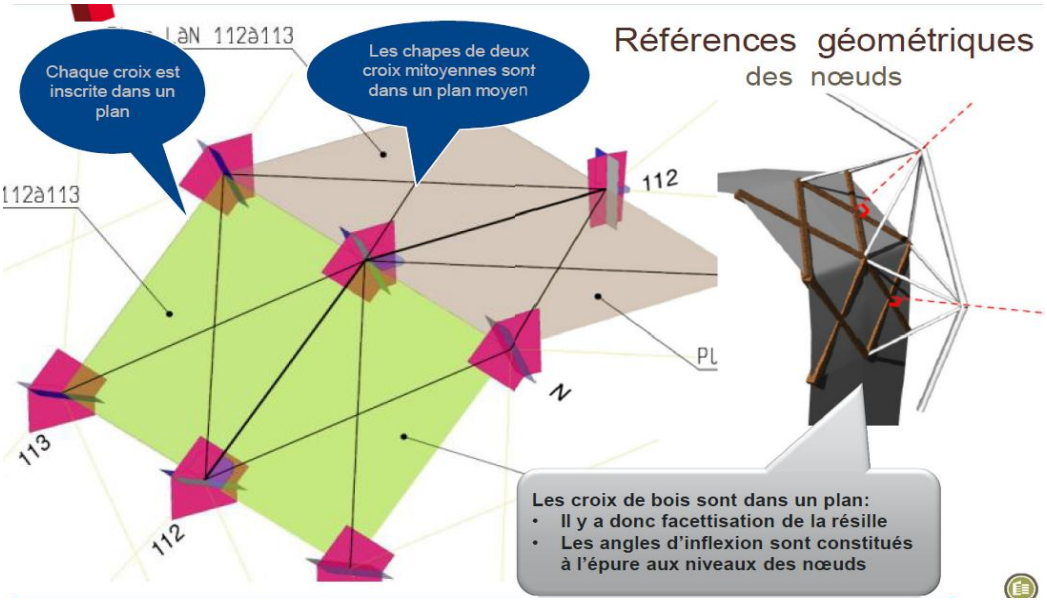
- Les calculs en phase provisoire de pose ont permis de valider le phasage du levage.

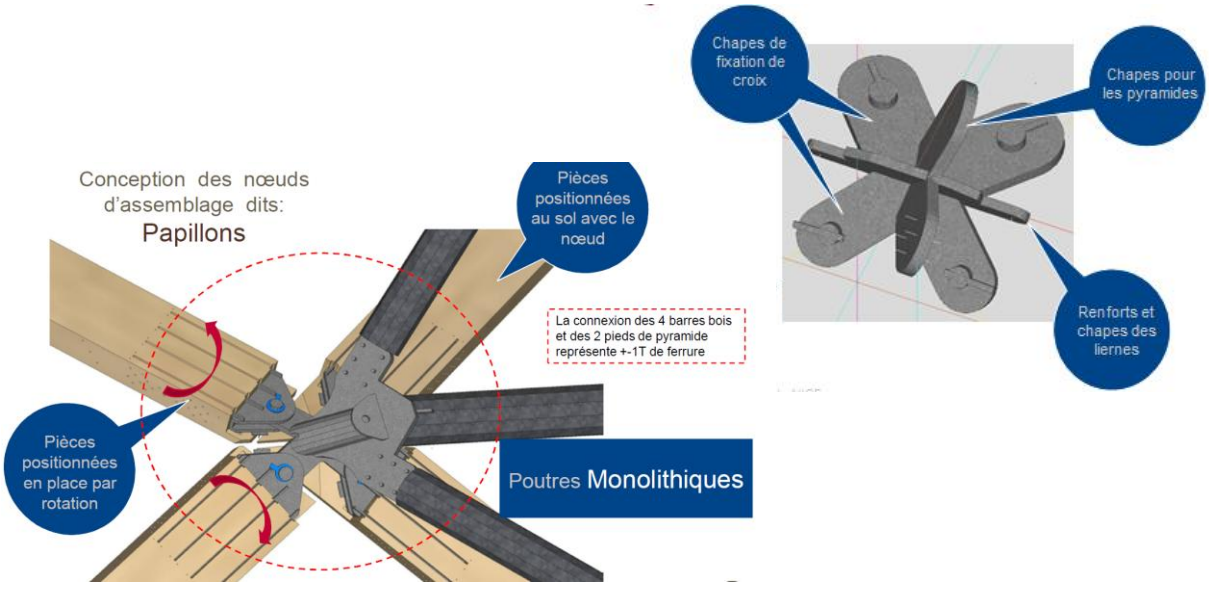


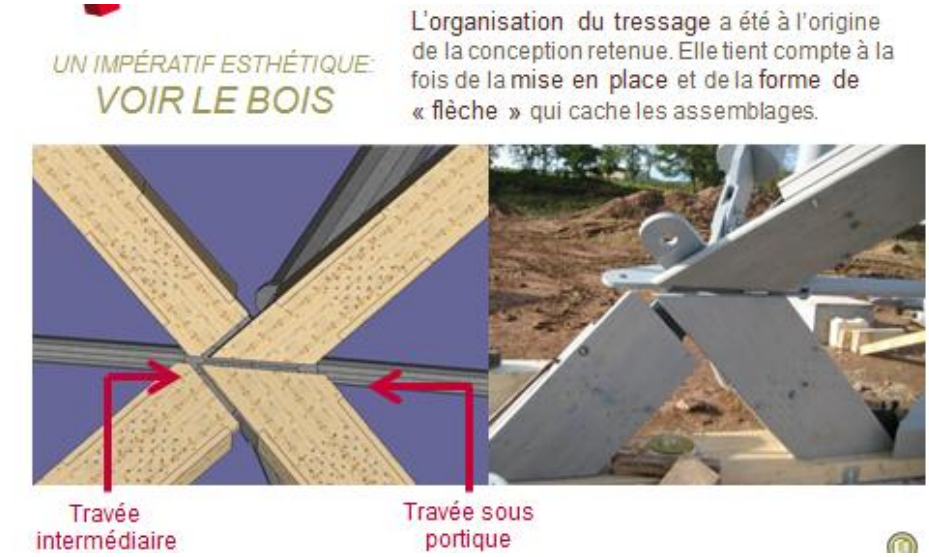
6. Assemblages

Recherche de solutions convenant à la majorité des cas.

Recherche de solutions architecturalement convenables !







7. Fabrication

Toutes les pièces constituant les croix sont de longueur variant de 7 à 10 m.

Pour la composition de la résille, les barres bois travaillant principalement en traction-compression en fonction des efforts, nous avons fait le choix d'avoir des croix constituées de barres « caissons » traversées par des barres « monolithiques ». Cette typologie permet une meilleure reprise des efforts axiaux.

La capacité de taillage numérique a été doublée dans nos ateliers avec l'achat d'un nouveau centre d'usinage adapté à la spécificité de la résille bois de l'Allianz Riviera. Un nouvel atelier dédié au recollage des poutres « caissons », à la mise en place des ferrures et à la finition a été créé.

La répétitivité des tâches a permis un développement interne fort autour de plusieurs problématiques. En effet, une fois le choix des assembleurs fait, il a fallu trouver et faire valider les méthodes de mise en œuvre. Par exemple pour mettre en place les quelques 200 000 broches, Fargeot a développé un système par presse afin d'augmenter la cadence et la qualité du travail.

BARRES : Broches enfoncées à la presse.

De même, pour le recollage des « caissons » les équipes méthodes ont œuvré pour développer des solutions répondant aux exigences règlementaires et aux exigences planning. Des châssis de recollage ont été spécialement développés pour ce projet. Des fiches « qualité » permettent de valider les bonnes conditions de collage et des essais confirment le bon comportement des recollages.

8. Levage

Pré-assemblage sur une aire de 3 hectares avec 3 grues à tour.

Les poutres sont livrées sur chantier avec les ferrures mise en place en atelier. Sur chantier la première opération consiste à créer des croix à partir de poutres « caissons » traversés par des poutres « monolithiques ».

Les croix sont ensuite liaisonnées avec les liernes métalliques pour réaliser des modules préassemblés au sol. Chaque module sera transporté à pied d'œuvre par camion.

Les fléaux seront montés en trois phases :

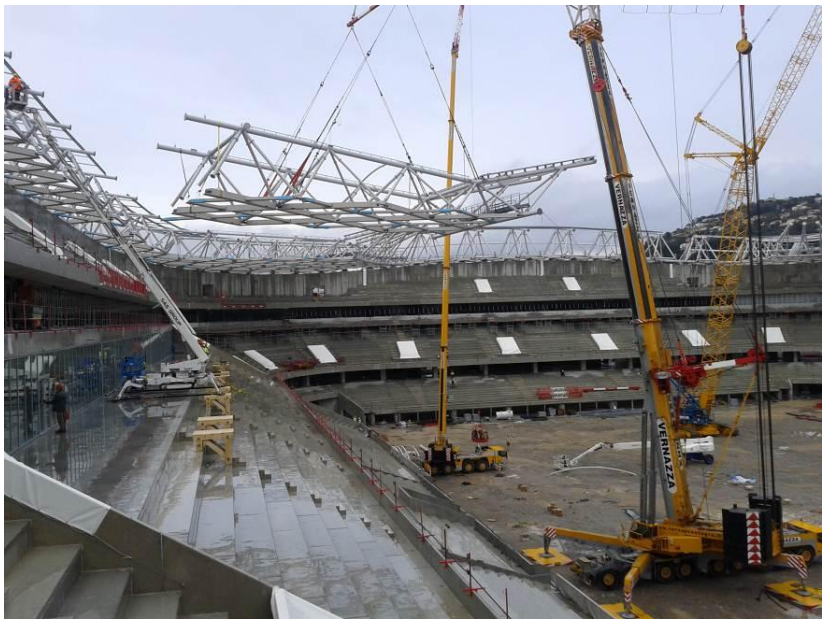
- Partie Façade (résille verticale).
- Partie Appui haut (formant la crosse).
- Le porte-à-faux viendra compléter le portique.

Les parties Façade et Appui haut seront posées depuis l'extérieur du stade, les parties porte-à-faux seront quant à elles levées depuis l'intérieur du stade.

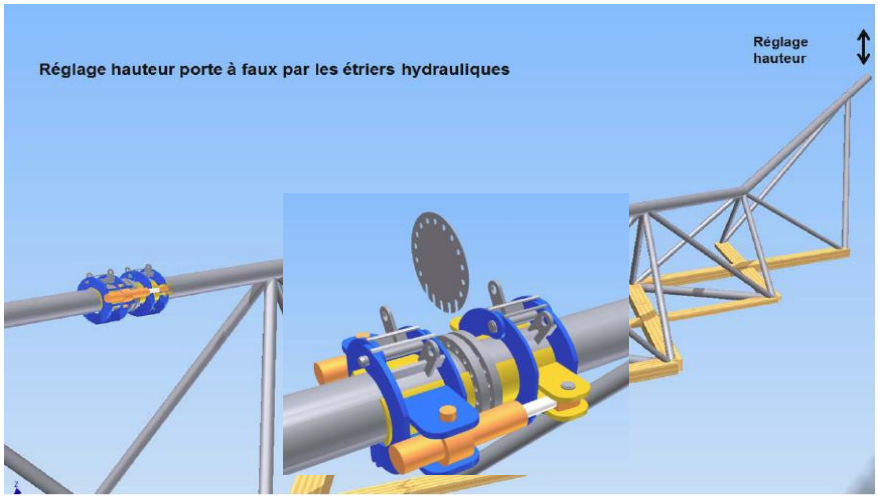
Partie 1 : Appuis bas Façade

Partie 2 : Appuis haut couronnement

Partie 3 : Porte à faux
En simple
En double



La typologie structurelle en résille limite la possibilité de réglage; il a donc fallu travailler sur des dispositifs permettant d'agir notamment sur la flèche des portiques. Un contrôle précis est fait à l'avancement du levage pour agir si nécessaire sur la position des portiques.



Le réglage de chaque éléments est fait avec un géométre afin de comparer des points sur des mires et le modéle volumique 3d.

9. Les chiffres clés

40,50 m le sommet de la charpente par rapport au terrain
46 m dimension du porte à faux
4 000 m3 de bois (2 000T) répartis en 6 000 pièces
450 T de ferrures d'assemblage bois/métal.
195 000 broches pour les ferrures bois/métal
550 T de métal pour les liernes (2 noeuds + 1 tube)
460 liernes réparties en 105 types différents
3 500 T Charpente métallique répartis en 40 000 pièces
90 000 boulons pour la charpente métallique
500 000 pièces assemblées sur site
80 000 h de fabrication pour le bois & le métal
30 000 h de montage 60 levageurs & 12 encadrants « Fargeot »
6 grues automotrices pour le levage en période de pointe
Plus grosse grue utilisée: 800T avec 64m de flèche

Copyright : F Vigouroux, Vinci