

Un chantier d'exception !

**CMBP, SPECIALISTE DE LA CHARPENTE
LAMELLÉE-COLLÉE, RECONSTRUIT UN TENNIS COUVERT
INSCRIT A L'INVENTAIRE SUPPLEMENTAIRE DES
MONUMENTS HISTORIQUES, EDIFIÉ SUR LA TERRASSE
D'UN IMMEUBLE PARISIEN DE 7 NIVEAUX**



La résille originelle supportant la couverture et une verrière zénithale s'était effondrée lors de la tempête de décembre 1999. Reconstituée à l'identique, cette structure auto-stable originale, se déployant sur 1000 m², est à présent renforcée par une charpente à base d'arcs paraboliques en lamellé-collé et à inertie variable.

Les illustrations présentées dans ce dossier (photographies, dessins et plans) et **beaucoup d'autres** sont disponibles en **couleur** et en **haute résolution** sur simple demande, sous forme de **fichiers numériques** (format TIFF, JPEG). Des **extraits des plans** peuvent également être fournis.

CONTACT PRESSE : Eric VERRIERE
tél : 02 37 64 09 00
fax : 02 37 64 09 50
mel : CMBP@dial.oleane.com

SOMMAIRE

Un ouvrage de 1925 inscrit à l'inventaire supplémentaire des monuments historiques	page 3
• Résille losangique auto-stable	
• Emportée par la tempête de 1999	page 4
• Reconstruction à l'identique... ou presque	
CMBP, choisie pour ses références et la rigueur des études	page 5
• Des moyens techniques de pointe	
Des calculs de structure poussés	page 7
• 200 heures de bureau d'études	
• Une lamelle supplémentaire pour chaque arc	page 8
Standardiser la fabrication au maximum	page 9
• Usinage "mixte" des éléments de la résille	
Mise en œuvre : des contraintes inédites	page 10
• Difficultés d'accès	
• Entreposage délicat	
• Engins interdits sur la terrasse	
• Une organisation de chantier rigoureuse	page 11
• Prestation complète bois-métal	page 12
• Pose de la résille : un travail de fourmi !	page 14
• 900 m2 de volige posés à la volée	page 15
Des délais très courts	page 16
• Organiser la livraison des matériaux sur une journée	
• 5 mois et demi de mise en oeuvre	
• "Lumière de cathédrale"	
Renforcement du trinquet de pelote basque	page 17
• Un seul relevé pour 9 arcs	
• Calage des arcs	
Témoignages	
• Grégoire NOMIDI, architecte	page 18
• Jean-Michel GUELLIER, responsable des études de CMBP	page 19
• Yves ABERT, chargé d'affaires chez CMBP	page 20
• José RIBEIRO, chef de chantier chez CMBP	
• Eric VERRIERE, PDG de CMBP	page 21
Le chantier : les grandes lignes et les chiffres-clés	page 22
Plans d'exécution	page 23
CMBP : Un leader du lamellé-collé au service de programmes de construction bois innovants	page 24
CMBP au sein du groupe SOFIVER	page 25

**UN OUVRAGE DE 1925 INSCRIT
A L'INVENTAIRE SUPPLEMENTAIRE
DES MONUMENTS HISTORIQUES**

Edifié **entre 1925 et 1928** par l'architecte Robert Farradèche, le grand garage de la rue de la Cavalerie, dans le 15^e arrondissement de Paris, est un des premiers représentants du genre. Ce bâtiment en béton armé **compte 7 niveaux**, dont les **3 niveaux supérieurs sont aménagés en équipements sportifs** (cours de tennis et trinquet de pelote basque) avec salons, vestiaires, douches, bar et restaurant.



Le fronton du trinquet

**Résille losangique auto-stable**

Si le bâtiment est connu des historiens pour son système de rampes ascendante et descendante à sens unique, formant deux hélices concentriques, ainsi que son ascenseur, la solution employée pour les **charpentes abritant le cours de tennis et le trinquet** a peu fait parler d'elle. L'architecte a utilisé le principe constructif de la **résille losangique**, réalisée par l'assemblage à 40° d'une **multitude de planches**. Ce type de structure qui n'est pratiquement plus employé aujourd'hui, présente l'avantage de **dégager intégralement le volume intérieur**. Une solution idéale car n'opposant pas d'obstacle à la course des projectiles.

L'extrados des planches de **127 cm par 26 cm et 32 mm d'épaisseur** était **taillé courbe** afin de **former une couverture parabolique**. Cette **structure porteuse légère et auto-stable**, habillée de voliges recevant la couverture en zinc, ne nécessitait pas de structure primaire.

**UN OUVRAGE DE 1925 INSCRIT
A L'INVENTAIRE SUPPLEMENTAIRE
DES MONUMENTS HISTORIQUES****Emportée par la
tempête de 1999**

Mais après 70 ans de bons et loyaux services, la violence de la tempête de décembre 1999 a eu raison de la couverture du tennis. Une partie **s'est disloquée sur place, et l'autre dans la rue, en contrebas**. La couverture du trinquet, moins exposée car exempte de pignon a résisté, mais des dommages ont été provoqués, rendant son **renforcement** nécessaire.

**Reconstruction à l'identique...
ou presque**

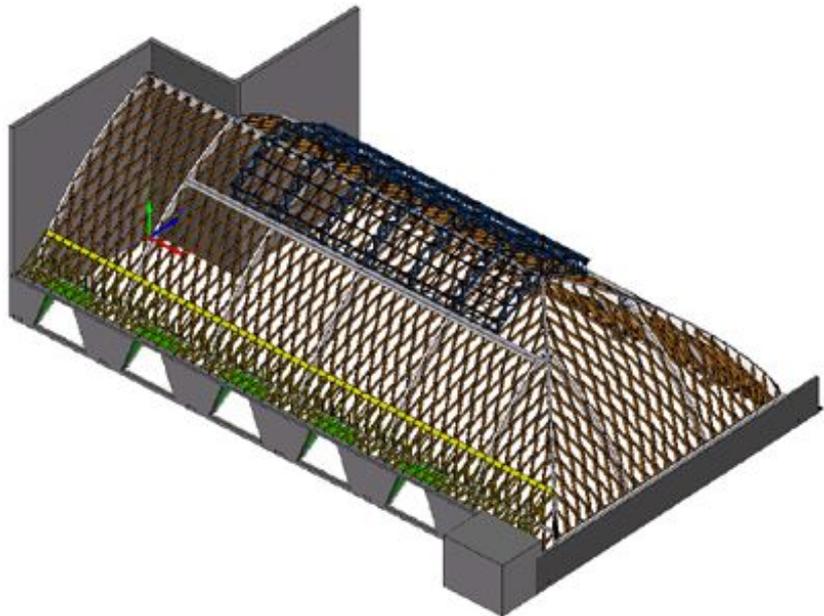
L'immeuble de la rue de la Cavalerie **est inscrit depuis 1986 à l'inventaire supplémentaire des monuments historiques**. Confronté à la double obligation d'une reconstitution à l'identique, et de répondre aux normes de construction actuelles, l'architecte Grégoire Nomidi et le bureau d'études de Robert Lourdin ont choisi d'**associer la résille à une structure primaire à base d'arcs paraboliques en lamellé-collé**. La résille est ainsi déchargée de sa fonction porteuse. Son rôle se limite à celui des pannes de charpente : elle fournit une assise à la couverture et contribue au contreventement des arcs. Pour rendre la présence des arcs aussi discrète que possible, ceux-ci ne viennent pas en sous face de la résille, mais **prennent naissance dans le même plan**, la résille étant interrompue au droit de chaque arc.

CONTACT PRESSE : Eric VERRIERE
tél : 02 37 64 09 00
fax : 02 37 64 09 50
mel : CMBP@dial.oleane.com

CMBP, CHOISIE POUR SES REFERENCES ET LA RIGUEUR DES ETUDES

L'avant projet a demandé au BE Robert Lourdin 2 mois d'étude. Il s'est appuyé sur un relevé fait par l'architecte et un de ses collaborateurs de l'angle nord-ouest de la résille qui était resté en place : un difficile **travail de reconstitution** quasi-archéologique, réalisé à la main (restitution des détails en géométral et vertical et des courbures par projection).

Sur les cinq entreprises consultées, quatre ont répondu à l'appel d'offre, avec des montants très proches l'une de l'autre. *"Nous avons choisi **CMBP** pour ses **références**, sa **structure** et ses **moyens** jugés compatibles avec la réalisation d'un ouvrage difficile et complexe, mais aussi la **qualité de l'étude** réalisée suite au CCTP fourni, explique l'architecte **Grégoire NOMIDI**. L'examen du dossier de CMBP a montré que l'entreprise **avait vraiment étudié le projet**, y compris dans ses détails".*



Construction 3D du projet réalisé par CMBP
avec le logiciel CADWORK

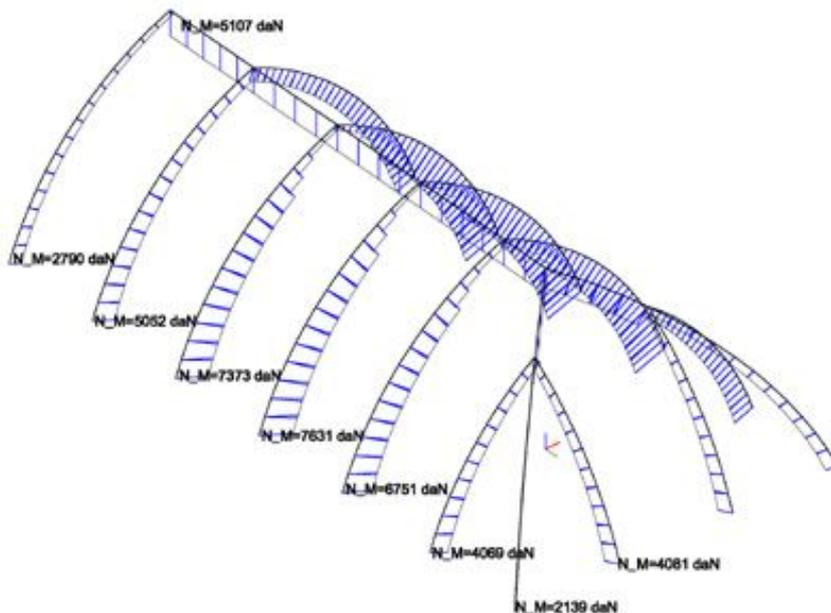
Des moyens techniques de pointe

Grâce à un ambitieux programme d'investissement lancé en 2000 qui dépasse aujourd'hui les **2 millions d'€**, CMBP était parfaitement en mesure de traiter cette affaire. Outre les nouveaux équipements de production (usinage numérique, collage, aboutage et contrôle de l'humidité automatisés) l'entreprise utilise le **logiciel de dessin 3D CADWORK**, tournant sur 6 stations de travail en réseau.

Bien plus puissant qu'AUTOCAD, cet outil élabore une véritable banque de données de l'ouvrage. Il permet la **visualisation en perspective sous n'importe quel angle**, une fonction très appréciée des commanditaires et des exécutants, en atelier comme sur chantier, le **tracé automatique des plans**, coupes et détails et l'**édition des nomenclatures** des différentes parties de l'ouvrage, avec des informations comme le poids, le volume, la position du centre de gravité...

CMBP, CHOISIE POUR SES REFERENCES
ET LA RIGUEUR DES ETUDES

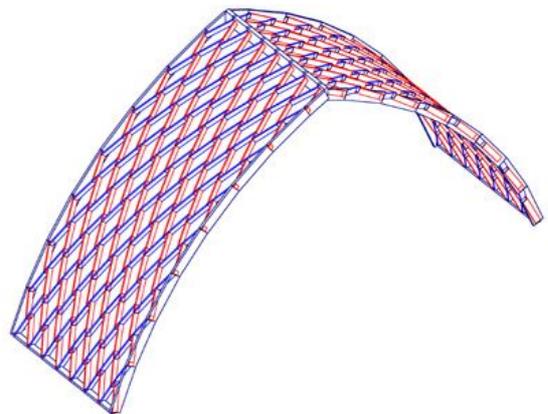
CADWORK établit **une liaison directe vers les machines à commande numérique**. Avantage : la précision de calcul (10e de mm) est **directement répercutée au niveau de la fabrication**, ce qui ouvre la voie à des réalisations plus ambitieuses, par leur forme, leur technicité et leur fiabilité.



Représentation graphique générée par **ACORD** des charges permanentes + neige au niveau des arcs de la charpente (effort normal)

Grâce à ces outils informatiques très évolués, le bureau d'étude de CMBP a pu **affiner le calcul de l'avant projet**, et apporter des modifications nécessaires à la bonne tenue de l'ouvrage, notamment sur le dimensionnement de arcs en lamellé-collé.

En revanche, le calcul initial des trames de résille a été validé.



Définition d'une trame de la résille avec ACORD

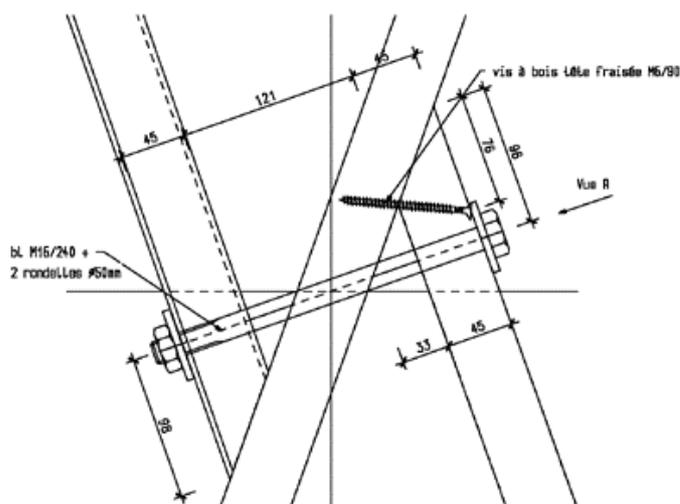
CONTACT PRESSE : Eric VERRIERE
tél : 02 37 64 09 00
fax : 02 37 64 09 50
mel : CMBP@dial.oleane.com

DES CALCULS DE STRUCTURE POUSSÉS

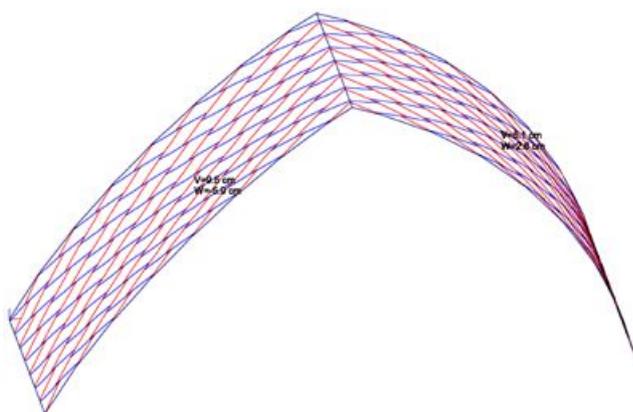
200 heures de bureau d'études

Les **études de la structure primaire en lamellé-collé** et de la **résille** se sont déroulées **pendant 3 mois, totalisant 200 heures de travail**. "Nous avons commencé par calculer **la trame de la résille**, explique **Jean-Michel GUELLIER**, responsable des études chez CMBP. Cette structure qui **se substitue aux chevrons et aux pannes** de la charpente fait appel à des planches un peu plus solides que les précédentes". L'épaisseur passe de 32 mm à 45 mm, et la largeur est portée à 28 cm au lieu de 26 cm.

Autre différence, l'**assemblage** est réalisé par 2 boulons (diamètre 16 mm) au lieu d'un, auquel s'ajoute 3 vis de 6 mm. "Ces vis sont indispensables, car les boulons ne reprennent que 85% de l'effort, explique **Yves ABERT**, dessinateur projeteur et chargé d'affaires chez CMBP. Les planches auraient été fragilisées par des boulons d'un diamètre supérieur".



Assemblage des 3 planches de la résille



Simulation de la déformation de la résille sous l'effet combiné des charges permanentes et du vent. La présence de la verrière zénithale augmente la prise au vent.

Ces dispositions, justifiées par la note de calcul, permettent à la résille de **contreventer les arcs en lamellé-collé**, fixés uniquement en pied et en tête, sur la panne faîtière. Chaque trame de résille, d'une largeur de 6 m, doit reprendre **les efforts de flambement** des arcs sur une **longueur développée de 14,5 m**.

DES CALCULS DE STRUCTURE POUSSÉS

Une lamelle supplémentaire pour chaque arc

La structure primaire transmet les efforts globaux à la structure béton. Elle est constituée **d'arcs paraboliques**. L'**intersection** de la courbure longitudinale avec la courbure transversale, au niveau du pignon, engendre **une géométrie de type "patatoïde" sur l'arête**. Les arcs dits "arêtiers de croupe", qui assurent le contreventement de l'ouvrage (contrairement à l'autre extrémité qui s'appuie sur un mur béton) sont **associés à des arcs de plus petite taille** (arcs de croupe) orientés à 45°.

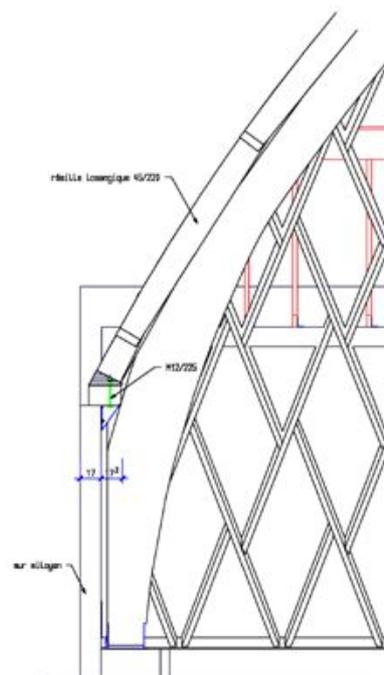


Ainsi, **les efforts normaux n'excèdent pas 7,5 tonnes** (de 2 tonnes à 7,5 tonnes). "Le calcul réalisé avec ACORD a montré que la section des arcs prévue dans l'avant projet engendrait une **flèche un peu trop importante**, reprend **Jean-Michel GUELLIER**. Nous avons **du rajouter une lamelle de bois à chaque arc et chaque panne faîtière**."

Visualisation des flèches et des déformations de la structure primaire

La section de tous les arcs déterminée par le calcul est de **16 cm** (face vue) par **54,6 cm**. La hauteur des éléments de panne faîtière est légèrement supérieure (62,4 cm).

Pour les **arêtiers et les arcs de croupe**, la profondeur de **54,6 cm** augmente au voisinage du mur d'appui, pour atteindre **70 cm**, puis diminue à **30 cm** en pied (arc tronqué). Ces arcs présentent donc **une inertie variable**. "Ce profil n'est pas la conséquence du calcul, mais est dû à la nécessité de s'adapter à la géométrie et l'implantation du mur support" souligne **Jean-Michel GUELLIER**.



Géométrie de l'arêtier de croupe

CONTACT PRESSE : Eric VERRIERE
tél : 02 37 64 09 00
fax : 02 37 64 09 50
mel : CMBP@dial.oleane.com

STANDARDISER LA FABRICATION AU MAXIMUM



Le centre d'usinage numérique Hundegger

Sur ce type de projet ou les nécessités d'adaptation à l'existant sont nombreuses, il est **illusoire de vouloir tout régler en atelier**. Exemple : la **réalisation des arêtiers de croupe** (arcs lamellé-collé). "*L'arêtier a une **géométrie complexe** car son rayon de courbure, engendré par l'**intersection de deux plans courbes à 90°**, n'est pas constant, un peu comme un ballon de rugby, rappelle Yves ABERT. De plus, les bords extérieurs de l'arc **sont délardés** pour que l'angle de la structure soit net et précis. Si toutes ces opérations ont été faites en atelier, nous*

*avons jugé préférable de **tailler le pied d'arc sur chantier**, à la scie circulaire portable, **après un relevé exact du mur support**". Dans le même esprit, le **perçage** des planches de la **résille** a été limité à **une planche sur 3** en atelier, afin d'**éviter des erreurs** d'alignement et de courbure (voir le témoignage d'**Yves ABERT** page 19).*

Usinage "mixte" des éléments de la résille

Il aurait été possible d'usiner en totalité les planches de la résille avec le **centre d'usinage numérique : coupe d'about biaise** (angle variable), **perçage**, et **extrados courbe**. "*L'usinage du cintre prenait 5 à 6 mn avec le robot*, explique Yves ABERT. *Cette opération a donc été **faite manuellement, à la toupie**, l'opérateur étant guidé par un **gabarit taillé par le robot**". Une tâche exécutée en **moins d'une minute**, un **gain décisif** compte-tenu du nombre de pièces à tailler, **la résille comprenant 1400 éléments** ! Par soucis de standardisation, ces 1400 pièces ont été définies par **12 références***

différentes, correspondant à différents **niveaux d'élévation** de l'ouvrage.



Le centre d'usinage numérique édite automatiquement pour chaque pièce une étiquette comportant le nom du chantier, et une **référence unique**, répertoriée sur les **plans d'exécution**. Cette indication est précieuse sur chantier.

MISE EN ŒUVRE : DES CONTRAINTES INEDITES

Difficultés d'accès

La rue de la Cavalerie est une voie à sens unique n'offrant pas beaucoup de recul. Les arcs, les éléments de la résille et de la volige ont été livrés le 29 octobre 2001, afin de ne bloquer la circulation qu'une journée. Ces matériaux ont été levés **avec une grue mobile de 80 tonnes**, et entreposés sur la toiture-terrasse.

Entreposage délicat

La **dalle en béton**, de **faible épaisseur** (10 cm) aurait pu être **fragilisée** par le stockage des arcs en lamellé-collé. Les arcs ont donc été empilés sur **deux points d'appuis** situés au **droit des murs porteurs**.



La faible résistance de cette dalle a d'ailleurs conduit CMBP à **revoir l'assise des arcs**. L'avant-projet avait prévu des massifs en béton ponctuels : il a été décidé de **répartir les efforts** en installant une **semelle continue de 70 cm de large** sur chaque grand côté, réalisée avec 2 profils en acier HEB de 20 cm par 24 cm, entre lesquels a été coulé du béton. Les ferrures de fixation des pieds d'arc ont été **boulonnées sur cette assise en acier et en béton**, étanchée avec l'ensemble de la terrasse.

Engins interdits sur la terrasse

La fragilité de l'assise a imposé un mode de mise en œuvre manuel : "*La dalle en béton n'aurait pas supporté les allées et venues d'engins de chantier*" souligne **Yves ABERT**. Conséquence : **toutes les opérations ont été menées à la main**, y compris le levage des arcs, une opération particulièrement physique pour les ouvriers.

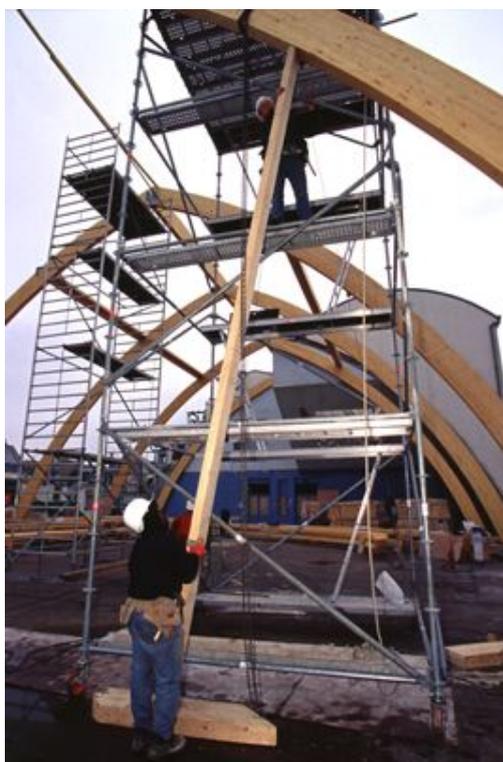
Une seule énergie : la force musculaire
Ici : levage d'un arc courant de 640 kg



MISE EN ŒUVRE : DES CONTRAINTES INEDITES

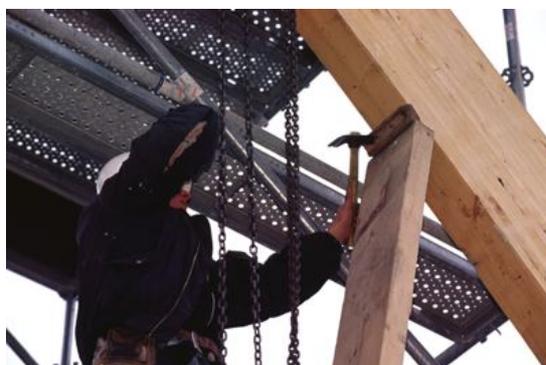
Une organisation de chantier rigoureuseInsertion du pied d'arc
dans la ferrure

Mettre en œuvre une charpente en lamellé-collé d'une telle ampleur avec une équipe de **seulement 3 personnes** (un chef de chantier et deux ouvriers) paraît irréaliste pour qui n'est pas coutumier des opérations de filière sèche. Qui plus est avec un outillage se limitant, outre les clés, tournevis et autres scies égoïnes à deux perceuses, une tronçonneuse, une scie circulaire et un palan à chaîne. Les seuls équipements conséquent étaient deux échafaudages roulants, dont la hauteur était ajustée en permanence aux besoins du montage.

6 boulons de 16 mm de diamètre
assurent la fixation de l'arc

Calage de l'arc

Le mode opératoire choisi a consisté à **lever un arc** avec le treuil. L'arc est alors positionné dans la ferrure. Il est alors **calé provisoirement** avec une planche avant d'être boulonné au pied.

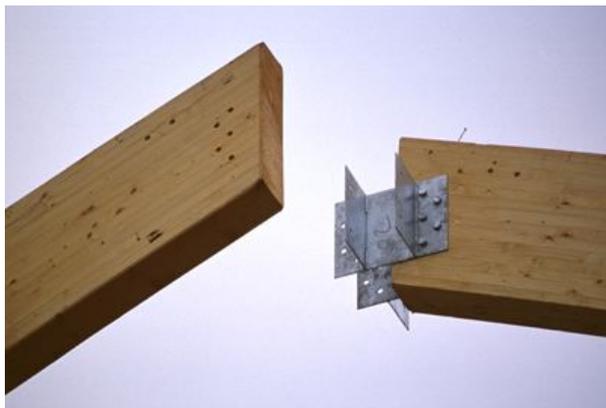


Blocage de la cale en tête

MISE EN ŒUVRE : DES CONTRAINTES INEDITES

L'arc est ensuite contreventé temporairement par un tasseau cloué à l'emplacement de la panne faîtière.

L'opération est alors répétée pour l'arc situé en vis-à-vis, ce qui permet de réaliser une voûte complète, donc stable.



Le deuxième arc est amené à sa position définitive, puis assemblé par boulonnage avec la ferrure mécano-soudée (5 boulons de part et d'autre)

L'ensemble est alors **contreventé** par la mise en place de **la panne faîtière**.

Outre les arcs, la charpente est munie **de deux lisses horizontales implantées** légèrement en dessous de la rive de la structure métallique de la verrière. Leur fonction n'est pas tant de contreventer la structure, fonction assurée par la résille, mais de **former un ressaut** qui permette aux laveurs de carreaux et autres **agents de maintenance de cheminer sur la couverture** (une ligne de vie a été installée sur le faîte de la verrière pour parer le risque de chute).

Prestation complète bois-métal

Une des spécificités de CMBP est **d'intégrer un atelier de serrurerie**. Cette **double compétence** lui a permis de fournir et d'installer **la structure métallique de la verrière**. Les différentes sections, soudées en atelier en suivant un plan **à l'échelle 1**, ont été livrées prêtes au montage. Cet ouvrage comporte **8 facettes** afin d'épouser la courbure.



MISE EN ŒUVRE : DES CONTRAINTES INEDITES

Si la pose des arcs courants s'est déroulée sans difficulté particulière, la mise en place **des arcs de croupe et des arêtiers** a nécessité des **modifications** pour s'adapter aux appuis, dont **l'implantation et l'alignement n'étaient pas réguliers**.

La ferrure mécano-soudée qui assure la fixation des arêtiers sur la panne faîtière comprend 4 ailettes, dont 2 orientées à 45°



Par exemple, la **liaison entre les arcs de croupe et l'arêtier**, visible sur cette prise de vue, a nécessité des découpes en pied, mais aussi en tête : de la précision de l'assemblage dépend la performance de la liaison. La liaison entre le bois et la ferrure doit être la plus précise possible

Autre point difficile à traiter, la **jonction entre l'arêtier et les planches de la résille** à hauteur du mur d'appui, quand **l'arc passe d'un profil courbe à un profil droit** (photo de droite). Cet exemple témoigne de la **complexité du traitement de certains points particuliers** de l'ouvrage, nés de la géométrie de la charpente. Les éléments de la résille ont dû aussi être **retailés** à



chaque fois qu'ils rencontraient des obstacles (linteaux des cinq baies d'accès et ressaut) (photo de gauche)



MISE EN ŒUVRE : DES CONTRAINTES INEDITES

Pose de la résille : un travail de fourmi !

Si l'assemblage de chaque module de la résille, réalisé à l'aide d'une vis et de deux boulons n'a rien de problématique, la **répétition** des opérations, mais surtout la nécessité de veiller en permanence au bon **respect de la courbure** de la voûte parabolique a demandé beaucoup de vigilance. Heureusement, le bureau d'étude avait prévu ces difficultés, et c'est pourquoi les 2/3

des perçages ont été faits sur chantier, afin de positionner avec précision les planches, et **éviter les dérives et le cumul des erreurs**. Cette vue d'une partie haute de la résille permet d'imaginer qu'une erreur sur un rang inférieur peut entraîner une déviation sensible au faîte.



L'assemblage du module de la résille permet de reprendre un effort normal d'une valeur de **650 kg**. La présence de **deux boulons** au lieu d'un comme sur l'ouvrage originel **limite les mouvements de torsion** de l'assemblage, et "bride" son mode de fonctionnement hyper articulé, qui est un des points faibles de la résille losangique.



La résille en cours d'avancement

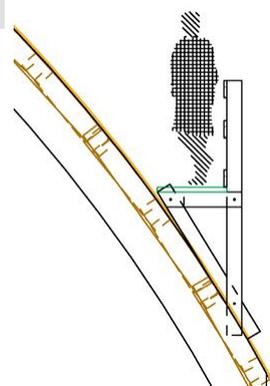
MISE EN ŒUVRE : DES CONTRAINTES INEDITES

900 m2 de volige posés à la volée

La résille est fermée par une volige, constituée de lambris de 18 mm d'épaisseur. Ces planches qui supportent la couverture en zinc sont assemblées par **rainurage et bouvetage**, et fixés par cloutage (à l'aide de **pointes en inox** pour **éviter les réactions électrochimiques avec le zinc**). "Ce travail a été simple, mais particulièrement long et éprouvant, car le temps n'était pas toujours clément, relève **Yves ABERT**. Nous avons conçu un système d'échafaudage mobile sur mesure, adapté à la courbure de la couverture."



Cet échafaudage de hauteur d'homme et d'une largeur égale à une trame de résille (6 m), était fixé par des tire-fonds sur les arcs en lamellé-collé. Il a permis d'**évoluer sur l'ensemble de la couverture en toute sécurité**, comme en témoigne le schéma ci-contre.



La pose de la résille a été faite de l'intérieur avec un échafaudage roulant

DES DELAIS TRES COURTS

**Organiser la livraison des matériaux sur une journée**

Les contraintes d'accès au site ont obligé CMBP à livrer la quasi-totalité des matériaux (tous les arcs, 90% de la résille et de la volige) le même jour. "*Il nous fallait limiter l'interruption de la circulation* nécessaire à la mise en place de la grue et au levage, explique Yves ABERT. *Il est compliqué d'obtenir de la part du service de la voirie l'autorisation de bloquer une rue, et nous voulions aussi maîtriser les frais de location de la grue*". Conséquence : les études et la fabrication ont dû respecter un **planning strict** afin que le 29 octobre, les semi-remorques soient chargés et prêts à la livraison. "*Deux reliquats de résille et de volige ont été acheminés plus tardivement, pendant les travaux, à l'aide d'un lève-matériau, un équipement bien plus léger*" ajoute Yves ABERT.

5 mois et demi de mise en œuvre

Si le montage de la charpente, malgré les adaptations sur les arcs et arêtiers de croupe ont été menés rapidement (entre 4 et 5 semaines) la mise en œuvre de la résille et de la volige s'est avérée plus difficile et plus longue que prévu, compte tenu des nombreuses adaptations manuelles sur le chantier. Grâce à la compétence de l'équipe de pose et de la qualité de son encadrement, **les travaux ont pu être achevés à la mi-avril 2002**, ce qui laissait une marge suffisante jusqu'à la réception, fixée au 18 juillet, pour la pose des châssis vitrés de la verrière, les portes, et les aménagements intérieurs (revêtement de sol, peintures, éclairages, équipements sportifs).

"Lumière de cathédrale"

La satisfaction de l'architecte n'a d'égal que la fierté des salariés de CMBP d'avoir mené à bien un projet d'une rare complexité. "*J'ai été frappé de l'atmosphère qui régnait sur les lieux le jour de la réception, baignés par une lumière de cathédrale*, conclut Yves ABERT. *Malgré l'important volume de bois, il se dégage de la structure une étonnante impression de légèreté*".



RENFORCEMENT DU TRINQUET



Parallèlement à la reconstruction du tennis, CMBP est intervenue **sur la charpente du trinquet de pelote basque**. Cet équipement sportif avait été créé en 1929 par une équipe de **passionnés argentins**, d'origine basque. La discipline pratiquée est la "Baline", une pelote creuse en gomme. La présence de gradins et de tomettes en terre cuite au sol seraient une caractéristique des trinquets argentins.

Sur les **5 mois et demi de mise en œuvre**, l'opération de renforcement de cette charpente n'a duré que **deux semaines**, pour interrompre le moins possible l'activité du club sportif.

L'opération a consisté à implanter **9 arcs en lamellé-collé** espacés de 3,10 m, d'un **rayon de courbure de 7 m** et d'une section de **33 cm par 11,5 cm**. Ils sont reliés en tête par une **panne faîtière** d'une section de **22,5 cm par 7,8 cm**.



Un seul relevé pour 9 arcs

"*La déformation de la voûte, consécutive à la tempête, n'était pas constante*", explique **Yves ABERT**. *Théoriquement, il aurait fallu faire plusieurs relevés à l'emplacement de chaque arc pour déterminer pour chacun la géométrie correspondante. Cela aurait beaucoup augmenté les délais, non seulement pour faire ces relevés, mais aussi pour fabriquer les arcs, qu'il aurait été impossible de coller 2 par 2 comme nous que le faisons d'habitude par soucis de productivité*".

Calage des arcs

La solution a été de réaliser les 9 arcs à partir du relevé moyen fourni dans l'avant projet, et d'utiliser des **cales en lamellé collé de profil trapézoïdal** (pour plus de stabilité). "*Ces cales, dont la hauteur a été ajustée sur chantier, ont permis de se connecter à la voûte, malgré la présence de bosses et de creux*" ajoute **Yves ABERT**. Les arcs, levés avec un treuil manuel, reposent sur des ferrures ancrées dans les murs en béton.



La liaison arc-cale-résille est réalisée avec un **feuillard métallique** continu pour **empêcher le soulèvement** de la couverture.

TEMOIGNAGES

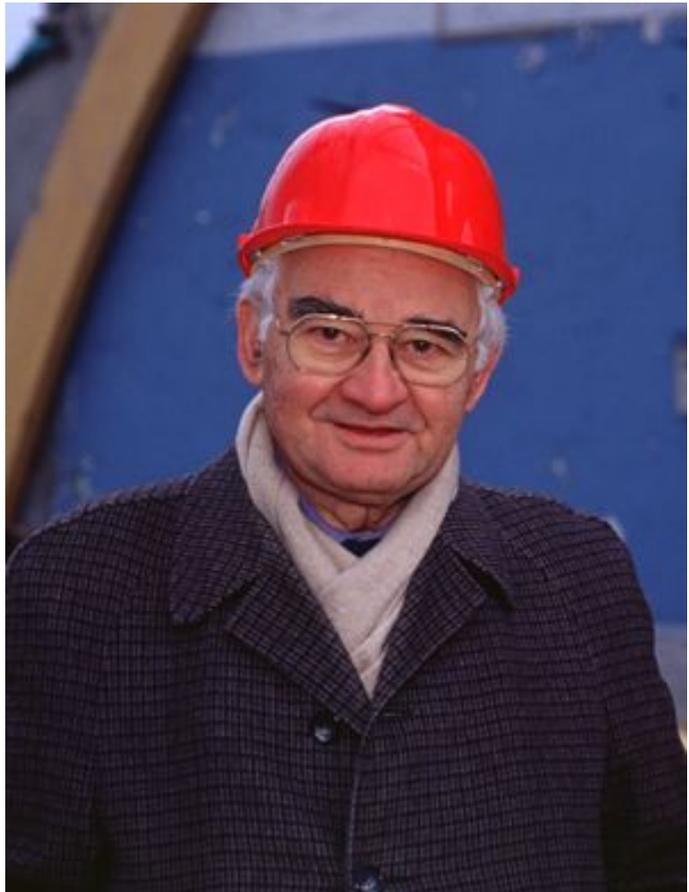
Grégoire NOMIDI, architecte

**"Des concessions aux normes
et aux méthodes de
construction actuelles"**

"Le bâtiment est inscrit à l'inventaire supplémentaire des Monuments Historiques. Obligation nous a donc été faite de reconstruire le cours de tennis à l'identique. Mais les normes actuelles de construction **ne permettaient pas de réaliser la résille sans renforts**, d'où la présence d'arcs en bois lamellé-collé, qui **respecte le style architectural** de l'ouvrage originel.

Une autre concession à la modernité a été de réaliser un ouvrage dont l'implantation forme un rectangle, contrairement à l'ouvrage de 1925 dont les deux grands côtés **n'étaient pas parallèles**, une résultante de l'emprise du bâtiment. Cela avait été obtenu grâce à une **variation progressive de la courbure de la voûte**. Pour restituer cette géométrie, il est probable que les artisans-charpentiers de l'époque aient **façonné les planches à l'avancement**, comme en témoigne les écarts de dimension parfois insignifiantes ou parfois importantes relevés sur les débris de l'ouvrage après la tempête. **L'impossibilité de reproduire ce mode opératoire et l'obligation de respecter les normes** en vigueur justifie les modifications apportées.

Robert Lourdin, ingénieur-conseil a parfaitement saisi le problème et établi les études techniques de conception qui ont servi de base aux calculs et épures de CMBP. Le bureau Veritas a assuré le contrôle technique complet".



TEMOIGNAGES

Jean-Michel GUELLIER,
responsable des études de CMBP

**"Les arcs en lamellé-collé évitent
le cumul des efforts sur la résille
en les canalisant"**

*"La résille losangique est une structure auto-stable, apparue probablement lors de la révolution industrielle, comme beaucoup de structures triangulées. Elle obéit à un principe de répartition des efforts qui est très élégant. Mais son principal défaut est qu'en cas de contraintes exceptionnelles, l'addition des efforts **peut conduire à un phénomène d'instabilité**, et donc à la rupture d'un ou d'une série d'assemblages, entraînant par **effet "domino" la ruine de l'ouvrage** : c'est **la limite des structures "hyper articulées"**.*

*Cela explique sûrement qu'après avoir donné satisfaction pendant 70 ans, la résille n'ait pas résisté à l'épisode de la tempête de 1999. La présence d'une charpente en lamellé-collé permet de reprendre des **efforts bien plus importants**, qui s'échelonnent entre **2 et 7,5 tonnes de compression** selon les arcs. Sur l'ancien ouvrage, le parcours des efforts était **imprévisible**. L'ajout d'une structure primaire permet de les **canaliser** et donc de **connaître précisément leur cheminement**, ce qui constitue une **garantie de stabilité**.*

*Pour connaître finement le fonctionnement de la résille initiale, il faudrait se livrer à des calculs très complexes de **modélisation par éléments finis de l'ensemble de la voûte**, en combinant divers types de sollicitations, ce qui serait très lourd et très complexe. Ce travail, nous l'avons fait, mais **seulement pour une trame de résille**. Je suis persuadé qu'un **calcul complet de la résille initiale** aurait montré sa **faiblesse aux efforts ultimes**, en particulier dans les zones de **concentration d'efforts** qui correspondent aux **points singuliers de la géométrie** (arêtières, lanterneaux, et peut être l'appui contre le pignon).*

*La structure actuelle est capable de supporter une **pression de vent de 78 kg par m²**, et donc de mieux se comporter face à une tempête de même intensité que celle de 1999. Cette capacité de résistance est **bien supérieure** à celle de la structure originelle, qui avait sans doute été **conçue de façon empirique**, sans être calculée, et donc **sans réelle appréciation du coefficient de sécurité**".*

TEMOIGNAGES



Yves ABERT,
chargé d'affaires chez
CMBP

**"Trouver le meilleur
équilibre entre découpe en
atelier et travail sur
chantier"**

*l'angle de coupe aux extrémités et le cintre. Néanmoins, **de nombreuses découpes sur chantier** ont été nécessaires, notamment des entailles au niveau des encadrements de porte et des linteaux. En outre, **sur les 3 planches** assemblées qui constituent le module de base de la résille, **une seule a été percée en usine**. Les deux autres perçages ont été faits sur le site, après réglage de l'inclinaison, ce qui a permis d'éviter de nombreuses erreurs de géométrie et d'alignement. Enfin, **la taille des arcs et arêtières de croupe** a également été **achevée sur chantier**, pour s'ajuster au mur d'appui qui n'était ni plan, ni vertical. La réussite du projet tient pour beaucoup à la grande expérience et à l'exigence du chef de chantier".*

José RIBEIRO,
chef de chantier chez CMBP

"Une vigilance permanente"

*"La réalisation de la courbure de la voûte a demandé **d'ajuster en permanence la position des planches de la résille** afin de ne pas cumuler des erreurs qui auraient compromis le bon raccordement à la panne faîtière. Beaucoup de découpes et d'adaptations ont été réalisées sur place, ce qui explique l'importance du temps passé sur le chantier. Cette opération difficile à mener a exigé **une vigilance et un suivi sans relâche tout au long des 5 mois et demi de travaux.**"*



CONTACT PRESSE : Eric VERRIERE
tél : 02 37 64 09 00
fax : 02 37 64 09 50
mel : CMBP@dia1.oleane.com

TEMOIGNAGES

Eric VERRIERE, PDG de CMBP

"Un chantier de référence"

"Contrairement aux opérations de construction neuve classiques, le chantier de la rue de la Cavalerie s'est avéré d'une **rare complexité**. La difficulté a été de **conjuguer les efforts de standardisation de la fabrication** à la nécessité de **s'adapter le mieux possible au bâti existant**, très irrégulier.

En tant qu'entreprise spécialiste des chantiers hors-normes, nous avons mis un **point d'honneur à tout mettre en œuvre pour répondre aux attentes** de l'architecte et de la maîtrise d'ouvrage, et ce au prix d'un **important nombre d'heures sur chantier (2500)**.

Cette opération s'ajoute à nos références de chantiers techniques répondant à des **contraintes inédites**. Elle illustre une nouvelle fois notre capacité à répondre aux **appels d'offres les plus exigeants**."



LE CHANTIER : LES GRANDES LIGNES ET LES CHIFFRES-CLES**Plus de 3300 heures de travail :**

Etudes :	200 heures
Taille du bois :	440 heures
Serrurerie :	224 heures
Chantier :	2500 heures

Plus de 90 m3 de bois :

Lamelle-collé :	35 m3 (tennis et trinquet de pelote basque)
Résille :	40 m3, environ 1400 pièces
Voliges :	16 m3, soit 900 m2 de surface développée

Dimensions de la structure du tennis :

Longueur :	36 m
Largeur :	20 m
Hauteur :	10,30 m au faîtage de la charpente 11,50 m au faîtage de la verrière
Surface développée:	1000 m2

Calendrier :

Etudes :	3 mois, à compter de la fin juin 2001
Fabrication :	1,5 mois de septembre à octobre 2001
Livraison :	29 octobre 2001
Mise en œuvre :	novembre 2001 à la mi-avril 2002 (dont 2 semaines pour le trinquet)
Réception :	18 juillet 2002

Intervenants :

Maîtrise d'ouvrage :	Syndicat des copropriétaires (Société Civile du Tennis de la Cavalerie, Club de Pelote Basque de Paris, la Motte Piquet Garage...)
Maître d'œuvre :	Grégoire Nomidi, architecte DPLG
Etude avant projet :	BE Robert Lourdin
Bureau de contrôle :	Veritas
Entreprise bois :	CMBP

Montant total travaux : 1 million d'euros HT
(programme de réhabilitation de l'immeuble)

Marché CMBP : **176.000 euros HT**

- Structure bois et verrière en acier pour la reconstruction du tennis
- Arcs de soutènement de la couverture du trinquet de pelote basque

PLANS D'EXECUTION**Reconstruction du tennis :****Charpente lamellée-collée :**

- Plan CH001-E : Vue en plan

Charpente lamellée-collée + résille :

- Plan CH002-A : Coupes – Vues latérales – Axonométrie

Résille losangique :

- Plan CH003-A : Vue latérale d'une trame– Détails des fixations

Renforcement du trinquet de pelote basque :

- Plan CH020-A : Vue en plan – Coupe - Détails

CMBP : UN LEADER DU LAMELLE COLLE AU SERVICE DE PROGRAMMES DE CONSTRUCTION BOIS INNOVANTS

Spécialiste des structures en lamellé-collé depuis 40 ans, **la société CMBP, fer de lance du groupe SOFIVER**, réalise plus de 60 chantiers chaque année, en France comme à l'étranger (Europe, Russie, DOM-TOM, Afrique, Moyen Orient, Amérique du Sud). **Partenaire d'architectes de renom** comme Christian de Portzamparc, Yann Brunel ou Antoine Grumbach, CMBP capitalise un nombre impressionnant de références, pour le compte de maîtrises d'ouvrages publiques ou privées, dont plusieurs grands comptes : **Aéroports de Paris, EDF, la RATP, la SNCF, ou le Ministère de la Culture et de la Communication.**

Une position de leader

Appuyée par sa filiale Gauthier Lamellés Collés, CMBP s'impose aujourd'hui avec un chiffre d'affaires cumulé de 14 millions d'€ (11 millions d'€ en 2000) comme **le numéro 2 ou 3 de la construction bois en lamellé-collé** en France, tant dans le bâtiment que les ouvrages d'art. Une réelle prouesse, compte tenu des difficultés survenues à la suite de l'incendie qui ravagea en 1999 l'usine de Gargenville (Yvelines), gelant le niveau d'activité pendant une année.

Des réalisations sans précédent

Spécialiste des **opérations à forts enjeux technologiques** et mettant en jeu des solutions développées spécifiquement, CMBP est intervenu dans le cadre d'opérations très prestigieuses : l'église de Rouen, le pont de Merle, la gare du Grand Stade du RER B à St Denis, la nouvelle gare TGV d'Avignon ou la Cité de la Musique à Paris. Auxquelles s'ajoutent une myriade de bâtiments commerciaux, industriels, d'habitation, sportifs (gymnases, tennis, piscines), scolaires, universitaires ou culturels (salles polyvalentes).

Une équipe dynamique, des moyens techniques de pointe

Depuis le mois de septembre 2000, CMBP est installée dans de nouveaux locaux sur le site du Mesnil Simon en Eure et Loir. 400 m2 de bureaux et une usine de 6700 m2 abritent 45 collaborateurs et des moyens d'études et de fabrication à la pointe de la technologie, **assurant la continuité totale de la chaîne numérique**, depuis la conception jusqu'à l'usinage. Aux postes de conduite des équipements industriels comme dans le bureau d'étude, les équipes sont formées de personnels compétents, ingénieurs et techniciens, et dont la moyenne d'âge est inférieure à 40 ans.

CMBP AU SEIN DU GROUPE SOFIVER**SA CMBP**

Création : 1961

Activité : charpente lamellé collé et structures bois

PDG : Eric Verrière

Localisation : Le Mesnil Simon, Eure et Loir (28)

Usine et bureaux : 7100 m²

Effectifs : 45 personnes

Capacité de production : 5000 m³

Capital : 1 million d'€

CA 2002 : 7,13 millions d'€

SA GAUTHIER LAMELLES COLLES

Création : 1955, rachetée en 1999

Activité : charpente lamellé collé

PDG : Eric Verrière

Localisation : Sérent, Morbihan (56)

Usine et bureaux : 10.000 m²

Effectifs : 30 personnes

Capacité de production : 8000 m³

Capital : 1 million d'€

CA 2002 : 4,6 millions d'€

SA LTB

Création : 1994

Activité : charpente industrialisée

PDG : Véronique Verrière

Localisation : Freneuse, Yvelines (78)

Usine et bureaux : 1800 m²

Effectifs : 15 personnes

Capacité de production : 2000 m³

Capital : 38.000 €

CA 2002 : 2,2 millions d'€