



1

Pool Dome in St. Quentin

Design and assembly skill advance the ribbed shell

Pierre Carduner

The new reception and services building for a public swimming pool in Saint-Quentin-en-Yvelines, France houses 1,673 sq.m for lifeguard stations, locker rooms and a cafeteria. The size, height and efficient use of materials and assembly methods mark a new stage in the evolution of ribbed shells.

The building is covered with a ribbed shell in the shape of a toroid covering a 225° segment of a 54 metre diameter circular area. The roof structure is supported by concrete columns at its periphery and by a reinforced concrete structure in the centre.

The roof surface has compound curves in which the ribbed planks criss-cross each other. The ribs curve only in single curvature thereby simplifying design and construction. A computer program was developed specifically for this project to calculate the position of the ribs and their intersections.

The positions of the first [bottom] layer of the ribs were then mapped out on site. At this stage in construction, the structure was very flexible and it was necessary to shore up

each of the rib intersections. Once all the layers were added and connected, the structure became a stiff interlocking structural system.

The base perimeter of the circle is held in place by a glue-laminated tie beam or belt that works in tension to resist the outward thrust of the ribs. The sections of the glulam belt are joined by means of metal connectors sunk in the wood members using a patented non-shrink grout. The connector, designed by German engineer Peter Bertsche, allows the very efficient transfer of high tension stresses using a non-visible method.

As the 74 ribs project from the perimeter to the centre of the roof each intersects the other ribs up to 10 times over a 27m length. Thus the ribs form a geometric mesh as they converge on the central concrete support.

The first set of rib intersections occurs at 8m from the outer perimeter. In those locations, the ribs are exposed to very high stresses as the buckling length and rib spacing were at their maximum. Glulam was chosen to provide the necessary strength capacity and to allow for factory prefabrication, with the criss-cross pattern built-in. Using glulam

also saved construction time and avoided the need to shore up nearly 50% of the nodes.

As the ribs continue towards the center of the roof, their construction changes from glulam to nail-laminated boards, an innovation tried for the first time on this project.

All components of the structure use soft-wood material. High strength glulam located in the more highly stressed portions of the structure, such as in belt and base of ribs, is offset in cost and availability by lower grade material used farther up in the roof. ∞

Pierre Carduner is principal of Carduner and Associates, Paris.

Credits
Architect: Carduner and Associates, Paris

1. The 1,673 sq.m building pool reception building houses change rooms, cafeteria and other services.

Le bâtiment de réception de la piscine de 1,673 m² loge les vestiaires, la cafétéria et d'autres services.

2. The ribbed shell in the shape of a toroid covers a 225° segment of a 177ft. diameter circle.

La coque nervurée en forme de tore couvre un segment de 225° sur un cercle d'un diamètre de 177 pi².



2

Dôme de piscine à Saint-Quentin

La conception et les habiletés de montage font progresser la coque nervurée

Pierre Carduner

Le nouveau bâtiment de réception et de services d'une piscine publique à Saint-Quentin en Yvelines, France, offre 1,673 m² pour les postes de secours, les vestiaires et une cafétéria. La dimension, la hauteur et l'utilisation efficace des matériaux et des méthodes de montage marquent une nouvelle étape dans l'évolution des coques nervurées.

Le bâtiment est recouvert d'une coque nervurée en forme torique qui couvre un segment de 225° d'une surface circulaire ayant un diamètre de 54 m. La structure du toit est supportée par des colonnes en béton sur sa périphérie et par une structure en béton armé dans le centre.

La surface du toit comporte des courbes composées dans lesquelles les planches nervurées s'entrecroisent. La courbure des nervures s'effectue sur un seul plan, simplifiant ainsi la conception et la construction.

Un programme informatique a été conçu spécifiquement pour ce projet afin de calculer la position des nervures et leurs intersections.

Les positions de la première couche [fond] de nervures ont ensuite été tracées sur le chantier. À cette étape de la construction, la structure était très flexible. Il fallait donc épontiller chacune des intersections de nervures. Lorsque toutes les couches ont été ajoutées et connectées, la structure est devenue un système structural entrelacé et rigide.

Notes on the structure

David Moses, P.Eng. Ph.D.

The system of ribs makes a very stiff shell once they are completely interlocked with one another.

The ribs that make up the shell are interwoven to produce the cross pattern with continuous members. This is a huge improvement over the normal practice of using one large continuous member and hanging others off it. By making each rib continuous, and continuous with all the other ribs, the entire roof works as a thin, and very efficient shell.

Glulam makes up about 50% of the roof elements and is used in the lower part of the roof where stresses are greatest. It is most likely that the intersections became so numerous near the centre of the roof that factory prefabrication would become too complicated. Thus, nail-laminated construction was used for the remaining lengths of the ribs.

Bolts or tight-fit pins were used to connect the cross-shaped glulam nodes. In general, the use of wood is efficient: the depth of the ribs is reduced by two laminates as they depart from the heavily stressed perimeter. This also lightens the dead weight of the entire roof.

The outer glulam ring beam, or belt as they describe it, is quite interesting. All domes and shells require tension ring beams to resist the outward thrust from the roof beams/ribs. In this case a 212mm x 594mm curved glulam beam was used.

The drawings indicate a tensile force of 30.9 tonnes. This is roughly 300 kN or 68 kips. These significant loads were carried using three concealed Bertsche connectors. The connectors are grouted into place in the wood, leaving only a socket exposed to receive a bolt. A steel coupler and bolts are used to tie the two halves together.

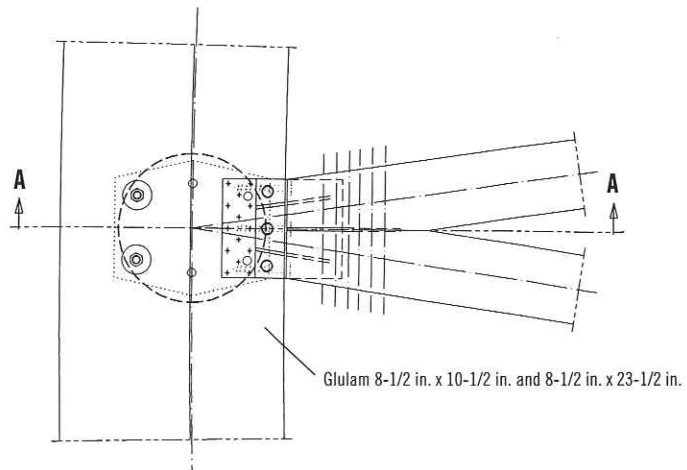
David Moses, P.Eng. Ph.D. is a structural engineer with Equilibrium Consulting Inc. in Vancouver, British Columbia.

3. Each of the 74 ribs intersects the other ribs up to 10 times over an 88ft. length making for a very stiff shell structure.

Chacune des nervures croise 10 fois les autres 74 nervures, sur une longueur de 88 pieds ce qui produit une structure de coque particulièrement rigide.



3



Plan of rib connection to glulam ring beam /
Plan de la connexion des nervures à la poutre annulaire en lamellé-collé

Le périmètre de base du cercle est maintenu en place à l'aide d'une poutre de rigidité en lamellé-collé ou ceinture qui travaille en tension et résiste à la poussée vers l'extérieur des nervures. Les sections de la ceinture en lamellé-collé sont jointes au moyen de connecteurs métalliques encastrés dans les pièces de bois et d'un coulis sans retrait. Le connecteur, conçu par l'ingénieur allemand Peter Bertsche, permet le transfert très efficace des contraintes élevées en tension par une méthode non apparente.

Comme les 74 nervures sont projetées du périmètre au centre du toit – chacune croise les autres nervures jusqu'à 10 fois sur une longueur de 27 m. Ainsi, les nervures forment une grille géométrique en convergeant vers le support central en béton.

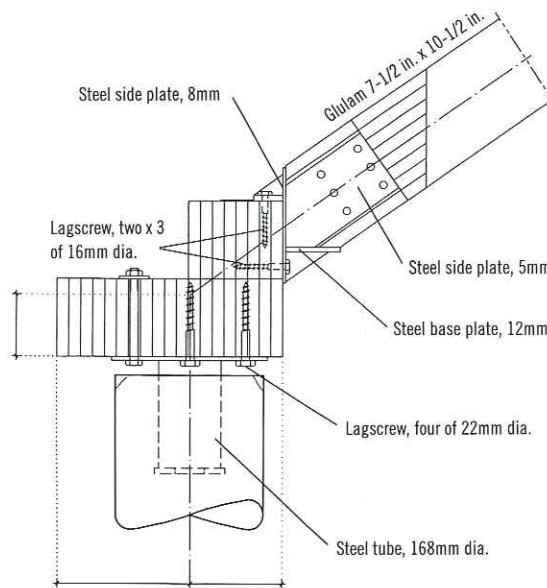
La première rangée de croisement des nervures se produit à 8 m du périmètre extérieur. À ces endroits, les nervures sont soumises à des contraintes très élevées car la longueur de flambage et l'espacement des nervures se trouvent à leur maximum. Le lamellé-collé a été choisi afin de fournir la résistance nécessaire et de permettre la pré-fabrication en usine en y incorporant le réseau des croisements. L'utilisation du lamellé-collé a également permis de gagner du temps de construction et d'éviter d'époutiller près de 50 % des noeuds.

Au fur et à mesure que les nervures progressent vers le centre du toit, leur construction passe du lamellé-collé aux pièces en lamellé-cloué, innovation mise à l'épreuve pour la première fois sur un tel projet.

Tous les éléments de la structure utilisent du bois résineux. Le lamellé-collé à résistance élevée utilisé dans les parties les plus éprouvées de la structure comme dans la ceinture et à la base des nervures, est contrebalancé en termes de coûts et de disponibilité par l'utilisation d'un bois d'une résistance moindre dans la partie supérieure du toit. ∞

Pierre Carduner est président-directeur-général de Carduner et associés à Paris.

Crédits
Architecte : Carduner et associés, Paris



Section A-A of rib connection to glulam ring beam /
Section A-A d'une connexion de nervure à la poutre annulaire en lamellé-collé

Points à souligner sur la structure

David Moses, ing. Ph.D.

Le système de nervures produit une coque très rigide lorsque les nervures sont reliées entre elles.

Les nervures qui composent la coque sont entrelacées afin de produire un tracé croisé de pièces continues. Il s'agit-là d'une grande amélioration par rapport à la pratique normale qui consiste à utiliser une grande pièce continue, puis à y joindre les autres. En assemblant toutes les nervures de manière continue et en les reliant entre elles, le toit entier fonctionne comme une coque mince très efficace.

Le lamellé-collé constitue près de 50 % des éléments du toit et il est utilisé dans la partie inférieure du toit, là où les contraintes sont les plus élevées. Il est très probable que les intersections auraient été très rapprochées près du centre du toit ce qui complique trop la préfabrication. Ainsi, cette partie des nervures a été réalisée en lamellé-cloué.

On utilise des boulons et des goujons pour assembler les noeuds entrecroisés des lamellé-collés. En général, l'utilisation du bois est efficace. Ainsi, en montant, les nervures quittent la partie

des fortes contraintes près du périmètre, la profondeur des nervures est réduite de deux lamelles. Cela allège également la charge permanente du toit entier.

La poutre externe en lamellé-collé, dite encore de ceinture, est très intéressante. Tous les dômes et les coques requièrent l'utilisation de poutres annulaires en tension afin de résister à la poussée exercée vers l'extérieur par les poutres et les nervures du toit. Ici, on a utilisé une poutre courbée en lamellé-collé de 212 x 594 mm.

Les dessins indiquent un effort de traction de 30,9 tonnes. Cela représente environ 300 N ou 68 kips. Ces charges importantes sont transmises à trois connecteurs dissimulés. Les connecteurs sont encastrés dans le bois, puis recouverts d'un coulis, ne laissant paraître qu'une douille où loger un boulon. Un coupleur et des boulons en acier servent à réunir les deux moitiés.

David Moses, P.Eng. Ph.D. est ingénieur de structure chez Equilibrium Consulting Inc. à Vancouver en Colombie-Britannique.