

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 134 (2008)
Heft: 12: En chantier

Artikel: Une charpente mixte métal-bois
Autor: Grimault, Charlotte
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-99687>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Une charpente mixte métal-bois

Le Rolex Learning Center est recouvert par une toiture légère en charpente métallique qui suit les ondulations du plancher. Composée d'une grille de poutres principales continues selon l'axe nord-sud qui sont reliées perpendiculairement par des poutres secondaires d'une travée, ses mouvements à proximité des parois vitrées doivent rester limités. La charpente doit être la plus fine possible, afin de conserver l'impression de légèreté et de fluidité désirée par les architectes de SANAA.

Pour suivre au mieux le dessin des coques en béton armé, le concept de la charpente a été différencié selon les zones concernées (fig. 1). Dans les zones plates, le principe est traditionnel : les poutres principales sont des profilés IPE 400 et les poutres secondaires des IPE 300, assemblés dans la hauteur des IPE 400. Ce dispositif classique est prévu pour recevoir directement les tôles de couverture.

Solution mixte pour les zones courbes

Dans les zones courbes, les poutres principales ont été segmentées afin de suivre la courbure des coques. Ces poutres,

qui sont également faites de profilés IPE 400, ont donc une hauteur de 400 mm. Or, la hauteur disponible entre l'isolation en toiture et le faux-plafond – également parallèle au sol – n'est que de 445 mm : les tronçons rectilignes des IPE 400 ne doivent donc pas s'éloigner de plus de 45 mm de la courbure idéale, ce qui a parfois imposé de segmenter les poutres principales tous les trois mètres.

Un principe similaire de segmentation aurait pu être envisagé pour les poutres secondaires. Or, les poutres de charpente reçoivent directement les tôles ondulées qui supportent l'isolant de toiture et lui donnent sa forme définitive (fig. 2). Le parfait respect de la courbure aurait alors impliqué de développer un système de calage spécifique pour chaque poutre, dans les deux sens, afin de pouvoir poser les tôles.

Pour éviter ce calage complexe, nous avons choisi de développer une solution mixte métal-bois. Les 986 poutres secondaires des zones ondulées seront réalisées en bois lamellé collé. Chaque poutre sera dessinée en trois dimensions, sa face supérieure étant usinée dans le sens de la longueur et de la largeur afin d'épouser parfaitement la géométrie du toit. Comme ces poutres en bois reçoivent directement les tôles ondulées, le calage n'est plus nécessaire.

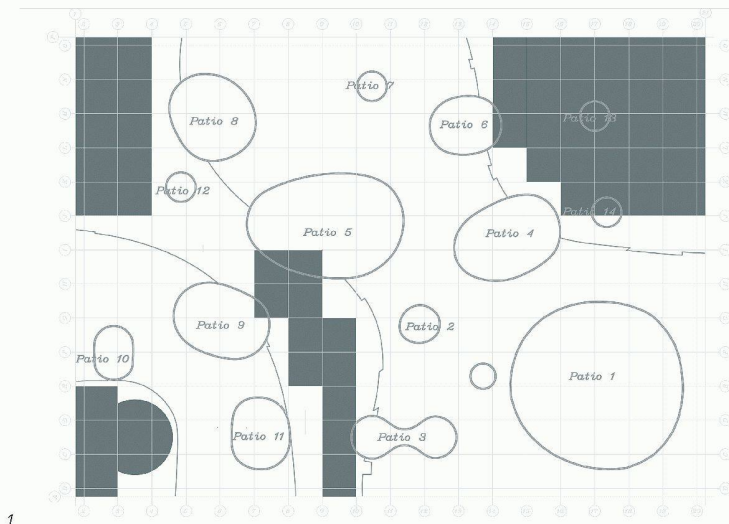
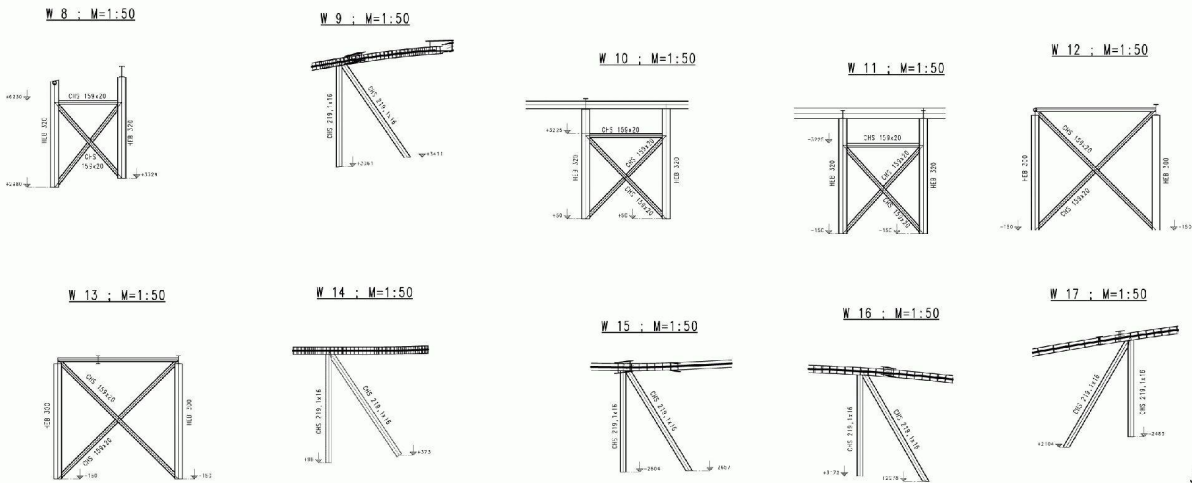


Fig. 1 : Vue en plan de la charpente métallique avec en foncé les zones métal et en blanc les zones métal-bois

Fig. 2 : Prototype pour la charpente et la toiture

Fig. 3 : Exemples de contreventements verticaux

Fig. 4 : Ecoulement de l'air – Patios 5 et 8 en haut et patios 2 et 3 en bas



3

Limiter les déformations horizontales

La structure horizontale repose sur des piliers circulaires blancs disposés selon une trame de 9 x 9 m. Le faible diamètre de ces piliers (127 mm) et leur grande hauteur (3,30 m entre le sol fini et le faux plafond) garantit l'aspect fin et élancé recherché par les architectes.

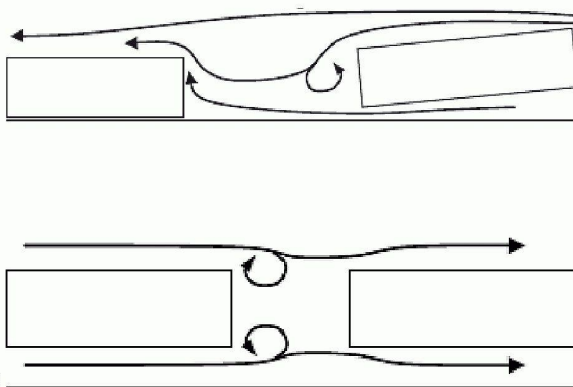
Compte tenu de la géométrie particulière du bâtiment, les façades des plus petits patios ne peuvent pas accepter plus de 11 mm de déformation horizontale de la charpente métallique, cette limitation étant de la sorte l'élément prépondérant pour le dimensionnement. Les déformations horizontales proviennent principalement des effets du vent, de la température et des effets du retrait et fluage des coques en béton. L'analyse détaillée des déformations acceptables par les façades a permis de déterminer les zones de la charpente où ces déformations devaient être limitées. Nous avons alors étudié dans le détail les combinaisons de charges déterminantes dans ces zones.

Effets dus au vent

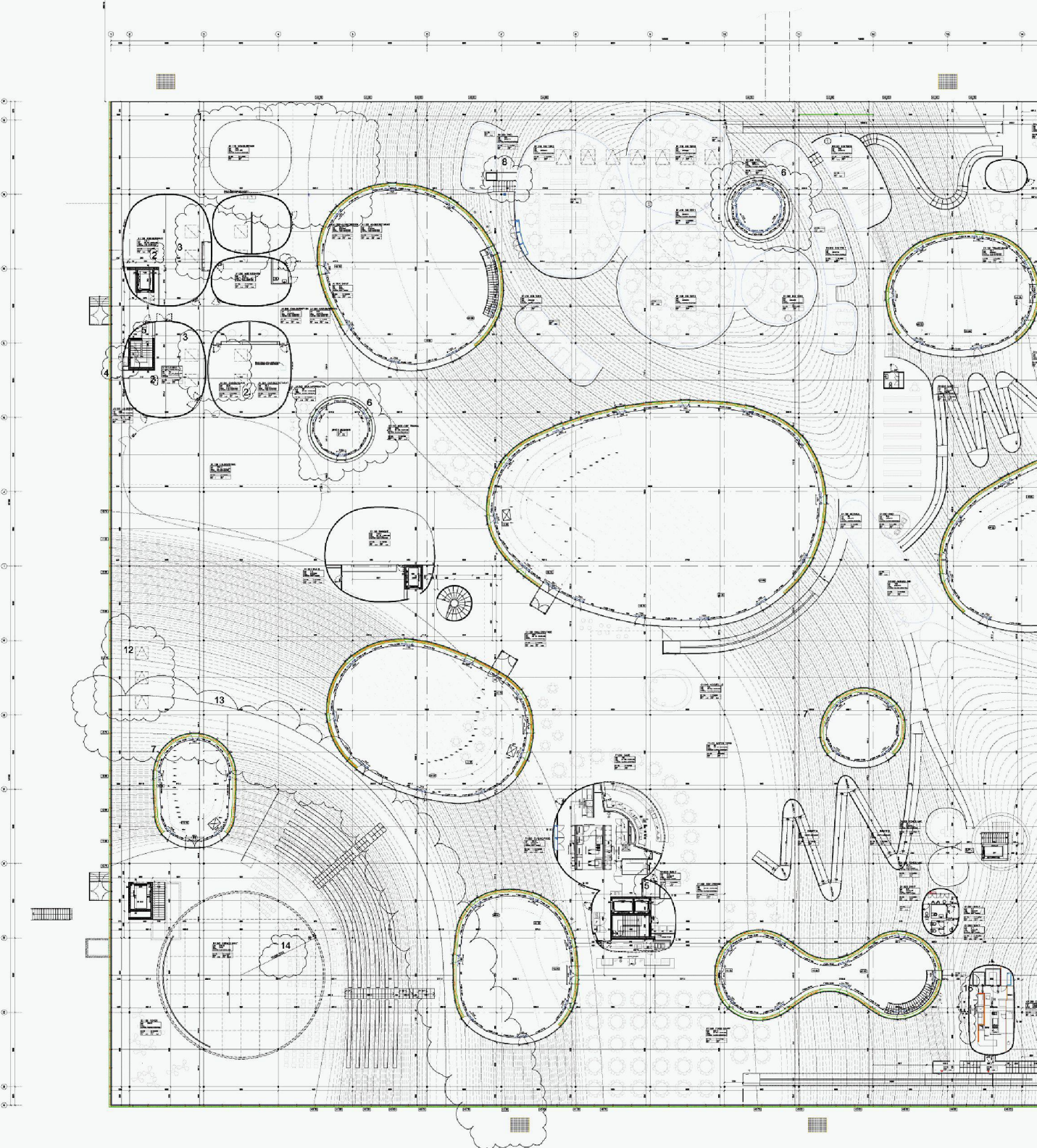
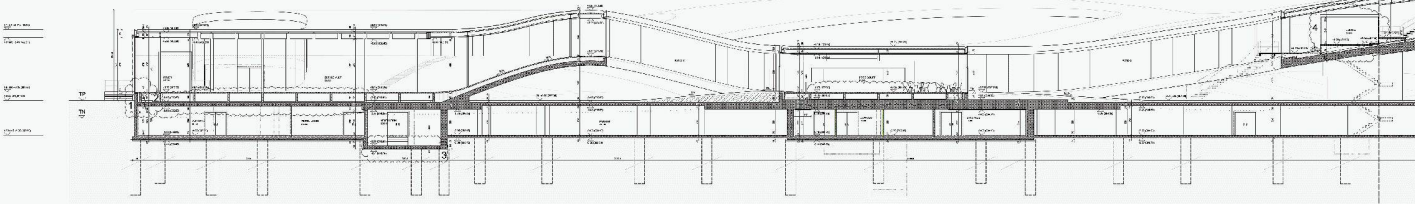
De nombreuses études antérieures sur le vent autour du site de l'EPFL permettent d'optimiser et de calculer au plus juste les coefficients utilisés pour le calcul des sollicitations dues au vent. Ces études démontrent clairement que le site est peu exposé aux vents forts : il est protégé de la bise par l'ensemble de la topographie au nord-est et, bien que situé à proximité du lac, il n'est pas particulièrement exposé aux vents forts du secteur sud-ouest, la route cantonale longeant le bâtiment et son talus formant un rempart efficace contre ces vents.

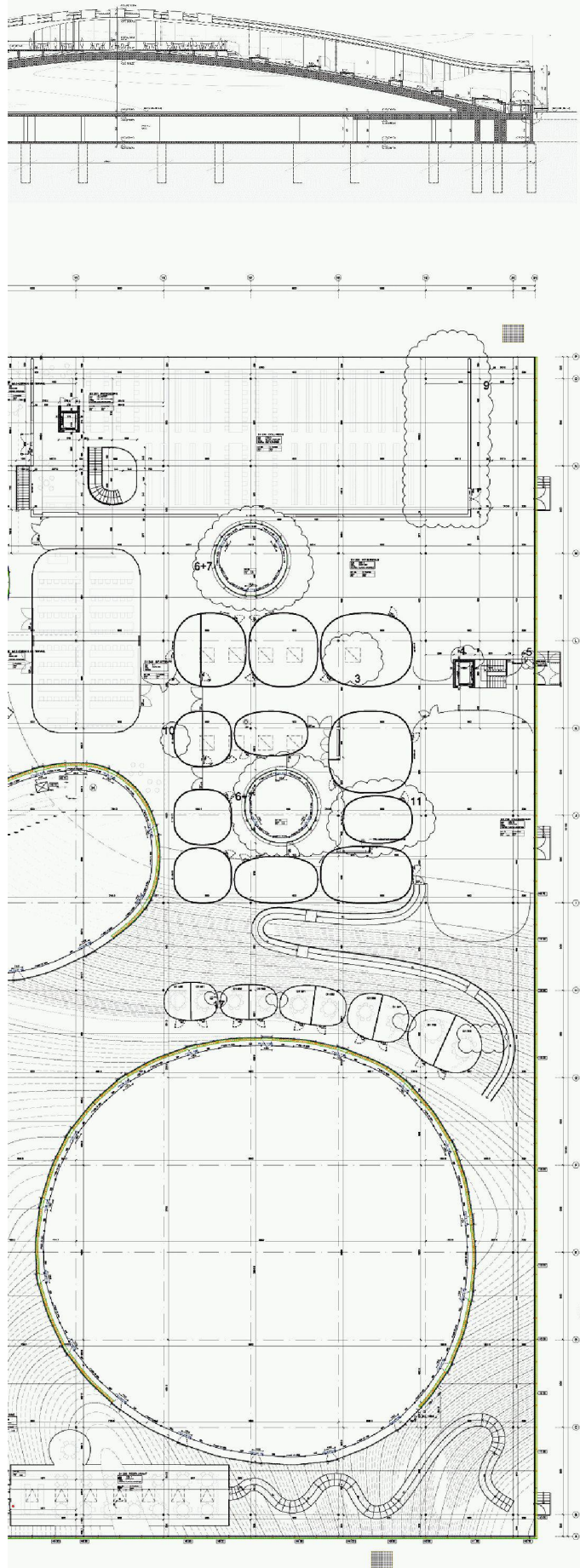
De plus, lorsque la pression positive la plus grande s'exerce sur la face exposée au vent, la dépression dans le sillage du vent est plus faible en raison de la grande distance entre les façades périphériques du bâtiment (120 x 166 m). En d'autres termes, les dimensions du bâtiment font que les sollicitations extrêmes ne se produisent pas simultanément sur les différentes façades. Il est donc possible d'optimiser le coefficient de force horizontale exercé par le vent sur la structure du bâtiment, en prenant la valeur de pression extrême sur une face et une valeur d'accompagnement plus faible sur l'autre face. L'écoulement de l'air a également été étudié en tenant compte de la géométrie et de la configuration particulières de chacun des 14 patios (fig. 4). Cette prise en compte détaillée de la géométrie a permis de définir des coefficients de pression spécifiques pour chaque patio.

La stabilité de la charpente est assurée par un réseau de contreventements horizontaux et verticaux. Les contreventements horizontaux, situés dans le plan de la toiture, sont des fers plats en forme de Croix de Saint-André, fixés sur la face inférieure des poutres bois et sur les semelles inférieures des IPE 400. Ils sont d'abord répartis conventionnellement,



4





soit de façon à former quatre grandes poutres en périphérie du bâtiment. A l'intérieur, ils sont positionnés de manière à limiter les déformations en fonction des valeurs acceptables pour chaque patio (fig. 6). Quant aux 17 contreventements verticaux, ils sont répartis sur toute la surface du bâtiment. La plupart d'entre eux étant visibles, ils ont été disposés de façon à apporter la meilleure réponse à la fois aux exigences structurales et à la volonté des architectes.

Retrait et fluage des coques

Le dimensionnement de la charpente suppose que 30 % du retrait et du fluage du béton des coques seront réalisés avant la pose de la charpente. Au niveau de la réalisation, cela signifie qu'il est nécessaire d'attendre deux semaines après le décoincage des coques pour commencer la pose de la charpente.

La géométrie retenue pour la charpente est celle correspondant à la position finale des coques, soit une fois que le retrait et le fluage du béton sont terminés. Ce choix implique que, lors de leur pose, les poutres de charpente sont légèrement trop longues par rapport à la distance projetée sur les coques. Les piliers de charpente seront donc montés avec un léger angle par rapport à la verticale, cette inclinaison devant s'amenuiser au fur et à mesure que le béton continue à fluer. Nous estimons qu'une attente de 100 jours après le décoincage des coques devrait être suffisante pour pouvoir régler la charpente dans sa configuration définitive.

Température

La charpente est dimensionnée sur la base d'une température de référence de 18°C et d'une variation de plus ou moins 10°C, donc de 8 à 28°C.

La dilatation des poutres joue un rôle prépondérant en matière de déformations horizontales puisqu'en dépit de sa grande taille, aucun joint de dilatation n'est prévu pour le bâtiment. Cependant, la variante retenue avec des poutres secondaires en bois permet de réduire les déformations par rapport à une charpente entièrement en métal, le coefficient de dilatation thermique du bois étant plus de 100 fois inférieur à celui du métal. De plus, la charpente est conçue avec des joints de montage, les 350 tonnes de structure devant être posées entre mi-juillet et fin novembre, donc avec des températures de pose pouvant varier de 5°C à plus de 30°C. La charpente sera réglée et les assemblages définitivement serrés qu'une fois l'intérieur du bâtiment chauffé à une température avoisinant la valeur de référence de 18°C.

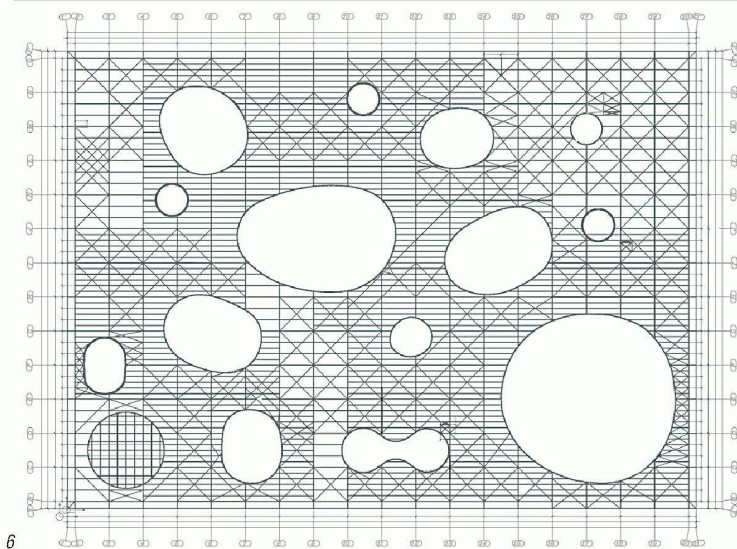
Ces diverses mesures permettent de ramener les déformations de la charpente dans 95% des cas à des déformations

Fig. 6 : Positionnement des contreventements

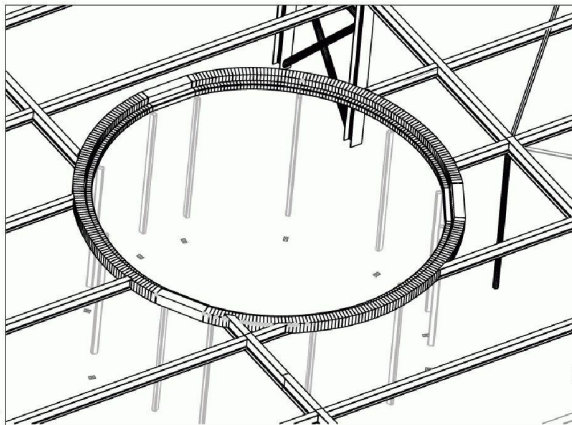
Fig. 7 : Vue 3D de la charpente autour d'un patio désolidarisé

Fig. 8 : Schéma de l'assemblage entre les façades et la charpente métallique pour les petits patios

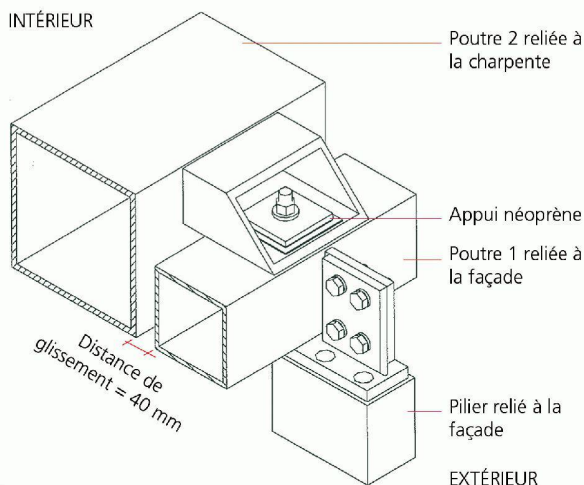
(Tous les documents illustrant cet article ont été fournis par l'auteur)



6



7



8

acceptables par les façades. Les 5% restant correspondent aux déformations à proximité des quatre patios ayant les plus faibles rayons, dont les façades supportent moins de déformations. Pour diminuer encore ces dernières, les façades de ces patios ont été désolidarisées de la toiture. Les figures 7 et 8 montrent le détail du système d'assemblage pour les patios de faible diamètre. Il faut imaginer que les poutres 1 et 2 forment deux cercles concentriques faisant le tour du patio. Du côté intérieur du cercle, la façade est reliée aux piliers de charpente et à un premier anneau métallique de plus petit diamètre (poutre 1). La charpente est reliée à un deuxième anneau métallique de plus grand diamètre (poutre 2). Les anneaux des poutres 1 et 2 sont reliés entre eux par un système d'assemblage avec des trous oblongs et un appui néoprène permettant un glissement entre les deux anneaux. La distance de glissement est de 40 mm, ce qui réduit d'autant les déformations de la façade par rapport aux déformations de la charpente. Ainsi, seules les déformations verticales de la charpente sont entièrement transmises à la façade, ce qui n'est pas déterminant.

Pose en cinq mois

La fabrication en atelier a débuté mi-juin, une première intervention sur le chantier devant avoir lieu à mi-juillet déjà. Le montage de la charpente se fera par zones. Elle sera d'abord montée entre juillet et août sur les zones plates des angles sud-ouest et nord-ouest du bâtiment. La construction se poursuivra sur la petite coque, dès le mois de septembre, pour se terminer par la zone de la grande coque entre octobre et novembre. La pose de la charpente sera suivie par celle des tôles ondulées. Leur faible hauteur (26 mm) leur permet de suivre parfaitement la géométrie dans les parties courbes. Un pare-vapeur, 20 cm d'isolation en laine minérale et une étanchéité en PVC gris clair compléteront ensuite le complexe de toiture.

Charlotte Grimault, ing. civil dipl. ENPC
Responsable Charpente Métallique – Toiture LC
Losinger Construction SA
Route de Renens 1, CH – 1030 Bussigny