

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 135 (2009)
Heft: 19: Structures métalliques

Artikel: Les arbres de la volière du Bois-de-la-Bâtie
Autor: Guscetti, Gabriele
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-99782>

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: 08.02.2025

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

Les arbres de la **volière** du Bois-de-la-Bâtie

GÉNIE CIVIL

Réalisé en 2008 dans le contexte de la lutte contre la propagation de la grippe aviaire, le projet des nouvelles volières du Bois-de-la-Bâtie a nécessité une étroite collaboration entre architecte et ingénieur, en raison du souhait d'un rappel des formes naturelles pour définir leur système porteur.

Toute structure, qu'elle soit naturelle ou artificielle, remplit souvent plusieurs fonctions qui ne sont pas toujours aisées à comprendre. Tant dans la nature qu'en ingénierie, les solutions pour résoudre correctement un problème sont souvent multiples, ce qui génère une immense diversité au niveau des formes et des matériaux utilisés. L'objectif commun reste toutefois celui de concevoir et de réaliser des structures efficaces.

D'abord une maquette inversée

Dans le cas de la volière, l'appel à des arbres pour décider de la forme des piliers pose d'emblée un problème de fonctionnalité: d'un point de vue purement structurel, un arbre fonctionne d'une façon très différente qu'un pilier devant supporter une dalle.

Des recherches ont été menées sur les structures arborescentes, notamment celles développées par Frei Otto dans les années 80, afin de définir les principes de conception qui puissent exprimer une certaine simplicité naturelle tout en étant, en réalité, le résultat d'un processus de recherche et développement sophistiqué. Sur cette base de réflexion et dans un souci d'efficacité, nous avons suivi le principe selon lequel chaque pilier en forme d'arbre ne devait être sollicité que par des efforts normaux sous l'action des charges

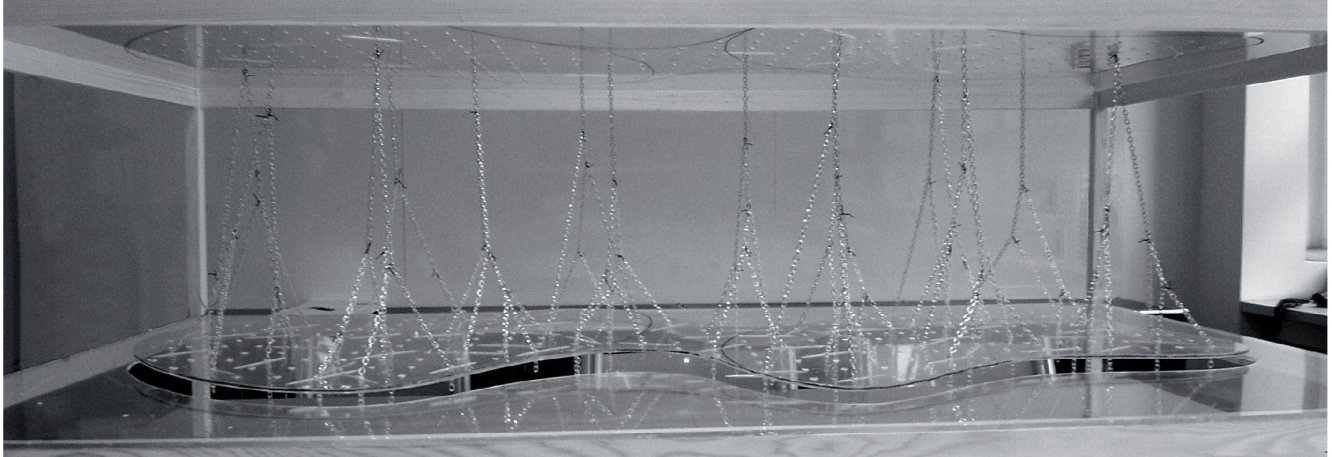


Fig. 1 : Volière du Bois-de-la-Bâtie
(Photo David Gagnebin-de Bons et Benoit Pointet)

Fig. 2 : Maquette de la volière selon le principe de Gaudi

Fig. 3 : Distribution des arbres sous la toiture

Fig 4 : Des modules réguliers pour les arbres



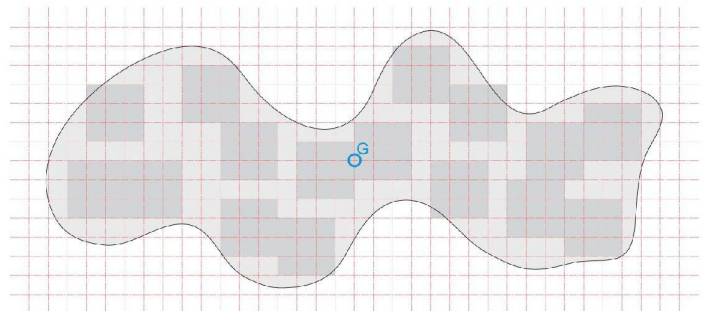
2

permanentes (essentiellement le poids de la toiture). D'un point de vue statique, cela se traduit par le fait que chaque structure « arbre » est l'image d'une composition vectorielle des forces circulant de la toiture vers les fondations.

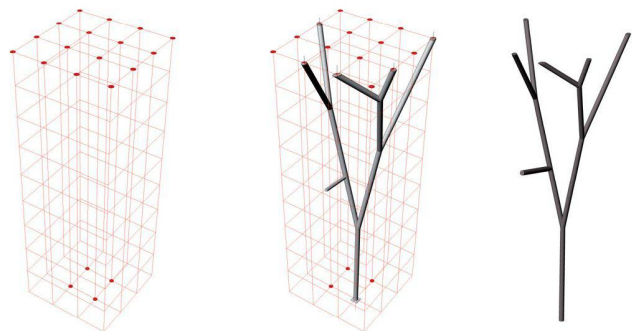
C'est ainsi que la première phase conceptuelle a consisté en une étude sur maquette « à l'envers », effectuée selon le principe d'inversion des charges de Gaudi. Par essais successifs, un fragile équilibre vertical et horizontal se met en place entre les nombreuses composantes qui interagissent pour obtenir finalement un état de traction pure dans l'ensemble des barres qui forment les différents arbres. Cette étude a permis de définir la forme parfaite du polygone funiculaire des seize piliers ramifiés, tous différents, appelés à soutenir la mince dalle de toiture en béton armé positionnée à neuf mètres du sol.

Des modules réguliers

L'utilisation de formes libres pour définir une structure porteuse pose des questions de processus essentielles, notamment quant à la rationalisation de la fabrication et du montage, qui se doivent de préserver le caractère volontairement aléatoire des seize arbres. Dans cette optique, nous avons inscrit les éléments du projet dans un système modulaire très rigoureux. C'est ainsi qu'une grille de 1m de module rythme le projet, et que chaque arbre s'inscrit lui-même dans un parallélépipède rectangle de 9m de hauteur reposant sur une base de 3m par 3m (fig. 4). Les axes de la grille sont distribués à partir du centre de gravité de la toiture, parallèlement à la direction des axes principaux d'inertie de sa surface. Les arbres, avec leur base de 3m par 3m, ont ensuite été régulièrement distribués sous la surface de la toiture (fig. 3) pour reprendre le plus uniformément

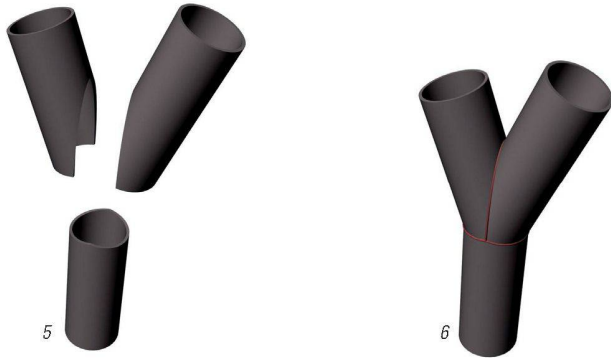


3



4

Fig. 5 et 6 : Assemblage des pièces
 Fig. 7 : Découpe des tubes en ateliers



possible les charges et limiter les déformations de la fine dalle de toiture en béton.

La présence de modules réguliers à l'intérieur des formes libres a grandement facilité les opérations de fabrication et d'assemblage des différents éléments, ceci tant en phase de projet que durant son exécution. De plus, lors du montage, la définition de quelques axes a permis la pose de l'ensemble des éléments des arbres avec un contrôle aisé de la géométrie.

Les structures arborescentes sont réalisés avec des tubes métalliques de 152.2 mm de diamètre dont l'épaisseur varie en fonction des efforts à reprendre. Ce diamètre constant rend les assemblages soudés en atelier géométriquement définis, sans hiérarchisation, et réduit considérablement la complexité des intersections; le projet qui en résulte est à la fois plus fluide et plus logique à construire. On a volontairement renoncé à des assemblages avec des pièces moulées, trop recherchées et sophistiquées par rapport à l'échelle et l'expression du projet (fig. 5 à 7).

Volières préventives

La grippe aviaire H5N1 est une épizootie qui atteint principalement les oiseaux. Sévissant en Asie de l'Est depuis 2003, ce virus hautement pathogène a été détecté en Europe à l'automne 2005, chez des oiseaux sauvages qui en sont les vecteurs de transmission. En Suisse, des volatiles sauvages ont été testés positivement en avril 2006, sans toutefois contaminer d'animaux domestiques, ni d'êtres humains. Parmi les mesures de prévention pour empêcher l'introduction et le développement de la grippe aviaire figure la mise en quarantaine des oiseaux d'élevage entre mi-octobre et fin avril, soit durant les périodes de migration. Le service des bâtiments de la Ville de Genève, en collaboration avec le service des espaces verts et de l'environnement, a alors proposé la construction de deux nouvelles volières couvertes au Bois-de-la-Bâtie.

Dans l'histoire des zoos et des parcs animaliers, la volière tient certainement une place particulière. Celle de Frei Otto à Munich et celle de Cedric Price dans le zoo de Londres sont deux des exemples les plus significatifs et les plus complexes. Les volières parlent de la verticalité, du vol et de l'espace tridimensionnel, et définissent des espaces exclusivement destinés aux oiseaux.

Il a été choisi d'installer les volières au milieu de l'étang, sur une petite île artificielle existante, afin de créer une « île aux oiseaux ». Pour éviter un point de vue unique, direct et déterminé des oiseaux, on a travaillé sur une forme libre non-synthétique, un volume difficile à appréhender et un chemin sinueux pour les visiteurs. La forme finale s'inspire de la morphologie du site en reprenant le pourtour des arbres qui bordent l'étang. Cette première analyse a donné la forme de la dalle qui couvrira les oiseaux à 9 m de haut, constituant un toit abstrait.

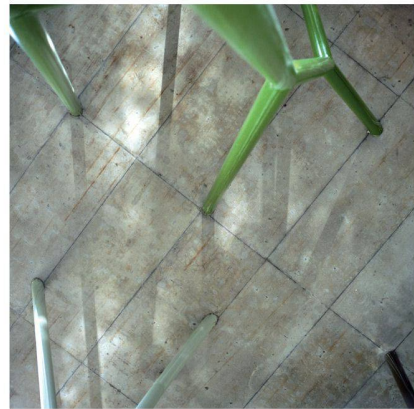
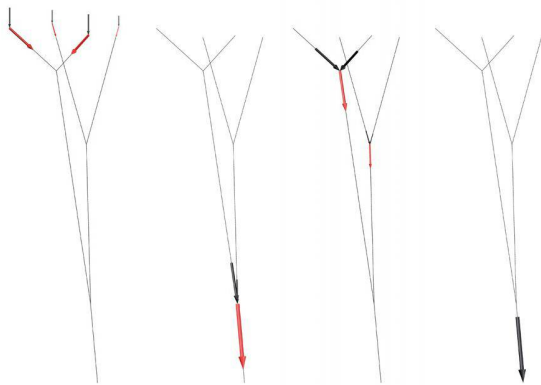
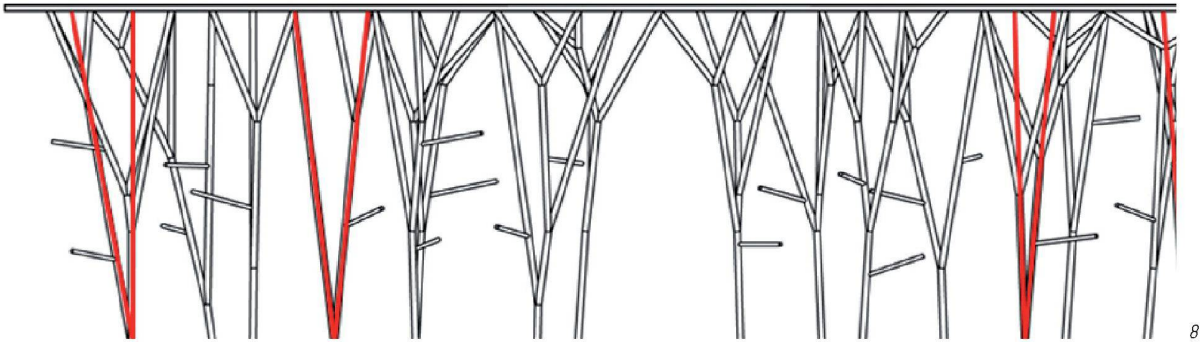
Les seize piliers qui la soutiennent ont été conçus d'après les formes des arbres environnants. Leurs couleurs résultent également des teintes du lieu : six gris et verts différents nuancent ces « arbres » en acier qui assurent la structure de l'espace et le soutien des oiseaux. Un travail important de charge statique et de technologie a été effectué afin d'accumuler les calculs de structure. Chacun des seize piliers est unique, créant de ce fait un équilibre statique très précis et fragile, à l'image d'un oiseau se tenant sur une petite branche.

Pour clore les volières, un treillis en câble inox a été tendu à partir du toit. Ce système a nécessité de couder les treillis les uns aux autres à la main, les rendant ainsi pratiquement invisibles. Un véritable travail de haute couture offrant de beaux jeux d'ombres et de lumières.

Les positions des points d'appuis aux deux extrémités des arbres suivent le principe modulaire métrique. Ainsi, douze positions d'appui de la dalle et quatre sur les fondations sont possibles pour chaque arbre. Les nœuds de branches qui définissent les diverses typologies des arbres sont également positionnés verticalement (coordonnée « z ») selon le module métrique, alors que leur positionnement horizontal (coordonnées « x » et « y ») est le résultat de l'équilibre vectoriel des forces. Le nombre des branches d'appui de la dalle de toiture varie de trois à six et leur disposition permet une distribution optimale des efforts et déformations de la dalle (fig. 10).

La stabilité générale aux actions horizontales est assurée par quatre arbres en forme de « V » judicieusement disposés parmi les douze autres (fig. 8). L'ensemble forme ainsi un système de cadres suffisamment rigides capables de résister à l'action du vent, agissant sur le grillage-filet en acier inoxydable (imaginé partiellement recouvert de neige et de glace), ainsi qu'aux efforts de séisme créé par la masse de la dalle de toiture.

Fig. 8 : Dispositifs de stabilisation horizontale
 Fig. 9 : Descente de forces et longueurs de flambage
 Fig. 10 : Points d'appui sur la toiture



Modèle numérique

A partir du modèle sur maquette, un relevé de la typologie particulière des seize arbres associé au positionnement modulaire des appuis de la dalle et au sol a permis de construire un modèle numérique par éléments finis. Celui-ci a été utilisé pour valider la géométrie des piliers arboriformes et déterminer précisément les coordonnées de chacun des nœuds qui les compose. Selon le principe du polygone funiculaire, les branches ne doivent véhiculer, sous charges permanentes, que des efforts normaux centrés. Ce modèle numérique a par la suite été utilisé pour vérifier les différentes actions variables qui sollicitent la structure (neige, vent, séisme).

Des études particulières de stabilité ont été menées pour définir les longueurs de flambage des sous-ensembles de branches qui composent les différents arbres. L'élanement fictif mesuré sur des tubes de 9 m de longueur est en effet assez élevé ($\lambda_{ki}=L_{ki}/i=180$). Leurs compositions successives en plusieurs branches les rendent plus rigides et donc moins

sensible au flambage, mais le phénomène reste assez complexe à analyser (fig. 9).

Ce processus numérique de conception s'est poursuivi avec les dessins 3D de projet et d'atelier pour aboutir aux découpes des tubes avec des machines à commande numérique. L'assemblage des composantes a été réalisé en atelier en reproduisant le module du parallélépipède rectangle comme gabarit de fabrication.

Avec une épaisseur de 15 cm, la dalle de toiture en béton armé est très mince. Elle n'est pas munie d'une étanchéité et

Principaux intervenants

Maître d'ouvrage : Ville de Genève
 Architecte : Group8, Genève, Daniel Zamarbide
 Ingénieurs civils : Guscetti et Tournier SA, Genève, Gabriele Guscetti
 Charpente métallique : Zwahlen & Mayr SA, Aigle
 Maçonnerie béton armé : Induni & Cie SA, Genève
 Grillage – filet : Jakob AG, Trubschachen

Fig. 11 : Volière du Bois-de-la-Bâtie
(Photo David Gagnebin-de Bons et Benoît Pointet)

(Sauf mention, tous les documents illustrant cet article ont été fournis par l'auteur.)

seule une légère surépaisseur du contour permet de contenir les eaux de pluie qui sont évacuées à quatre endroits dans des conduites souples glissées à l'intérieur des tubes. La nappe supérieure d'armature est en acier TOP12 avec une résistance accrue à la corrosion. Sur le pourtour, la dalle intègre les fixations du grillage – filet qui est mis sous tension entre la dalle et le sol.

Jeu subtil et complexité

L'ensemble des éléments de la volière du Bois-de-la-Bâtie, toiture – arbres structurels – grillage, forment une compo-

sition calme et harmonieuse qui, sans le montrer, contraste avec la haute technicité nécessaire à l'expression de formes libres d'une certaine complexité. Dans cet arrangement d'apparence simple, chaque détail assume une grande importance et sa résolution doit privilégier l'image de délicatesse que cette réalisation veut exprimer.

Gabriele Guscetti
Guscetti & Tournier Ingénieurs civils
Rue du Pont-Neuf 12, CH – 1227 Carouge

