

04/19 steeldoc

Escaliers



Un entrelacs à parcourir

Maître de l'ouvrage

Related, Oxford Properties Group, Toronto, Ontario (CDN)

Ingénieurs

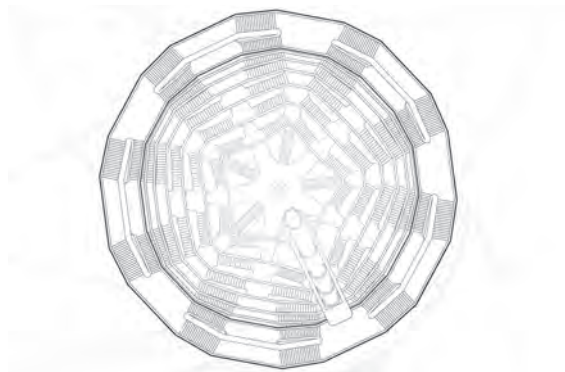
AKTII, Londres (design); Thornton Tomasetti, New York (structure)

Architectes

Heatherwick Studio, Londres

Achèvement

2019



L'ouvrage s'évase progressivement, passant de 15 m à la base à 46 m au niveau du dernier anneau. Vue en plan, échelle 1:3300.

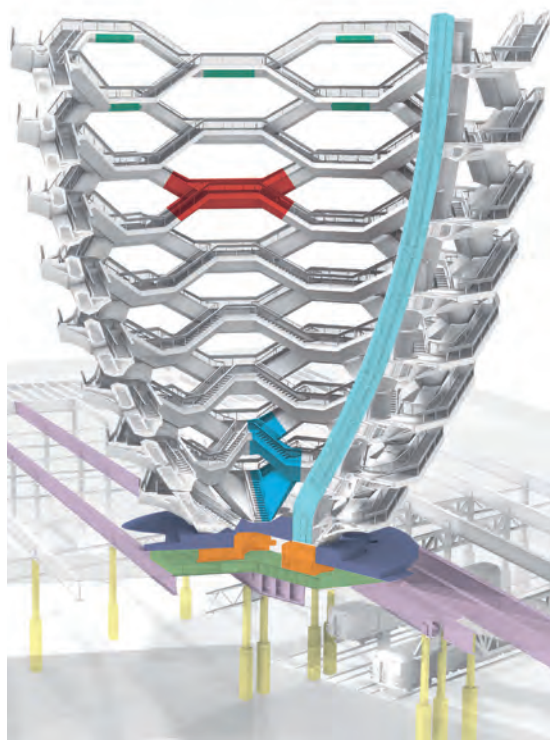
Au cœur de Hudson Yards à New York, «The Vessel», œuvre du cabinet d'architectes Heatherwick Studio et du bureau d'études Thornton Tomasetti, est à la fois un parc urbain artificiel, une tour panoramique, un artefact maniériste, une construction dispendieuse. Et, du point de vue de l'ingénieur, en toute neutralité, c'est tout simplement une construction métallique audacieuse que l'on est invité à parcourir.

Pour sûr, «The Vessel» est une attraction qui fait couler beaucoup d'encre! Il ne s'agit pas d'une petite construction délicate, qui séduirait par ses détails. «The Vessel» est une sculpture monumentale, un escalier-labyrinthe de 16 niveaux, campé au beau milieu de gratte-ciels frôlant les 390 m et intégré à l'un des projets immobiliers les plus importants de la planète, dans le nouveau district de Hudson Yards.

Constitué de 154 volées d'escalier (totalisant 2465 marches) et de 80 paliers, «The Vessel» ressemble à une corbeille métallique. Il est installé sur une dalle qui reporte les efforts sur les piliers entre les voies.

Axonométrie :

- Amortisseurs à masse accordée
- Module standard
- Ascenseur (« colonne vertébrale »)
- Module spécial (L1-L3)
- Construction
- Socle en partie intégré dans la dalle
- Emplacement de 14 poutres de 1 m de haut
- Trame de la dalle
- Piliers et pieux (sur lesquels repose la dalle)



Situé à l'ouest de Manhattan, sur les rives de l'Hudson, au sud-ouest de Central Park et à dix minutes seulement de Grand Central Station, ce district est en cours d'aménagement. Le plan directeur prévoit l'extension vers l'ouest du quartier d'affaires Midtown Manhattan et des réflexions sont menées depuis 2005 pour y faire émerger un nouveau centre urbain. Huit nouveaux gratte-ciels sont en construction à New York. A terme, il devrait y en avoir le double. La spectaculaire plate-forme d'observation qui se déploie sur un porte-à-faux de 20 m, au 100^e étage du 30 Hudson Yards, dominant à 335 m de haut, est déjà ouverte au public. L'ancien quartier industriel de Chelsea, qui jouxte le tronçon de la High Line ouvert en 2014, se transforme ainsi en un quartier de luxe, avec centres commerciaux, marchés, hôtels, école publique, restaurants, bureaux, logements.

Un quartier sur un faisceau ferroviaire

Hudson Yards coiffe le site ferroviaire de West Side Yard exploité par Long Island Rail Road, la compagnie qui gère les trains transportant chaque jour des millions de passagers entre Long Island et Manhattan. Cette infrastructure publique de transport est essentielle pour pénétrer dans la partie est de la ville ou pour en ressortir. Sur le faisceau ferroviaire en surface s'alignent plus de 50 voies de triage et de garage. Là où il se resserre, il a été recouvert d'une dalle sur laquelle sont érigés les gratte-ciels, tandis qu'au-dessous les trains continuent de filer sans répit dans un bruit d'enfer. La dalle, qui reprend les charges de toute la superstructure, les transmet, avec de grandes portées, aux poteaux implantés entre les voies.



Au centre, un entrelacs métallique

Le cœur de ce nouvel espace urbain installé sur la dalle est constitué d'une place publique de 2 ha sur laquelle se dresse une sculpture monumentale, « The Vessel ». La commande remportée par le designer anglais Thomas Heatherwick, du cabinet londonien Heatherwick Studio, était la suivante : créer quelque chose d'unique, capable de s'imposer face aux gratte-ciels vertigineux et d'attirer les foules, un projet qui était partie intégrante de la stratégie commerciale du tout nouveau district. Heatherwick Studio et le bureau d'études Thornton Tomasetti ont ainsi développé un labyrinthe d'un poids de 600 t, pour un coût de 200 millions de dollars. Il évoque – références intentionnelles de la part des designers – les perspectives impossibles de l'artiste et dessinateur hollandais M. C. Escher, ou les travaux du graveur italien Giovanni Battista Piranesi.

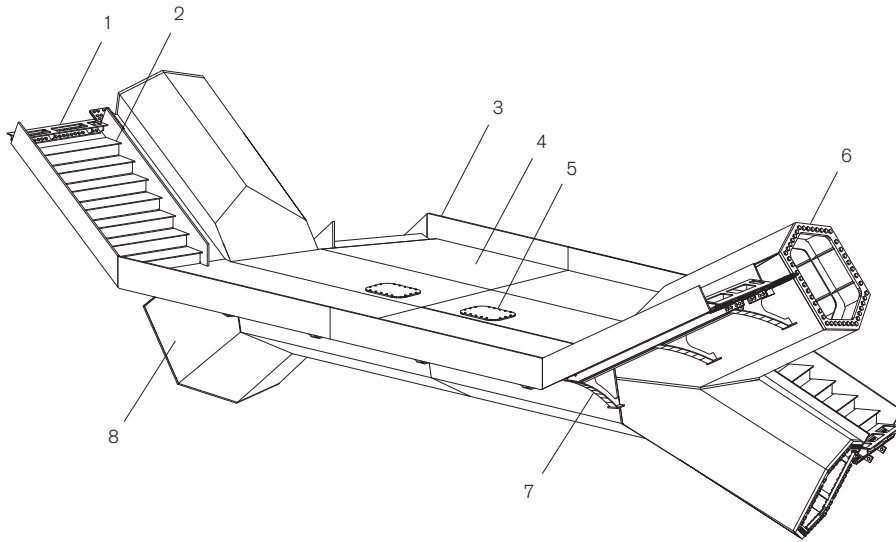
En réalité, les puits à degrés indiens, connus sous le nom de « bāoli », ont servi plus directement de source d'inspiration, avec leurs entrecroisements de volées d'escalier adossées aux murs des réservoirs. Ces ouvrages permettent d'accéder à l'eau, quel que soit son niveau, les marches et l'entrecroisement des volées formant un motif régulier, esthétique par sa géométrie. C'est là le véritable repère auquel « The Vessel » fait référence, moyennant toutefois une transposition : au lieu d'être un contenant (« vessel » en anglais) s'enfonçant dans la terre, la sculpture devait s'élever dans le ciel en s'évasant comme un

pavillon, formant un réceptacle où l'on chemine dans un environnement de qualité, dans l'esprit des « bāolis ». « The Vessel » est un ouvrage de 45 m de haut, présentant une parfaite symétrie de rotation et enchaînant rampes, escaliers, et paliers qui composent en même temps la structure, tridimensionnelle, de l'ouvrage. À l'intérieur, la sculpture se présente comme un amphithéâtre, comme un « parc » qui offre un parcours de 1,6 km de long tenant du dédale. À l'extérieur, la sculpture monumentale se présente comme une tour, avec vues sur Hudson Yards, le fleuve Hudson et Manhattan.

« The Vessel », au cœur d'Hudson Yards, nouveau quartier de New York en cours d'aménagement.

Chaque élément derrière les surfaces accessibles contribue à la transmission des efforts : architecture et structure ne font qu'un. L'ascenseur suit une course parabolique à l'intérieur de l'ouvrage dont il forme une « colonne vertébrale » pour les charges statiques et dynamiques.





Axonométrie d'un module primaire, avec ses caissons monocoques et ses raidisseurs intérieurs (environ 15 m x 7 m).

- 1 Joint d'escalier boulonné
- 2 Volée de marches sur consoles
- 3 Tôles latérales
- 4 Plate-forme en acier
- 5 Ouverture technique
- 6 Jonction : éclisses boulonnées
- 7 Consoles supportant la volée d'escalier
- 8 Caisson

Les épaisseurs de tôles varient selon les modules. En fonction des sollicitations données par l'analyse statique, elles s'échelonnent entre 8 mm pour les zones peu sollicitées et 80 mm dans les zones les plus sollicitées (de manière générale, au pied de la sculpture, ou ponctuellement, aux points de concentration des efforts).

Une dalle de transfert souterraine

L'ouvrage aux allures de corbeille métallique est constitué de 154 volées d'escalier (totalisant 2465 marches) auxquelles s'ajoutent 80 paliers. Autoporteur, il a un diamètre de 15 m à la base, mais s'évase progressivement pour atteindre 46 m au plus haut. S'il semble se dresser tout naturellement sur ce site, il a nécessité des études longues et détaillées. Avant même la construction du premier gratte-ciel, l'équipe de conception étudiait déjà le transfert de charges du futur emblème du quartier : sur cet espace corseté, il fallait l'accorder soigneusement aux autres projets de construction.

Pour pouvoir transmettre l'ensemble des charges dans le sol, un ouvrage de transfert complexe et coûteux devait être intégré à la dalle. La superstructure y est encastrée (voir axonométrie p. 20), moyennant une table en acier de 30 m x 20 m de grande portée, appuyée sur plusieurs « jambes » – en construction mixte acier-béton –, et des poutres à treillis. Les charges transmises par les piliers sont reprises par des pieux forés ancrés au rocher à environ 15 m de profondeur. La construction s'est faite de manière séquencée, en fonction du cadencement des trains de la Long Island Rail Road : les opérations ont été effectuées à l'intérieur de fenêtres de temps précises, dans lesquelles la circulation des trains était soit limitée, soit détournée, soit encore arrêtée pour respecter le repos nocturne.

Une ossature monolithique

Au-dessus du sol, la construction mixte est abandonnée : « The Vessel » est une pure construction métallique. 65 modules préfabriqués, aux allures de gros os, ont été assemblés pour former la structure porteuse, d'aspect pourtant monolithique. A ces 65 modules s'ajoutent dix modules spéciaux pour le rez-de-chaussée, cinq modules pour le socle et huit pour l'ascenseur. Les 88 modules ont été assemblés par soudage en caissons monocoques, avec raidisseurs intérieurs. Ils ont été fabriqués dans un atelier de Venise, où la structure a également été montée à blanc. Les modules sont constitués chacun d'une

partie centrale horizontale, qui sert de palier, et à laquelle, à gauche et à droite, se rattachent deux caissons hexagonaux en porte-à-faux. Les escaliers, appuyés sur des consoles, sont accolés aux caissons. Six expéditions navales ont permis d'acheminer les modules jusqu'à New York. Ils ont ensuite été montés et boulonnés sur place, une opération qui a duré trois ans sans nécessiter le moindre soudage sur le chantier. Les « os » sont assemblés entre eux de manière rigide au moyen d'éclisses boulonnées, des ouvertures techniques permettant d'intervenir depuis l'intérieur pour réaliser l'assemblage. Si chaque module est unique – les épaisseurs de chacune des tôles diffèrent selon les sollicitations auxquelles celles-ci sont soumises –, la symétrie de l'ouvrage a permis d'atteindre un haut degré de rationalisation : les modules présentent en effet une unité géométrique, en conformité avec le parti architectural retenu, inspiré du motif répétitif des « bâolis ». Les hauteurs d'étage étant identiques, les longueurs des 154 volées d'escalier le sont également tandis qu'à l'inverse les longueurs des paliers varient, permettant au diamètre de la « corbeille » de croître à mesure qu'on s'élève.

Les volées d'escalier transmettent les efforts horizontaux et verticaux à la structure. Ils contribuent par ailleurs à la rigidifier. Il en est de même de l'ascenseur, qui suit une courbe parabolique le long de l'ouvrage, à l'intérieur de celui-ci. Il sert non seulement de moyen d'accès pour les personnes à mobilité réduite, avec trois arrêts, mais forme aussi la « colonne vertébrale » de la construction, pour la reprise des charges statiques et dynamiques. En dépit de ce contreventement, la structure métallique reste sensible aux vibrations : d'un point de vue statique, c'est en effet une structure fine et élancée. Selon les calculs, 2000 personnes peuvent se déplacer simultanément dans la sculpture, ce qui n'est pas négligeable en termes dynamiques. Pour des questions de confort et d'espace, leur nombre a été limité à 700 et des amortisseurs à masse accordée ont été installés dans les paliers supérieurs afin de limiter les mouvements vibratoires.



qui pourraient se produire. Ils compensent les vibrations et les accélérations générées par le public.

Empilement, densification, et utilisation des trois dimensions

Hudson Yards, le plus grand et le plus coûteux projet immobilier privé des Etats-Unis – 25 milliards de dollars –, bénéficie en partie de fonds publics, sous la forme d'avantages fiscaux. Au milieu de cet univers glamour, «The Vessel», qui fait face au centre culturel «The Shed» et son étonnante structure mobile, représente une œuvre d'art tout aussi extravagante. Et les critiques ne manquent pas¹: un emblème maniériste, évoquant une corbeille en forme de pomme de pin, un panoptique constitué d'escaliers qui ne mènent nulle part, une construction hors de prix sur un terrain public précieux. Mais, tout comme avec la double perspective d'Escher, les réalisations atypiques aux dimensions imposantes comme c'est le cas ici présentent aussi un autre visage: «The Vessel» démultiplie le maigre espace public autorisé à flanquer les gratte-ciels. Sur cette surface contrainte, les architectes et les ingénieurs ont empilé, entassé, condensé. En dotant la place d'une extension verticale, ils sont parvenus à agrandir l'espace public. Non contents de rendre accessible l'horizontale, ils utilisent de manière résolue le volume en hauteur de cet entre-lieu pour créer un espace d'évolution en trois dimensions.

Hudson Yards est donc aussi un projet ambitieux et réussi de densification. Il parvient à concilier la construction de nouveaux gratte-ciels avec le maintien et l'exploitation d'une artère ferroviaire majeure. «The Vessel», œuvre d'art donnant au public accès à l'espace vertical, en est une autre illustration.

Note :

¹ www.nzz.ch/feuilleton/hudson-yards-spielplatz-fuer-milliardaere-in-manchattan-ld.1469364



À gauche : tous les éléments ont été préfabriqués – avec leurs tuyaux de drainage, leur câblage électrique et les amortisseurs de vibration – et montés à blanc en Italie avant d'être acheminés à destination.

À droite : le montage du «Vessel» a duré trois ans. La sous-face des modules a été habillée de tôles brillantes en alliage cuivre-nickel, dans lesquelles les constructions environnantes se reflètent.

Projet The Vessel

Lieu Hudson Yards, New York

Maître de l'ouvrage Related, New York ; Oxford Properties Group, New York

Architectes Heatherwick Studio, Londres (design) ; KPF Associates, New York (réalisation)

Ingénieurs Thornton Tomasetti, New York (structure) ; AKTII, London (design)

Paysagistes concepteurs Nelson Byrd Woltz, New York

Construction métallique Cimolai S.p.A., Porcia (I)

Ascenseur Cimolai Technology S.p.A., Carmignano di Brenta (I)

Façade Permasteelisa S.p.A., Vittorio Veneto (I)

Analyse de fréquentation ARUP, New York

Amortisseurs GERB Schwingungsisolierungen GmbH & Co. KG, Berlin

Concept d'éclairage L'Observatoire International, New York

Gestion du projet Tishman, New York

Système porteur Cadres métalliques

Préfabrication et montage Modules préfabriqués, assemblés par boulonnage et habillés sur place (prémontage à Monfalcone, Venise)

Nuances d'acier S355 et S460

Dimensions Surface 2210 m²; hauteur 45,7 m

Tonnage 2800 t

Coût total 150 millions de dollars (construction) ; 200 millions de dollars (terrain compris)

Durée des travaux Avril 2017-mars 2019

Impressum

steeldoc 04/19, décembre 2019

Escaliers

Editeur :

SZS Centre suisse de la construction métallique, Zurich
Isabel Gutzwiller, Patric Fischli-Boson

Rédaction et textes :

espazium – Les éditions pour la culture du bâti, Zurich
Direction de projet: Franziska Quandt, Philippe Morel,
Judit Solt

Isabel Gutzwiller, pp. 4–13

Patric Fischli-Boson, p. 13

Clementine Hegner-van Rooden, pp. 14–15

Clementine Hegner-van Rooden, pp. 16–19

Franziska Quandt et

Clementine Hegner-van Rooden, pp. 20–23

Franziska Quandt et

Clementine Hegner-van Rooden, pp. 24–26

Secrétaire de rédaction :

Philippe Morel

Traduction allemand–français :

Chantal Pradines et Michel Crisinel

Les descriptions des projets sont basées
sur les données fournies par les concepteurs.
Les plans proviennent des bureaux d'études.

Mise en page :

espazium – Les éditions pour la culture du bâti, Zurich
Katrín Köller, Anna-Lena Walther

Photos :

En couverture : Quang Dam

Editorial : Keystone

p. 5 : double page de Kurt Hoffmann: *StahlTreppen. 125 Beispiele konstruktiv und formal interessanter Lösungen aus 14 Ländern*; Stuttgart 1960; EPFL Archives de la construction moderne, Lausanne
© Estate Strüwing; Musée des Arts décoratifs

p. 6 : Filip Dujardin

p. 7 : Hideya Tanaka, *Detail Zeitschrift für Architektur + Baudetail*, avril 2002

p. 8 : Alberto Moncada, Giovanna Silva

p. 9 : Quang Dam

p. 10 : Nacasa+Partners, FBA

p. 11 : alamy

p. 12 : Marco Dapino – CISA A. Palladio – Regione Veneto, Anna-Lena Walther

p. 13 : Germán Cabo

p. 15 : 2019 / International Olympic Committee (IOC) / Luca Delachaux

p. 17 : Sergio Pirrone

pp. 21 et 23 : Hudson Yards – Related Oxford, Getty Images, Michael Moran

pp. 25 et 26 : Martin Zeller

Conception graphique :

Gabriele Fackler, Reflexivity SA, Zurich

Impression :

Stämpfli SA, Berne

ISSN 1662-2359

Abonnement annuel CHF 60.– / étranger CHF 90.–
Numéros isolés CHF 18.– / numéros doubles CHF 30.–
Sous réserve de changement de prix.
A commander sur www.szs.ch/steeldoc

Construire en acier/steeldoc® est la documentation d'architecture du Centre suisse de la construction métallique et paraît quatre fois par an en allemand et en français. Les membres du SZS reçoivent l'abonnement ainsi que les renseignements techniques du SZS gratuitement.

Toute publication des ouvrages implique l'accord des architectes, le droit d'auteur des photos est réservé aux photographes. La reproduction et la traduction, même partielles, de cette édition ne sont possibles qu'avec l'autorisation écrite de l'éditeur et l'indication de la source.

**Abonnement annuel à steeldoc pour CHF 60.–
(gratuit pour les étudiants) sur www.szs.ch/steeldoc**