

# 03/17 steeldoc

## Ouvrages d'exception



## Un bâtiment conçu comme un pont

### Maître de l'ouvrage

JT International

### Architecte concepteur

Skidmore, Owings & Merrill, Londres

### Architecte exécution

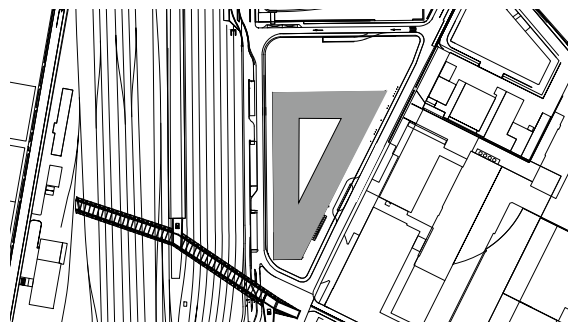
Burckhardt + Partner SA, Lausanne

### Ingénieurs

Ingeni, Genève; SOM, Londres

### Achèvement

2015



Plan de situation, échelle 1 : 5000.

**La géométrie et les portées inhabituelles du bâtiment de Japan Tobacco International (JTI), situé à proximité de la gare de Genève, ont contraint les ingénieurs d'Ingeni à appliquer des raisonnements similaires à ceux utilisés pour la construction des ponts. Ce travail, couronné par le Prix Acier 2016 du SZS, a été présenté brièvement dans steeldoc 04/16.**

La forme en plan triangulaire du bâtiment JTI suit approximativement le contour de la parcelle à disposition pour son implantation. Afin d'améliorer la qualité des espaces intérieurs, les architectes de l'agence anglaise Skidmore, Owings & Merrill (SOM) ont eu l'idée de surélever certaines parties du bâtiment. La structure porteuse principale du bâtiment peut être assimilée à un énorme tube présentant une section rectangulaire (30 m de hauteur par 16 m de largeur) qui s'enroule sur lui-même et dont les deux extrémités se chevauchent (fig. ci-dessous et p. 11).

### Une solution élégante

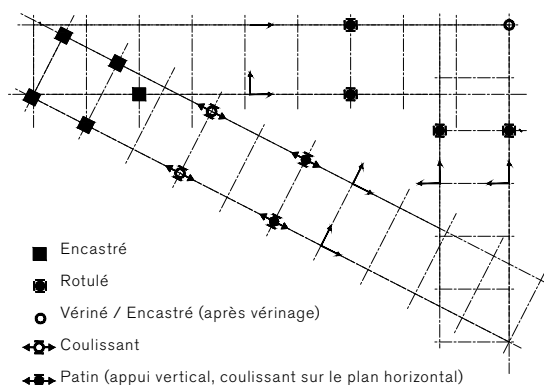
Statiquement, cette solution particulièrement élégante se traduit par un énorme porte-à-faux d'une soixantaine de mètres dans l'angle nord-est ainsi que par la création d'une zone sans appuis de plus de 80 m sur le côté sud-ouest. Des portées inhabituelles pour un

bâtiment qui font que les ingénieurs ont dû recourir à des méthodes proches de celles utilisées pour les ponts afin d'étudier et réaliser sa structure métallique.

Rapidement, il est apparu que, sous certains cas de charge et en raison du très important porte-à-faux, plusieurs des appuis prévus par le projet initial devraient être capables d'empêcher le soulèvement de certaines zones du bâtiment. Une situation structurellement très inconfortable qui a conduit les ingénieurs à repenser le positionnement des appuis, de sorte que seul celui situé à l'angle nord-ouest (à l'opposé du porte-à-faux dans la façade la plus courte) reste, sous des charges exceptionnelles, soumis à un effort de traction. Le résultat est un système ne comprenant que douze appuis verticaux auxquels s'ajoutent deux appuis latéraux sur la façade sud-est (fig. à droite p. 10).

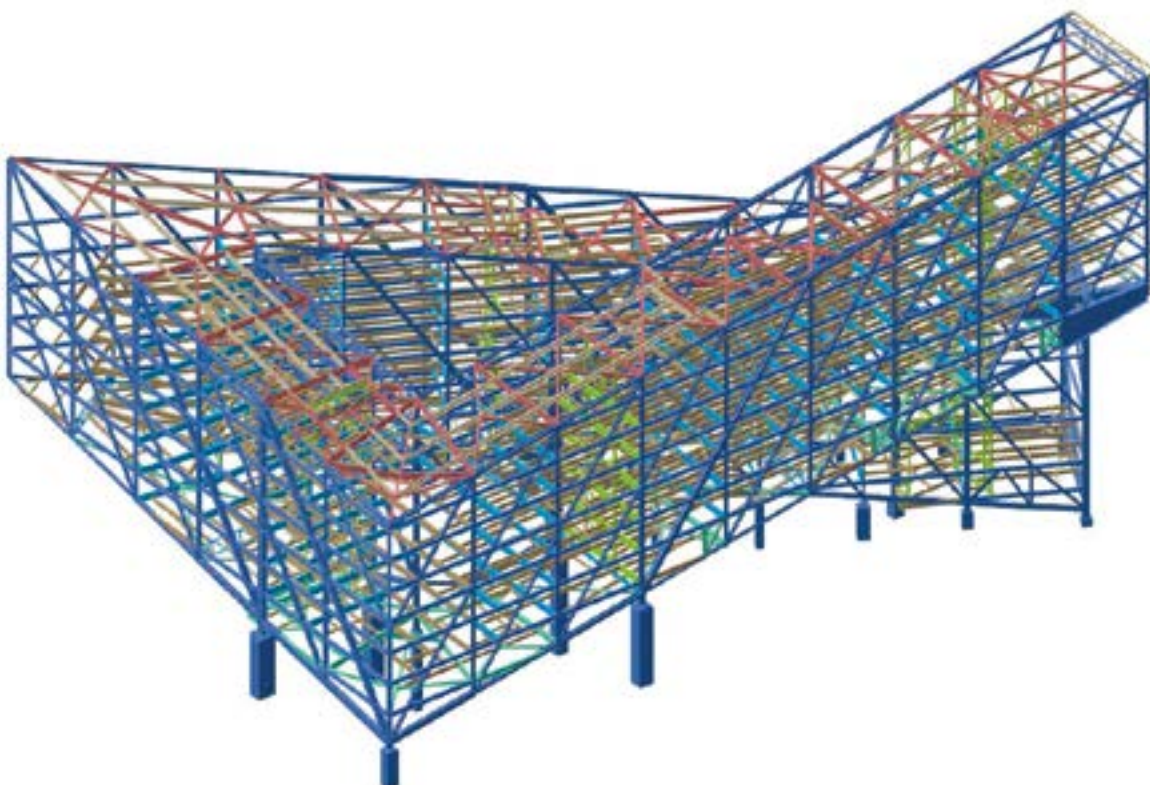


A gauche: coupe du bâtiment du côté est. A droite: appuis de la charpente métallique, échelle 1 : 2000.





Le nouveau siège de JTI. Derrière, l'Organisation météorologique mondiale; à droite, la Maison des étudiants de l'IHEID.



Modèle de calcul tridimensionnel pour la structure métallique du bâtiment.



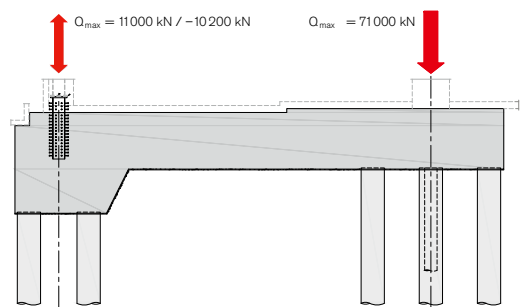
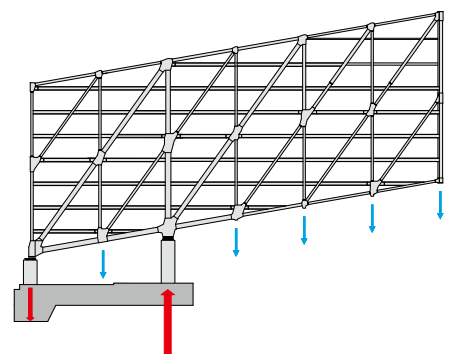
Vue du nouveau siège de JTI depuis l'est. Une partie de l'ancienne usine Sécheron, avec ses briques rouges, a été intégrée dans la construction du quartier général de Merck Serono, qui accueille aujourd'hui le Campus Biotech. A gauche, la Passerelle de la Paix. Derrière elle, un aperçu de la Maison de la Paix.

Il en résulte naturellement des réactions verticales hors du commun pour un bâtiment allant jusqu'à 8600 t. Afin de limiter ces réactions, les planchers des étages ont été réalisés en construction mixte acier-béton en utilisant du béton léger (1900 kg/m<sup>3</sup>). A l'opposé, l'appui présentant des risques de soulèvement a été renforcé de façon à accroître son poids propre et réduire le risque de traction résiduelle dans les pieux de fondation (fig. ci-contre).

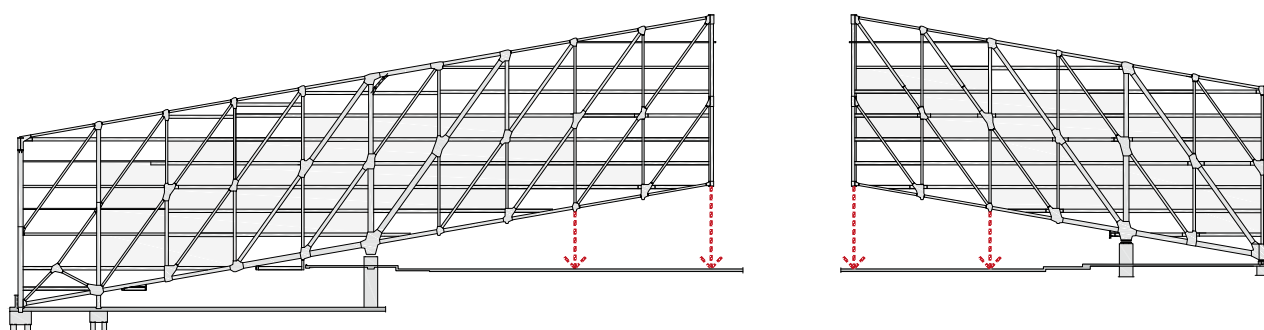
**Anticiper les déformations à tous les stades**

Le principal problème ne concernait toutefois pas la reprise des efforts, mais la maîtrise des déformations, non seulement à l'état final, mais aussi durant sa réalisation. Afin de pouvoir les anticiper correctement, il était nécessaire de disposer d'un modèle dont la fiabilité dépend fortement des hypothèses retenues concernant la rigidité des éléments qui le composent.

Plusieurs modèles ont été utilisés pour maîtriser les efforts et les déformations de la structure pendant sa réalisation. Chaque stade de construction était décrit par un modèle distinct tenant compte du nombre et type d'appuis effectivement en place pendant sa durée. Cette démarche a permis de déterminer correctement la variation des efforts pour les phases de



A Droite: reprise des réactions du porte-à-faux par la poutre de fondation, Détail en bas.



montage et désétayage de la charpente ainsi que pour les phases de réglage; vérinage de l'appui nord-ouest, blocage de celui-ci et mise en tension du porte-à-faux, deux éléments cruciaux pour le succès de l'opération.

La structure est fortement hyperstatique et, de ce fait, des études de sensibilité du modèle structural ont été menées sur les principaux paramètres: les assemblages des treillis de façade, la rigidité des planchers mixtes et celle des appuis, notamment au niveau des pieux. La structure est en effet très sensible à la rigidité admise pour les divers matériaux et les appuis, tant fixes que provisoires. Par exemple,

si on accentue les tassements des pieux de fondation en réduisant leur rigidité, la distribution des efforts varie à l'intérieur de la structure. Ces études ont permis de déterminer l'emplacement optimal des appuis définitifs et les contre-flèches à imposer.

La maîtrise des déformations pendant le montage était particulièrement importante en raison de la précision exigée par les éléments de façade. La structure métallique a été fabriquée avec une géométrie déformée qui tenait par exemple compte de la contre-flèche (22 cm au droit du porte-à-faux) nécessaire pour compenser non seulement le poids propre des éléments

Dessin schématique des trois poutres (gauche, centre, droite): positionnement des câbles temporaires destinés à ancrer la structure avant le montage des façades, échelle 1:1300.



L'installation des éléments de façade nécessitait une géométrie très précise. Elle a été obtenue par une mise en tension de la charpente métallique au moyen de câbles. Ainsi, le bâtiment se trouvait dans sa position finale dès le début de l'opération. L'augmentation progressive des charges était compensée par une réduction de la tension des câbles, évitant ainsi les déformations ultérieures. Les éléments en bleu sont plutôt les châssis des verins avec les câbles à l'intérieur.

porteurs, mais aussi celui des façades (fig. page 15). La structure a été montée sur des tours d'échafaudage provisoires qui ont aussi été utilisées pour le bétonnage des planchers. Le démontage de l'échafaudage s'est effectué en quatre phases distinctes, de façon à éviter de créer des situations de charges exceptionnelles qui auraient nécessité un renforcement de la structure uniquement pour ce stade provisoire de montage.

Une fois l'échafaudage démonté, le porte-à-faux de la structure métallique s'est abaissé de 8 cm sous l'effet de son poids propre et des câbles ont été installés pour que la structure prenne la forme définitive qu'elle devait avoir une fois les façades montées, soit en l'abaissant de 14 cm.

Les mesures effectuées lors du déséchafaudage de la structure ont servi à vérifier les hypothèses initiales de calcul et à calibrer les modèles numériques de façon à déterminer correctement les forces et déplacements à appliquer aux phases ultérieures de montage (vérinage et mise en tension du porte-à-faux).

#### **Charpente sous tension**

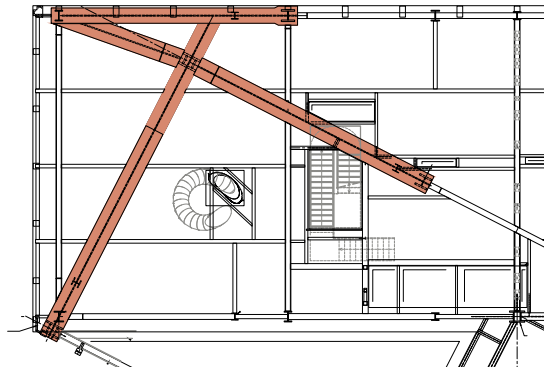
La mise en tension de la charpente a fait que l'installation des façades a eu lieu sans déformation ultérieure du bâtiment, puisque l'augmentation progressive des charges était compensée par une réduction de la tension dans les câbles : une fois la façade achevée, les câbles, qui étaient déjà presque détendus, ont été relâchés complètement et la structure s'est positionnée dans sa géométrie définitive (voir fig. en haut).

La structure des treillis de façade comporte un nombre élevé d'assemblages qui, par la géométrie du bâtiment, étaient tous différents (fig. ci-dessous et page 15). L'étude des nœuds a été rationalisée à travers un système de règles qui a permis de définir la géométrie des différentes catégories d'assemblage en garantissant une diffusion homogène des efforts dans les membrures.

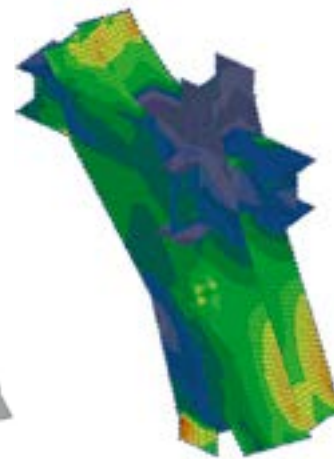
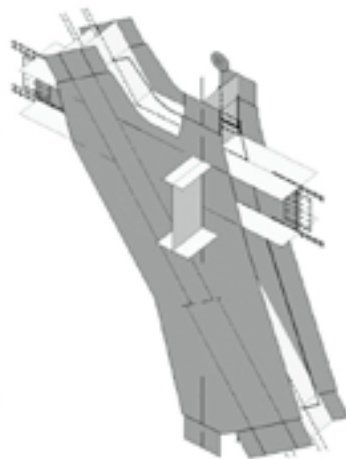
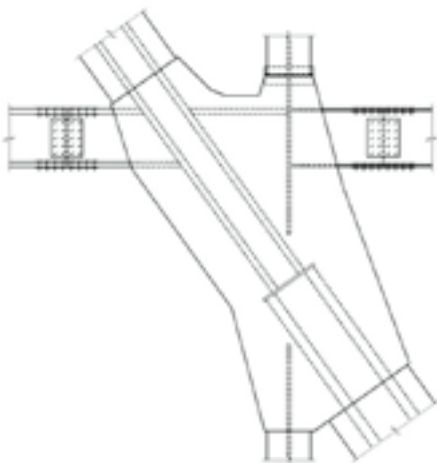
Les éléments en traction ou traction/compression ont été assemblés par soudure, alors que les éléments



Assemblage d'un nœud avant le soudage des diagonales et traverses.



Poutre de transfert garantissant la transmission directe des charges des étages supérieurs aux étages inférieurs.



Modélisation par éléments finis d'un nœud de la façade.

en seule compression ont été boulonnés. Même si la plupart des éléments soudés ont été fabriqués en atelier, de nombreuses soudures ont été exécutées sur site, en raison des grandes dimensions des pièces à assembler (voir la fig. au bas de la page 14).

Finalement, un autre élément particulier du bâtiment concerne la superposition de la partie haute sur l'inférieure à l'angle sud. A cet endroit, les éléments porteurs n'étant pas directement superposés, les charges verticales sont transférées par un système de poutres constitué par des éléments composés-soudés d'une hauteur variable allant jusqu'à 5,6 m. Ce système, qui a un poids total de 138 t, comprend quatre éléments assemblés sur site qui, du fait de leur poids élevé (52 t pour la pièce la plus lourde), ont été soulevés à l'aide des grues mobiles spéciales (fig. et l'image en haut).

**Projet** Nouveau siège international de JTI  
**Lieu, adresse du projet** Genève, rue Kazem Radjavi  
**Maître de l'ouvrage** JT International SA  
**Architecte concepteur** Skidmore Owings & Merrill (SOM), Londres  
**Architecte d'exécution** Burckhardt + Partner, Lausanne  
**Ingénieurs** Consortium SOM/Ingeni, Genève  
**Entreprise de construction métallique** Zwahlen & Mayr, Aigle  
**Typologie** Bâtiment administratif  
**Nuance d'acier** S355  
**Poids de l'acier** 5700 t  
**Système porteur** Structure en acier, plancher mixte acier-béton léger  
**Surface construite** Planchers 18 500 m<sup>2</sup> hors sol, 9900 m<sup>2</sup> en sous-sol  
**Dimensions de la structure métallique** 75 m x 126 m x 110 m x 51 m (H)  
**Durée des travaux** 40 mois  
**Achèvement** Octobre 2015  
**Protection incendie surface** 40 % des solives du plancher

# Impressum

steeldoc 03/17, septembre 2017

Ouvrages d'exception

Editeur :

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

Rédaction et textes :

espazium – Les éditions pour la culture du bâti, Zurich  
Judith Solt

Franziska Quandt

Clementine Hegner-van Rooden, p. 4–9

Jacques Perret, p. 10–15

Clementine Hegner-van Rooden, p. 16–21

Clementine Hegner-van Rooden et

Franziska Quandt, p. 22–26

Christof Rostert, secrétaire de rédaction

Traduction allemand–français :

Chantal Pradines, Michel Crisinel

Traduction français–allemand :

Anna Friedrich

Textes basés sur les informations des concepteurs.

Les informations et les plans ont été fournis par  
les bureaux d'études.

Mise en page :

espazium – Les éditions pour la culture du bâti, Zurich  
Claudia Hodel, Anna-Lena Walther

Photos :

Titre : Michael Zimmermann

Editorial : Oliver Heissner

p. 5 Iwan Baan

p. 6, 8 Oliver Heissner

p. 11–15 Ingeni, Genève

p. 17, 20 Christoffer Reglid

p. 18 Dr. Lüchinger & Meyer

p. 23, 24 Jo Pesendorfer

p. 25 Dietmar Feichtinger Architectes,

Thomas Jouanneau

Graphique p. 26 Projet du Mont Saint-Michel

Conception graphique :

Gabriele Fackler, Reflexivity AG, Zurich

Impression :

Stämpfli SA, Berne

ISSN 0255-3104

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/](http://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/](http://www.szs.ch/steeldoc/)**