

01/22 steeldoc

Bâtiments
scolaires



Éditorial



Les architectes de jessenvollenweider ont rénové l'ensemble de l'établissement scolaire Auen à Frauenfeld, une œuvre exemplaire de « l'école de Soleure » des années 1960, et lui ont ajouté trois nouveaux pavillons. Ce projet montre à quel point la construction de montage en acier est durable et appropriée aux bâtiments scolaires grâce à ses qualités systémiques. L'école est transférée avec élégance au XXI^e siècle grâce à l'interprétation sensible du bâtiment classé monument historique et aux extensions précises, et peut continuer à remplir sa fonction pour les décennies à venir.

Le projet a été récompensé en 2021 d'un Prix Acier (cf. steel**doc** 02+03/21 Prix Acier 2021).

Les cinq projets récompensés du Prix Acier Student Award 2021 sont présentés à partir de la page 27.



Les fermetures d'écoles liées à la pandémie ont mis en évidence l'importance des cours en présentiel. Lieu d'échange avec les camarades du même âge et les enseignants, d'apprentissage concentré et d'enseignement engagé, les bâtiments scolaires sont essentiels pour la société. L'architecture crée des espaces appropriés et forme le cadre au sein duquel cet échange est possible. Des structures architecturales qui s'adaptent facilement à l'évolution des conditions de base et des formes scolaires sont particulièrement précieuses.

Ce magazine présente des bâtiments scolaires pour lesquels les structures métalliques marquent fortement l'aspect de l'espace intérieur, mais aussi extérieur. Mais leurs avantages sont aussi d'ordre fonctionnel : les structures porteuses et les détails de construction conçus intelligemment permettent de créer des bâtiments flexibles dont les plans modifiables garantissent une utilisation à long terme et durable.

Les concepteurs de l'école secondaire de Laufon en font la démonstration : leur nouveau bâtiment de remplacement n'est qu'une première étape de rénovation qui sera suivie par d'autres dans une période dynamique. La puissante structure métallique n'obéit pas à des contraintes de système, mais forme une ossature pragmatique qui favorise une utilisation et une réaffectation flexibles (dès p. 4). Dans la ville portuaire de Gand, la structure métallique ouverte de la hauteur du bâtiment devient la carte de visite de l'école Melopee et parvient à garantir la réalisation des exigences du maître de l'ouvrage, en dépit d'un espace très restreint. Des plans, des rampes et des escaliers sont suspendus dans l'ossature et affectés, en tant que surfaces de jeu et de plein air, à l'une des fonctions imbriquées en trois dimensions (dès p. 8).

L'ossature de la construction hybride acier-béton sur deux étages de l'école primaire à Lebbeke a permis un temps de construction court. Autre avantage de la construction : des parois mobiles et un espace intérieur multifonctionnel sans poteaux assurent une flexibilité maximale (dès p. 12). Le système porteur de la maison des étudiants de l'université technique TU Braunschweig, conçu à l'origine comme un bâtiment temporaire, devait être modulable, démontable, robuste et transformable. Un système de profilés métalliques minces, combinés à des éléments préfabriqués de plafond en bois et de tôles trapézoïdales en acier permettent une adaptation et une extension ultérieures de la construction à un coût modéré (dès p. 16). À Bath, la transformation en école d'art et de design garantit la pérennité d'une ancienne usine de meubles des années 1970, classée monument historique. La structure métallique historique adaptable est complétée par des éléments encastrés et des superstructures qui s'insèrent dans l'existant de manière statiquement indépendante en tant que structures à armature métallique (dès p. 22).

Je vous souhaite une lecture inspirante!
Isabel Gutzwiller

Une structure porteuse qui démultiplie les espaces extérieurs

Maître de l'ouvrage

sogent, Gand

Ingénieurs structure

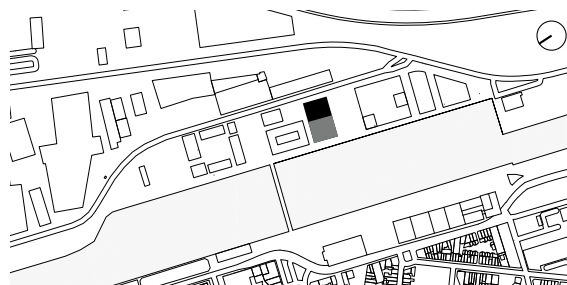
Ney & Partners, Watermael-Boitsfort

Architectes

XDGA (Xaveer De Geyter Architects), Bruxelles

Achèvement des travaux

2020



Situation, échelle 1:12 000.

L'espace au sol est une ressource précieuse. En zone contrainte, les espaces intérieurs, mais aussi extérieurs, se superposent, même dans les écoles. C'est ainsi que l'école Melopee, dans la zone du vieux port au centre de la ville de Gand, a empilé les uns sur les autres ses terrains de jeux, ses terrains de sport et ses cours de récréation. Une inspiration pour une utilisation efficace d'un nouvel espace urbain.

«Oude Dokken», les anciens docks, est un projet de rénovation urbaine à Gand. Sur le site de l'ancienne industrie portuaire, un tout nouveau quartier se développe progressivement depuis 2004, le long de l'eau, comme dans de nombreuses villes portuaires en Europe. Le projet se situe au nord-est du centre-ville, entre les quartiers Dampoort et Muide, et sur le plus ancien quai de Gand, le Handelsdok. Jusqu'à la fin du siècle dernier, la vie portuaire y était active, mais les activités portuaires ont été progressivement transférées dans le nouveau port durant la

deuxième moitié du XX^e siècle. Une extension du «Oude Dokken» était impossible faute de place. Lorsque l'autorité portuaire s'est finalement retirée de l'ancienne zone portuaire, le site a été remis à la Ville. Le plan d'aménagement de Gand en 2003 a finalement réaffecté «Oude Dokken» à une zone résidentielle urbaine.

En 2004, la Ville a lancé un concours pour trouver un plan d'urbanisme opérationnel pour le quartier. C'est le bureau OMA (Office for Metropolitan Archi-

La structure porteuse en acier galvanisé sur le côté de l'école Melopee face à l'eau encadre l'espace extérieur où les aires de jeux, de sport et de pause sont superposées.



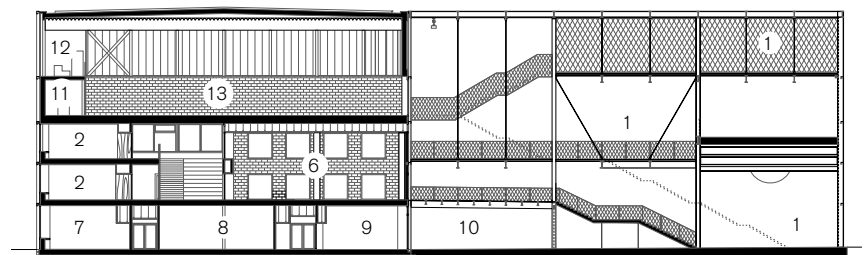
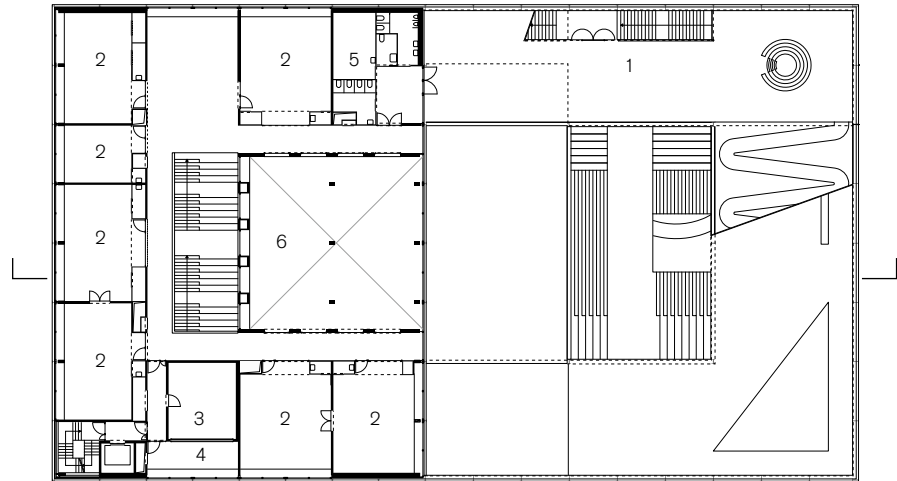
tecture) qui l'a remporté. Les 10 à 15 prochaines années devraient voir se construire jusqu'à 1200 nouveaux appartements, des espaces verts, des espaces ouverts et des équipements publics, avec un réseau de voies piétonnes et cyclables assurant une liaison directe et de qualité avec le centre-ville historique qui n'est qu'à un kilomètre environ. L'école publique Melopee s'inscrit dans ce processus.

Des espaces intérieurs et extérieurs empilés côte à côte

Le projet a été conçu par le cabinet d'architectes bruxellois Xaveer De Geyter Architects (XDGA) et les bureaux d'ingénieurs Ney & Partners et Boydens Engineering. Il est sorti vainqueur du concours organisé en 2015 et se distingue par un agencement créatif des pièces dans une structure porteuse qui l'englobe.

Le programme des exigences fonctionnelles imposé au bâtiment est vaste. La surface intérieure de 4650 m² accueille une école primaire, une école de musique, une garderie et un jardin d'enfants, ainsi qu'une cantine et des installations sportives pour les enfants et le voisinage, le tout sur une parcelle relativement réduite (2625 m²) qui ne permettait pas la juxtaposition classique de nombreuses salles. Même la superposition des espaces intérieurs ne suffisait pas. Dans l'école Melopee, espaces intérieurs et espaces extérieurs sont superposés. Leur particularité : chaque intérieur dispose également d'un accès à un espace extérieur spécifique.

Le bâtiment repose sur des pieux, il est conçu comme un bâtiment de type « maison passive ». Ses cinq étages, pour une hauteur de totale de 18 m, se divisent en deux demi-bâtiments juxtaposés : l'un de construction massive avec des éléments porteurs métalliques, l'autre en construction métallique portant des éléments en béton. D'un côté, un volume compact avec une structure de bâtiment plutôt traditionnelle pour une emprise de 40 × 31 m, en béton armé. Seul le toit est une structure d'acier à revêtement intumescent contre la corrosion et le feu. Dans cette partie du bâtiment qui s'ouvre vers l'intérieur, la crèche est située au rez-de-chaussée, le premier étage accueille la garderie, le jardin d'enfants et le niveau bas de la cantine, tandis que l'école primaire se trouve au deuxième étage et s'organise autour du niveau haut de la cantine. Le dernier étage abrite la salle de sport à deux étages et une cafétéria ouverte au public. Alors que les bâtiments scolaires sont généralement vides les week-ends et les vacances scolaires, celui-ci reste en activité pendant ces plages temporelles. Le cœur de cet ensemble est l'escalier



d'accès qui peut également faire office de tribune. Devant la structure porteuse du bâtiment monte une façade autoportante principalement remplie de panneaux de polycarbonate opaques et de quelques fenêtres en verre par lesquelles la lumière du jour parvient aux pièces intérieures et qui ouvrent des vues sur les environs (fig. p. 10, en haut à gauche). La structure de la façade est un quadrillage métallique : montants et traverses soulignent en façade les étages et les espaces intérieurs. Sa trame qui entoure tout le volume du bâtiment en rythme l'enveloppe.

Une ossature métallique de trame similaire enveloppe la seconde moitié du bâtiment scolaire, face au vieux port, créant ainsi une structure globale unifiée à partir de ses deux parties égales. Tandis que les façades de la partie des salles de classes n'est pas porteuse, cette partie-ci de la structure métallique a une fonction dans la statique du bâtiment. À la manière d'une étagère, ses diverses plateformes accueillent des terrains de jeux, des zones sportives et des aires de récréation. Les passages d'une plateforme à l'autre sont assurés par des liaisons de formes et de déclivités variées : escaliers, rampes, jardins en escaliers ou même toboggans. Tout y est conçu à ciel ouvert, exposé aux intempéries, baigné de lumière, uniquement encadré d'un filet métallique qui se couvrira de végétation au fil du temps. Le lien entre les deux bâtiments va au-delà du lien visuel avec son enveloppe extérieure globale en acier galvanisé à chaud : un réseau de cheminements piétonniers les relie également. Chaque étage

Tout en haut : 2^e étage, échelle 1:650.

En haut : coupe, échelle 1:650.

L'école se compose de deux demi-bâtiments : la structure porteuse de l'aile scolaire est massive (à gauche), celle avec les espaces extérieurs superposés est en acier.

- 1 Aire de jeu
- 2 Classe d'école primaire
- 3 Studio de musique
- 4 Cours de théorie musicale
- 5 Pièce de stockage
- 6 Cantine
- 7 Bureau
- 8 Local technique
- 9 Collaborateurs
- 10 Passage public
- 11 Stockage des jouets
- 12 Tribune
- 13 Gymnase



En haut : vue de la façade sud.
Une trame d'acier uniforme relie les parties fermées et ouvertes du bâtiment.

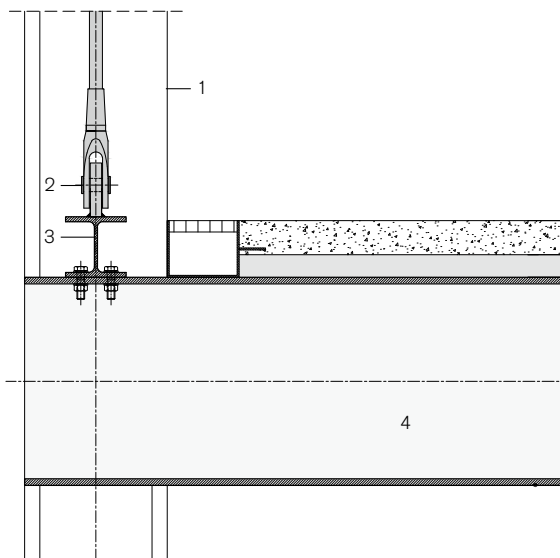
En haut à droite : liaison poteau-poutre de la façade extérieure. Coupe transversale et longitudinale, échelle 1 : 20.

- 1 IPE 550 (poutre)
- 2 IPE 500 (poteau)
- 3 Liaison résistante à la flexion avec plaques frontales boulonnées
- 4 Nervures pour la transmission des efforts

du bâtiment fermé et son niveau scolaire attitré possède un accès direct aux divers espaces extérieurs qui lui sont affectés dans la moitié ouverte du bâtiment aux fonctions superposées.

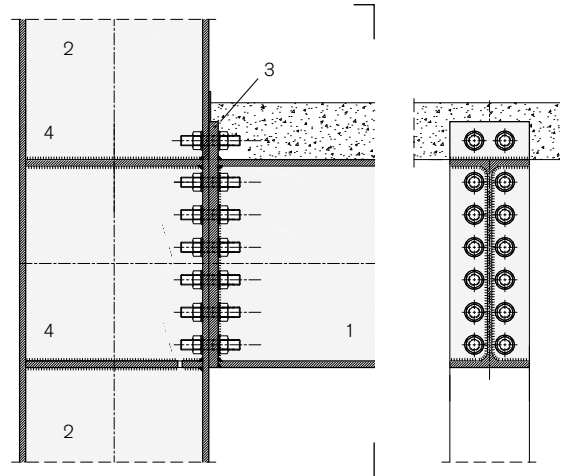
Cadre rigide et contreventements statiques

La structure en acier galvanisé assure l'unité et la cohérence visuelle des deux moitiés du bâtiment. Sa moitié ouverte est, d'un point de vue statique, un cadre en acier tridimensionnel. Les nœuds du cadre sont des liaisons boulonnées, donc démontables. Les montants (IPE 500) de la façade extérieure sont disposés tous les 4 m sur les façades nord et sud et tous les 5 m sur les faces est et ouest. À l'intérieur, cinq poteaux isolés (HEM 340) portent les arêtes intérieures des plateformes qui, vues en plan, forment un U. Ces plateformes sont des dalles mixtes acier-béton, la dalle en béton faisant 15 cm d'épaisseur. Les poutres métalliques mixtes constituées de profilés IPE 550 reposent sur les différents poteaux. La portée entre les poteaux est soutenue par deux tirants d'acier qui les suspendent au quadrillage de poutres en IPE 500 de la toiture, avec quelques profilés HEM 500.



Détail suspension de la poutre mixte à la structure de toiture, échelle 1:20.

- 1 HEM 340
- 2 Goujon pour tirant M 36
- 3 HEA 160
- 4 IPE 550



Les poteaux verticaux élancés de la structure porteuse sont raidis par des contreventements en croix (diamètre 48 à 76 mm), étage par étage. Bien que la structure soit ouverte, il ne faut pas sous-estimer les charges dues au vent car une fois la végétation pleinement déployée, les calculs considèrent l'enveloppe comme partiellement fermée. Les plateformes et le plan de la toiture fonctionnent également comme des contreventements qui se raccordent au cube stable fermé et absorbent également les efforts horizontaux. Les deux moitiés de bâtiment sont donc également en liaison statique réciproque. Concernant la physique du bâtiment, elles sont exposées à des variations thermiques différentes et les liaisons entre elles assurent une rupture de ponts thermiques et une translation verticale relative pouvant atteindre +/- 15 mm. Cette stabilisation du bâtiment a permis de limiter la flèche horizontale de la structure en acier au niveau du toit à un maximum de 2 cm sous pleine charge de vent.

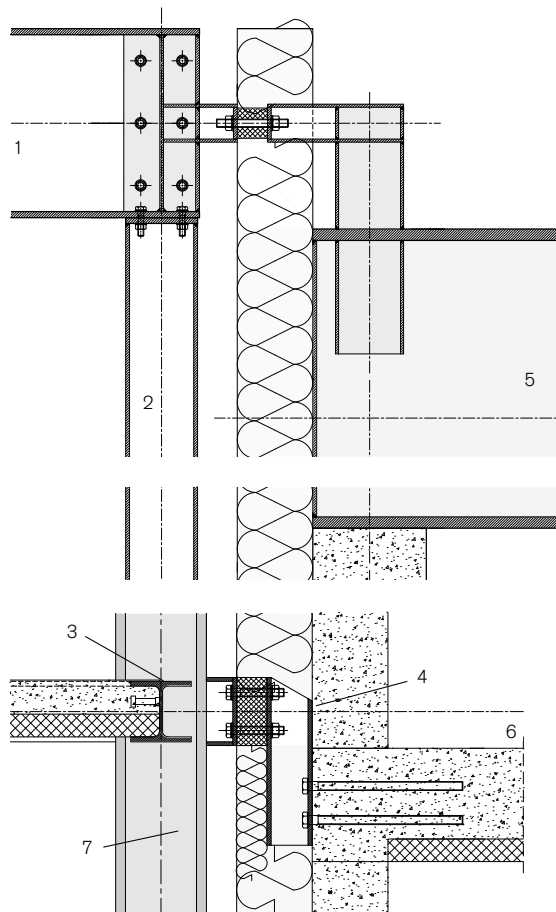
Un caractère industriel

Détails de construction visibles, les nœuds du cadre devaient répondre à des exigences esthétiques. Au niveau des nœuds, la fixation complète clairement reconnaissable est assurée par des boulons M27 (jusqu'à 14 boulons), des plaques frontales de 25 mm d'épaisseur et des nervures de transmission des efforts de 20 mm d'épaisseur, ce qui confère à la structure porteuse un caractère industriel expressif. Cette immense pergola, où la végétation créera une atmosphère de plus en plus intime au fur et à mesure de sa croissance, abrite les espaces extérieurs de l'école : comme s'il s'agissait de salles de classe prises dans des arcades liant l'extérieur et l'intérieur.

La structure porteuse forme l'ossature distinctive de ces salles, tant au sens figuré que statique. Elle est évidente mais se maintient pourtant à l'arrière-plan, fournissant une scène à la vie scolaire trépidante. Comme une chanson rythmée qui soutient une chorégraphie, c'est finalement là le sens de Melopee.



Projet École Melopee, Gand (B)
Lieu Gand (B)
Maître de l'ouvrage sogent, Gand (B)
Ingénieurs structure Ney & Partners BXL, Watermael-Boitsfort (B)
Architectes XDGA-Xaveer De Geyter Architects, Bruxelles (B)
Entrepreneur construction en acier NV Dugardein De Sutter, Melle (B)
Type de construction Structure à portiques métalliques
Système porteur Structure à portiques avec nœuds résistant à la flexion. Structure mixte de poutres et poteaux métalliques et de dalles acier-béton coulées sur place
Préfabrication et montage Toutes les pièces de construction métallique ont été préfabriquées et galvanisées à chaud hors du chantier. Il n'y a eu aucune soudure sur le chantier, les éléments sont boulonnés les uns aux autres.
Nuances d'acier S355 J2G3 (général), S460 QL (tirants), qualité Z35 (pour les plaques de base et les goussets), qualité C (pour certaines tôles pliées).
Poids 320 t
SP brute 4630 m² (intérieur) + 3050 m² (extérieur)
Dimensions 19,5 m (hauteur) × 66,5 m × 39,4 m
Usage Crèche, école primaire, jardin d'enfant, centre de loisir, administration, cantine, salle de sport, cafétéria
Coût global 10 millions EUR
Durée du chantier Septembre 2017 à février 2020
Protection des surfaces et protection incendie Galvanisation à chaud; poutre de toiture (intérieur) Revêtement R60
Efficacité énergétique / Durabilité Certifié Maison passive



En haut : la structure métallique supporte l'aire de jeu répartie sur plusieurs étages extérieurs. Cela crée un espace extérieur adapté à son environnement tout en restant indépendant.

Détail de construction à l'interface des deux parties du bâtiment
 À gauche : coupe verticale de la trame de toiture et des poteaux à l'extérieur (à gauche) et de la poutre de toiture du bâtiment scolaire (à droite) +19 m, échelle 1:20.
 Plus bas : coupe verticale de la terrasse extérieure (à gauche) et du bâtiment scolaire (à droite) +14 m, échelle 1:20.

- 1 IPE 500
- 2 HEA 200
- 3 HEB 160
- 4 HEB 120
- 5 Trame de toiture au-dessus du gymnase = poutre en tôle d'acier avec une semelle de 500 mm de large et une hauteur de profil de 1000 mm, pente bilatérale, au milieu : RHS 1350/1000 × 500 × 20 × 30
- 6 Partie semi-préfabriquée (plancher ajouré) avec couche de béton 240 mm
- 7 HEM 220

