

Découper un cristal

GÉNIE CIVIL

L'architecte Daniel Libeskind s'est inspiré d'une œuvre en cristal pour dessiner les formes des bâtiments du futur centre commercial *Westside* près de Berne. La réalisation de la structure métallique et sa fixation sur des éléments en béton fraîchement construits en un temps record a nécessité une procédure intégrant des mesures *in situ* pour la définition finale de la géométrie de leurs extrémités.

La toiture de la piscine du futur centre constitue un cas particulièrement intéressant de montage de structure métallique. En effet, la structure de cette toiture comprend des poutres métalliques d'une hauteur pouvant atteindre 3,5 mètres qui sont appelées à jouer un double rôle structurel : elles doivent en effet supporter deux dalles – sur leurs ailes inférieures et supérieures –, tout en assurant la stabilité des murs de béton obliques auxquels elles sont attachées (fig. 1). L'espace situé entre les deux dalles est destiné à accueillir des installations techniques et le futur sauna.

Les poutres principales de la toiture doivent être fixées sur des consoles et des goussets soudés à des plaques d'acier préalablement incorporées dans le béton (fig. 3). Les formes de la structure en béton imposent finalement une géométrie complexe aux extrémités des poutres.

Travail en temps réel

Idéalement, sur un chantier de ce type, le travail pour la réalisation de la structure métallique se déroule de la façon suivante. On laisse construire la structure en béton dans laquelle sont implantés les incorporés pour la fixation des poutres. Les cotes réelles sont ensuite vérifiées sur site et sont utilisées pour établir les plans de fabrication. Une fois ceux-ci validés, la production peut commencer par le découpage et l'assemblage des éléments, suivis de l'application du traitement anticorrosion : on livre alors une structure prête pour le montage. Parfois, il arrive qu'on prenne le risque de ne pas contrôler la géométrie réelle avant de produire la structure métallique.

Dans le cas présent, cette méthode idéale ne peut pas s'appliquer. En effet, les délais imposés – trois semaines

entre le décoffrage du béton et la mise en place des poutres – empêchent d'attendre le relevé des dimensions définitives pour démarrer la production. D'autre part, compte tenu de l'environnement particulièrement agressif, le traitement anticorrosion des éléments en acier nécessite à lui seul près de deux semaines (quatre couches de peinture). De plus, la construction des poutres requiert en elle-même quelque 250 mètres de soudure, ce qui ne se fait pas en une journée. Par



ailleurs, la géométrie particulière de l'ouvrage – qui comprend notamment des murs en béton d'une hauteur de 20 m inclinés à plus de 30° – impose un contrôle géométrique rigoureux du bétonnage : une variation de 0,5° dans la réalisation du fruit d'un mur engendrerait en effet une erreur de l'ordre de 30 mm sur la longueur des poutres.

Ces divers éléments ont conduit à travailler pour ainsi dire « en temps réel », à organiser la production et le montage de la structure en intégrant les mesures en provenance du chantier.

Dimensions théoriques

L'entreprise de construction métallique a commencé par créer un modèle informatique tridimensionnel complet de la structure métallique. Celui-ci est basé sur des don-

Fig. 1 : Murs obliques en béton avec une des poutres principales

Fig. 2 : Détail de la fixation sur le chantier

Fig. 3 : Vue d'un incorporé après soudage des consoles de fixation

Fig. 4 : Mise en place d'une poutre principale

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

nées bi et tridimensionnelles fournies par les architectes et les ingénieurs.

Les incorporés destinés aux appuis des poutres mesurent quelque trois mètres de hauteur pour une largeur d'un mètre. Certains pèsent près d'une tonne. Ils sont fabriqués à partir de leurs dimensions théoriques puis sont placés dans le coffrage par l'entreprise de génie civil, sur la base de plans en deux dimensions fournis par le bureau d'ingénieur. Ces documents mentionnaient entre autres les coordonnées (X, Y, Z) des quatre coins des plaques métalliques (fig. 3).

Dès le décoffrage, un géomètre effectue alors un relevé tridimensionnel des quatre coins des plaques, ainsi que de différents éléments des structures en béton.

Les consoles et les goussets qui doivent être soudés sur les incorporés sont eux aussi réalisés en atelier à partir de dimensions théoriques. Ils sont ensuite implantés sur le site selon la position réelle des incorporés.

Intégration des données réelles

Le temps nécessaire à la réalisation d'une poutre composée soudée d'une longueur de 25 mètres pour une hauteur de 3,5 mètres pesant près de 25 tonnes (fig. 4) – débitage, assemblage, soudure et traitement – est évidemment supérieur aux trois semaines accordées par le planning. En conséquence, les poutres sont d'abord produites avec une surlongueur de 100 mm à chaque extrémité. Elles ne sont que partiellement peintes, de façon à n'avoir plus que les extrémités à traiter avant l'application de la couche de finition sur toute la longueur.

Dès que disponibles, les relevés tridimensionnels du géomètre sont introduits dans le modèle informatique afin de définir la longueur exacte des poutres et les angles réels de leurs extrémités. Les poutres sont alors coupées selon leur géométrie finale et les plaques d'extrémités soudées. Reste alors à traiter les extrémités contre la corrosion et à appliquer la dernière couche pour que les poutres puissent être livrées et montées sur le chantier, ceci moins de trois semaines après réception des données du géomètre.

La procédure décrite pour les poutres principales s'applique également aux éléments secondaires : on attend systématiquement de connaître la position exacte des murs en béton pour la découpe finale des poutres métalliques, le traitement anticorrosion ne permettant aucun ajustement ultérieur des pièces sur le chantier.

Les opérations menées à ce jour sont un véritable succès, puisque les assemblages sur le chantier fonctionnent par-

faitement (fig. 2) : le jeu entre les éléments métalliques et le béton mesuré *in situ* est compris entre 9 et 22 mm, la valeur théorique visée étant de 15 mm

A noter enfin que, pour des raisons de sécurité, le montage de ces éléments ne peut avoir lieu que lorsque les autres corps de métier ont quitté le chantier. En effet, la grue sur pneus de 500 tonnes nécessaire à la manipulation des poutres ne peut pas opérer en même temps que les nombreuses autres grues fixes. Il faut de plus être certain que personne ne circule en dessous des pièces pendant leur manipulation.

Christophe Brunetto, ing. HES
Chef de projet, Sottas SA
Rue de l'industrie 30, CH – 1630 Bulle

