

Un chantier fascinant

Autor(en): **Maillet, Christian**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tracés : bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **134 (2008)**

Heft 12: **En chantier**

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-99686>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Un chantier fascinant

GÉNIE CIVIL

La construction du Rolex Learning Center constitue bien évidemment un défi de taille pour l'entreprise adjudicatrice. L'organisation et le suivi du chantier nécessitent un encadrement qualifié capable d'assumer la supervision de travaux qui sortent souvent du cadre habituel d'un chantier de bâtiment. En allant évidemment le plus vite possible.

Le chantier du *Learning Center* est réalisé en entreprise totale, ce qui signifie que la société *Losinger* assume la gestion et la coordination de l'ensemble des travaux. Elle réalise par ailleurs une part importante du gros œuvre. L'encadrement du chantier comprend 25 personnes. L'effectif de cet encadrement est composé d'ingénieurs, d'architectes et de techniciens rassemblés au sein de deux pôles :

- un pôle gestion QSE (Qualité Sécurité Environnement),

composé de six personnes, chargé des aspects qualité, sécurité, environnement et logistique ainsi que de la gestion financière,

- un pôle production, composé de 18 personnes, chargé du suivi des différents lots, en terme de mise au point du projet d'exécution avec les bureaux mandataires, et du suivi de l'exécution.

L'effectif pour l'encadrement du gros œuvre est composé de quatre conducteurs de travaux et de quatre contremaîtres. Une centaine de personnes sont actuellement engagées pour le gros œuvre.

Planification

Un planning général de l'opération – plus de 800 tâches au total – a été établi : il comprend environ 200 tâches spécifiques aux activités sur le chantier et plus de 600 tâches

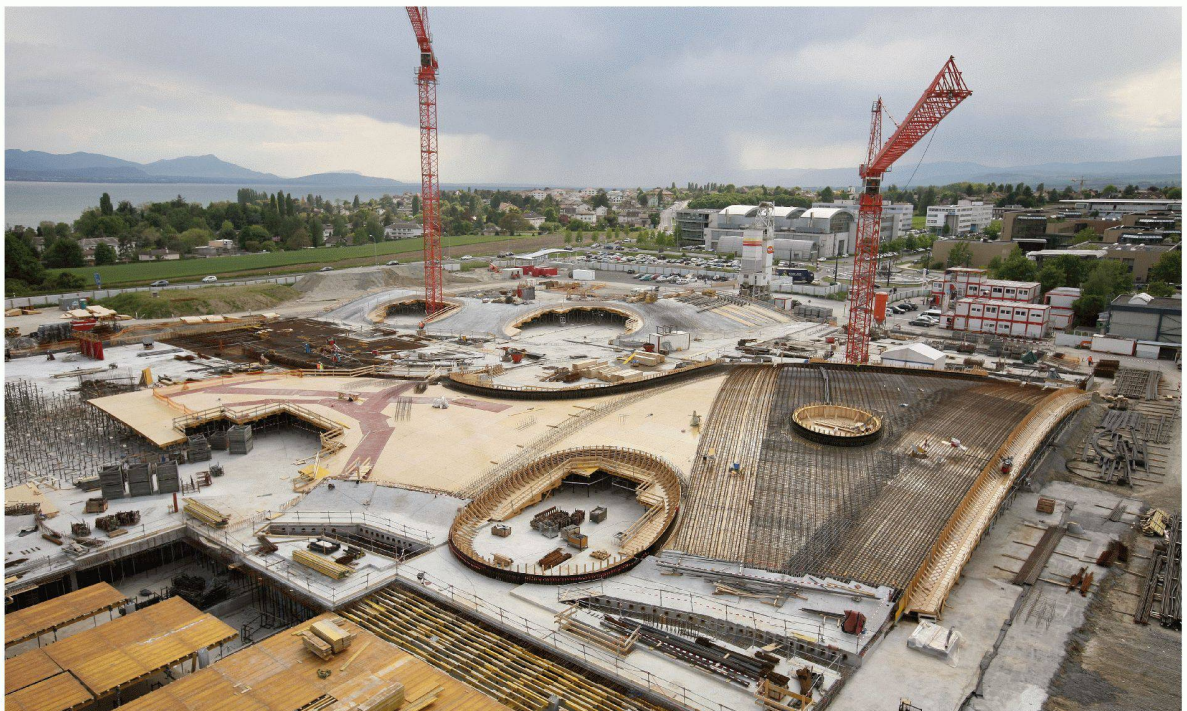


Fig. 1 : Vue d'ensemble du chantier du Rolex Learning Center depuis l'une des quatre grues (Photo Alain Herzog)

Fig. 2 : Equipement pour le forage des pieux (Photo Losinger)

correspondant à des tâches dites « amont », qui permettent de planifier l'activité des mandataires et de l'encadrement du chantier. Elles définissent le timing pour l'élaboration des documents (plans, listes d'armatures, études d'exécution, soumissions), les délais de commande, d'adjudication des lots et les délais d'approvisionnement, de fabrication en atelier ainsi que des points de contrôle ou de validation. Pour le gros œuvre et le second œuvre, un planning spécifique est développé ainsi que des sous-plannings par lot, l'ensemble devant s'inscrire dans le planning général.

La multiplicité de ces agendas ainsi que la difficulté à lire ce type de document a imposé d'établir hebdomadairement ou mensuellement des synthèses sous forme de tableaux, par exemple pour rappeler les échéances du mois en cours, ou de graphiques pour suivre visuellement l'avancement du gros œuvre et planifier les tâches des trois semaines à venir. Mis à jour chaque semaine, ces documents servent d'indicateurs pour la direction du chantier et d'information à l'ensemble des collaborateurs.

Logistique

L'emprise du bâtiment s'étend sur deux hectares, une piste de chantier de 700 m ceinture l'ouvrage. Pour le gros œuvre, quatre grues de 70 m de flèche ont été montées (fig. 1). La logistique mise en place pour les travaux de gros

œuvre consiste à s'assurer de la distribution du matériel sur les zones de stockage situées sous chaque grue de manière à éviter des transferts inutiles de matériaux d'une grue à l'autre. Cet aspect s'avère capital lorsqu'il s'agit par exemple de répartir sous quatre grues quelques 820 tonnes d'acier d'un diamètre de 50 mm, en fonction du plan de ferrailage de la grande coque qui s'étend sur 6 000 m².

Cette installation doit cependant pouvoir évoluer au fur et à mesure que des espaces se libèrent pour accueillir de nouvelles zones de dépôt et que les moyens de manutention changent. Les quatre grues fixes seront en effet démontées progressivement entre juin et octobre 2008 pour faire place à des engins mobiles plus adaptés aux travaux de second œuvre. La personne en charge de la logistique doit suivre l'évolution constante des installations de chantier, de la programmation, de la répartition et de la livraison des matériaux ou des interventions des entreprises sous-traitantes.

Gros-œuvre

Le bâtiment est fondé sur 615 pieux de diamètres de 50, 60 et 90 cm fichés à une profondeur située entre 15 et 24 m. Ces pieux ont été réalisés entre octobre 2007 et janvier 2008 (fig. 2). Le radier, d'une épaisseur de 25 cm, s'étend sur 20 000 m². Il a été construit par étapes d'environ 550 m², de mi-novembre 2007 à mi-avril 2008. La réalisation des murs du sous-sol – essentiellement les murs périphériques (572m) et les murs porteurs des coques courbes – correspond à un volume total d'environ 1 060 m³. Commencés en novembre 2007, ils se sont achevés début mai 2008.

La dalle sur sous-sol correspond à 6 000 m³ de béton. La réalisation de cette dalle comprend plusieurs difficultés spécifiques. Son épaisseur varie généralement de 28 à 35 cm, pour atteindre localement 60, 80 et jusqu'à 160 cm dans les zones de démarrage des coques. Ces variations d'épaisseur, associées à la présence des murs courbes de support des coques dans les sous-sols, ont nécessité l'emploi d'un coffrage traditionnel en poutrelles H20 et de panneaux trois plis permettant de répondre aux multiples contraintes géométriques. La trame des poutrelles et des étais est quant à elle adaptée aux épaisseurs de béton.

La dalle a été réalisée en 35 étapes, dont 17 comprennent des démarrages de coques. Dans ces étapes, le ferrailage s'avère particulièrement complexe : il s'agit de disposer les aciers en attente pour les coques dans des zones comprenant déjà les étriers verticaux, l'armature de la dalle et les câbles de précontrainte devant servir de sous-tirant aux arcs des coques. Le taux d'armature avoisine les 500 kg/m³ dans ces zones (fig. 3).



2

Fig. 3 : Une densité d'armature particulièrement élevée

Fig. 4 : Mise en place des tables de coffrage sur les tours

(Photos Alain Herzog)

Coffrage des coques

Le principe de coffrage est basé en premier lieu sur la capacité portante des tours d'étagage qui est de 20 tonnes : c'est cette contrainte qui a défini le choix d'une table de 2,50 x 2,50 m permettant de coffrer une épaisseur de 80 cm de béton. Chaque table est supportée par une tour. Cette trame est par ailleurs compatible avec les gabarits routiers, ce qui est loin d'être anodin. Les deux principaux problèmes pour réaliser le coffrage des coques ont été les suivants :

- la géométrie des coques correspondant à une surface courbe totalement quelconque, chaque élément de coffrage est donc unique ;
- la forme voulue par l'architecte doit être obtenue à long terme, il s'agit donc d'adapter le coffrage pour intégrer la contre-flèche nécessaire compensant la flèche élastique et les effets différés du fluage et du retrait.

A partir du modèle 3D réalisé par le bureau d'architecte, une nouvelle forme a été calculée pour compenser 100 % des déformations élastiques et 80 % des effets à long terme : c'est ce nouveau modèle qui sert de base à la réalisation du coffrage.

La projection de ce modèle sur un plan de carrés de 2,50 x 2,50 m représentant chaque table de coffrage permet la désignation unique des coordonnées X et Y pour chaque élément à réaliser. Au total, pour les deux coques, ce ne sont pas moins de 1400 tables qui sont nécessaires, ce qui correspond à un volume de 600 m³ de bois.

Pour la production des coffrages, un programme de calcul a été mis au point. Il permet d'établir les plans des 10000 pièces verticales définissant la géométrie et de créer un fichier de commandes numériques du robot de découpe des panneaux en bois, ainsi que de fixer une nomenclature pour

chaque élément. Ceux-ci sont alors livrés par palettes à la société en charge du montage des tables.

La position exacte des tables est capitale pour obtenir la forme voulue et assurer un parfait quadrillage des joints de tables. Pour garantir l'exactitude du positionnement des tables lors du montage, il est nécessaire d'éviter de cumuler les erreurs dues aux tolérances de fabrication. La dimension des tables a donc été fixée entre 2 494 mm et 2 498 mm. Le vide résiduel de 4 à 12 mm entre les tables est ensuite rempli par un joint silicone. Ce dernier est un choix de l'architecte, il permet en outre d'assurer une parfaite étanchéité des coffrages, et assure, par sa souplesse, la reprise des dilatactions thermiques. L'assemblage sur site est réalisé au rythme moyen de 25 tables par jours sur les tours préalablement montées, positionnées et réglées (fig. 4).

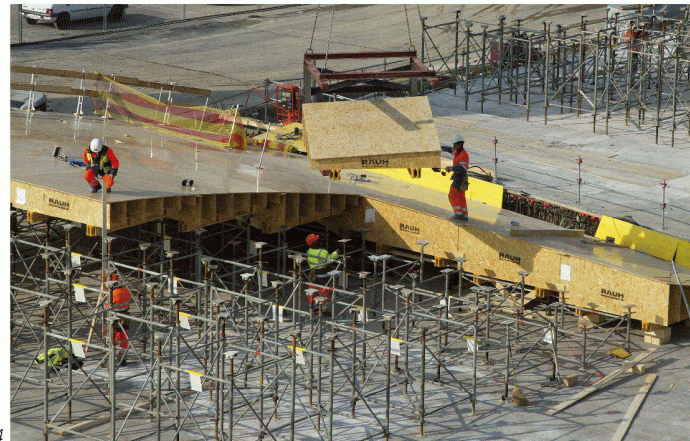
Ferrailage

Pour des raisons statiques (augmentation de l'inertie), le taux d'armature des coques avoisine les 450 kg/m³. Le choix d'utiliser des barres d'un diamètre de 50 mm permet de maintenir des espaces suffisants pour la mise en œuvre et la vibration du béton. L'utilisation de ce type de diamètre inconnu en Suisse a nécessité une certification auprès de l'EMPA. Il s'agissait essentiellement de s'assurer de la résistance et de la ductilité de ces barres.

C'est ainsi que 820 t de barres d'un diamètre de 50 mm et d'une longueur de 21 m (315 kg/barre) ont été commandées et déposées sous chaque grue en fonction de leur zone de pose. Le recouvrement de barres de gros diamètre en compression pouvant présenter des risques de poinçonnement du béton à leurs extrémités, il a été décidé de les souder bout à bout, y compris dans les zones tendues (fig. 5 & 6).



3



4

Fig. 5 : Préparation pour le soudage des barres de diamètre 50 mm (Photo Losinger)

Fig. 6 : Raccords soudés des barres de diamètre 50 mm (Photo JP)

Ce choix permet par ailleurs de bénéficier d'espace supplémentaire pour la mise en place du béton.

Béton des coques

Il s'agit d'un béton C50/60 ayant un coefficient de retrait de 0,29 ‰ et un coefficient de fluage de 2,2. Afin d'assurer sa mise en œuvre dans des pentes jusqu'à 30% et au vu des premiers essais peu concluants, nous avons ajouté 300 g de fibres en polypropylène et adapté le dosage en fluidifiant. En plus d'obtenir les caractéristiques de résistance souhaitées, la difficulté pour la mise au point de cette recette réside dans le double objectif quelque peu contradictoire, d'avoir un béton pompable qui soit néanmoins suffisamment ferme pour tenir dans les pentes lorsqu'on le vibre. La recette développée par le fournisseur permet de réaliser un béton de consistance ferme, apte à rester en place malgré les pentes, mais qui ne se met en place que sous l'action des aiguilles vibrantes. Les résistances sur cube à 28 jours atteignent largement les valeurs requises pour un maximum de 80 N/mm².

Le bétonnage de la petite coque a été réalisé le 18 avril 2008. Elle a été complètement décoffrée 28 jours plus tard, dès la mise en tension de la précontrainte. Les déformations mesurées à ce jour prouvent la fiabilité des calculs et la bonne appréhension des différents paramètres des matériaux mis en œuvre. Un suivi continu des mouvements est programmé tout au long de l'avancement des travaux.

Décintrement

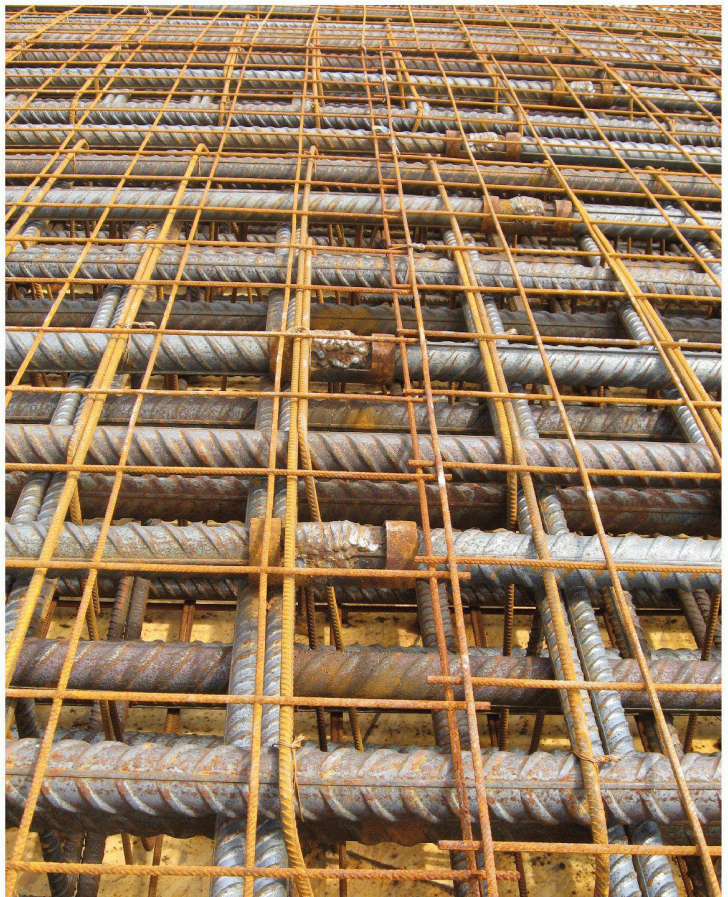
L'ensemble des opérations de décintrement des deux coques s'effectue sous le contrôle d'un bureau d'ingénieur spécifiquement mandaté pour cette tâche.

La petite coque ne posait pas de réel problème. Elle a pu être décintrée comme une dalle, en descendant successivement les tours, et en reportant de la sorte les charges sur les tours voisines. Le coffrage ayant été conçu pour supporter 80 cm de béton (épaisseur maximale de la grande coque), la capacité des tours est suffisante pour assumer ce report pour la petite coque, dont l'épaisseur maximale n'est que de 40 cm. Compte tenu de sa taille relativement modeste (trois fois inférieure à celle de la grande coque), ses arcs peuvent être libérés rapidement : la déformation verticale de 1cm nécessaire à leur mise en charge s'obtient en effet facilement par le démontage des tours en clef de voûte et le desserrement des tours en pied (fig. 7).

En revanche, la grande coque doit être considérée comme un tablier de pont. Habituellement, le décintrage est une opération réalisée d'un coup, en descendant le cintre d'un seul tenant, ce qui garantit une mise en charge instantanée.



5



6

Fig. 7: Démontage des tables de coffrage de la petite coque (Photo Losinger)

Fig. 8: Attente des câbles de précontrainte d'un des arcs de la grande coque (Photo JP)



Les 1 100 tables ne peuvent évidemment pas être toutes descendues instantanément, ce qui engendre un problème de taille. En effet, comme pour la petite coque, la suppression progressive des tables ferait que la charge se reporterait sur les tables voisines, entraînant un chargement qui dépasse la capacité de l'échafaudage restant. Il n'est pas non plus possible de compter sur la mise en charge des arcs tant que ceux-ci ne sont pas complètement libérés. Par ailleurs, l'effet de la précontrainte (fig. 8) située au droit des arcs ne soulage pas suffisamment l'échafaudage, puisque cet effet ne se fait sentir que dans les arcs et encore de façon très variable en fonction des formes très tendues et des appuis ponctuels situés autour du plus grand patio. Lors du décentrement (28 jours après le bétonnage), les tours d'échafaudage seraient donc encore soumises, partiellement au moins, au poids propre du béton.

Pour éviter ce problème complexe, il est prévu que le décentrement s'effectue après le remplacement de 50 tours par 50 vérins d'une capacité comprise entre 50 et 100 tonnes.

La mise en charge de ces vérins permettra de transférer les charges des tours sur les vérins. La coque fonctionnera dès lors comme une dalle reposant sur des appuis ponctuels. Une fois la coque supportée par les 50 vérins, le démontage des tours s'effectuera alors simplement. Dès l'enlèvement des 1100 tables, la pression des vérins sera diminuée progressivement sur une durée de quelques heures, jusqu'à obtenir la mise en charge totale des arcs et des dalles formant la grande coque.

Une opération unique

La réalisation du *Learning Center* s'apparente à celle d'un bâtiment sur un pont. Ses formes complexes inhabituelles dans notre métier, sa taille imposante et le défi structural pour la réalisation de ses coques renforcent le caractère unique de cette opération. Selon le planning, le gros œuvre se terminera à mi-juillet, avec le bétonnage de la grande coque, sorte de point culminant du chantier. Du 11 au 13 juillet 2008, ce sont en effet plus de 4 300 m³ de béton qui seront mis en place, le chantier se poursuivant jour et nuit. Cette opération unique mobilisera plus de 20 camions malaxeurs à l'heure et plus de 250 personnes. Les défis continueront ensuite avec la pose des 15 000 m² de charpente, puis des 1 600 m de façades vitrées. L'équipe d'encadrement reste donc mobilisée pour achever un ouvrage qui restera pour beaucoup d'entre nous une expérience unique.

Christian Mailet, ing. civil EPFL
Directeur adjoint en charge des travaux du LC
Losinger Construction SA
Route de Renens 1, CH – 1030 Bussigny

