

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Band: 128 (2002)
Heft: 09

Artikel: Plate-forme de la halle 6
Autor: Klein, Jean-François / Moia, Pierre / Dumusque, Pierre-Alain
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-80275>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Fig. 1: Obstacles franchis par la plate-forme

Plate-forme de la halle 6

GÉNIE CIVIL

Afin d'assurer la distribution des installations techniques et des énergies sous le plancher d'exposition, il a été décidé de créer un plancher technique «creux» entre des dalles inférieure et supérieure en béton. Cette double structure fait en même temps office de tampon thermique et phonique, isolant la halle d'exposition des voies de circulation inférieures.

A partir de cette option, il s'est agi de concevoir une structure qui offre à la fois la souplesse d'utilisation définie et la résistance nécessaire pour supporter les surcharges élevées de 20 kN/m^2 (environ quatre fois la charge d'un pont normal), tout en élaborant un mode d'exécution ajusté à un planning serré et aux importantes contraintes de circulation posées par les nombreux objets que doit franchir la plate-forme (fig. 1).

Position des porteurs verticaux

En situation, la position des porteurs verticaux jongle avec l'encombrement élevé du site (fig 2 et 3), puisque aucune voirie ne devait être déplacée de façon significative et qu'aucune réduction du nombre de voies de circulation ne pouvait être acceptée. Ces éléments ont été placés au mieux entre les voiries existantes, en favorisant des réseaux linéaires pour les colonnes qui supportent les files d'entretoises destinées à recevoir la dalle d'exposition. Si l'orientation régulière des chaussées a permis de fixer un écartement longitudinal standard de 9,60 m entre les colonnes, l'écart entre les files d'entretoises dans le sens transversal varie en revanche de 10 m à 25,60 m. La plate-forme s'appuie encore sur deux bâtiments techniques situés sous le niveau d'exposition de la halle 6. A chacune de leurs extrémités, une tour carrée de 8 m de côté traverse la plate-forme pour venir supporter la charpente métallique de grande portée qui formera la toiture de la halle 6.

< AEROPORT

HALLE 6

HALLE 5 >

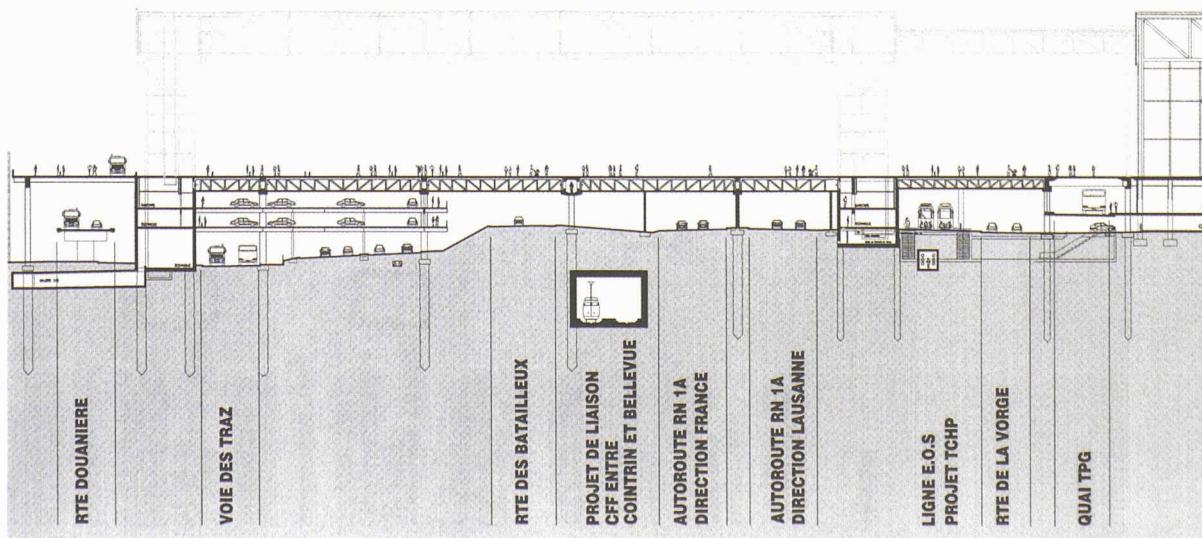


Fig. 2: Implantation des porteurs verticaux en fonction de l'encombrement

Fig. 3: Éléments porteurs: de la plate-forme aux piliers

Fig. 4: Bétonnage de la dalle supérieure

Fig. 5: Entretoises



Système constructif de la dalle de plate-forme

Épaisseur de la plate-forme

Le rôle de plancher technique dévolu à la plate-forme requiert l'aménagement d'un espace intérieur d'une hauteur suffisante pour en garantir l'exploitation. Le compromis coût/performance optimal a été trouvé en fixant «l'épaisseur» de la plate-forme à 2,50 m, ce qui laisse un vide intérieur de 2,05 m de hauteur, adapté au passage des installations techniques et au travail intérieur. Cette hauteur a également été fixée en tenant compte des trois facteurs que sont la portée des poutres - laquelle dépend de la position des files d'entretoises (soit un maximum de 25,60 m) -, la surcharge d'exploitation élevée (20 kN/m² ou 500 kN concentrés par champs de 7 m x 7 m) et les hauteurs à disposition au-dessus des voiries existantes. Pour respecter le gabarit routier, l'épaisseur globale de la plate-forme a dû être réduite à 2,30 m sur certaines zones. Dans les zones de circulation périphériques situées en dehors de l'emprise de la halle d'exposition, le plancher technique est remplacé par un plancher mixte simple résistant aux mêmes surcharges que le premier.

Dalle de plate-forme

La double dalle est constituée d'un réseau de poutres mixtes préfabriquées parallèles posées à l'avancement, sur lesquelles la dalle d'exposition a été bétonnée. Les poutres mixtes reposent sur des entretoises en béton précontraint, ces dernières transmettant les charges au sol par l'intermédiaire d'un réseau de piliers insérés entre les voies de circulation existantes (fig. 3).

Le choix des poutres préfabriquées s'est imposé dans l'optique de limiter au maximum les entraves au trafic et les risques liés au chantier situé au-dessus de voies de circulation devant demeurer en service. Le respect du planning a également joué un rôle décisif, dans la mesure où la production des poutres en atelier pouvait commencer en même temps que l'exécution des fondations sur le site. Un chevauchement des tâches est ainsi assuré qui évite de concentrer les activités du chantier autour de besoins liés en série et soumettant l'ensemble de la construction à un seul chemin critique déterminant.

Les éléments préfabriqués comportent une dalle inférieure jointive qui crée un écran isolant le chantier de l'environnement routier dès leur mise en place, laquelle s'effectue d'une pièce. La rigidité et la résistance à la flexion de l'élément de poutre - dont la géométrie en coupe est un «T» inversé - sont données par une âme en treillis métallique solidaire de la base en béton. Dicté en premier lieu par les



contraintes d'exploitation, le choix du treillis métallique comme âme assure en effet la transparence transversale et la perméabilité du plancher technique pour le passage des installations. Cette option limite en outre à 27 tonnes le poids maximum d'une poutre, ce qui en autorise la mise en place par une seule grue sur pneus de capacité moyenne et représente donc un avantage considérable vu l'encombrement du chantier et la nécessité de limiter les perturbations du trafic durant les montages nocturnes. Enfin, le choix du treillis permet de créer un système statique évolutif (décrit ci-après), parfaitement adapté à la cinématique de construction de ce plancher. Ce dernier est complété par le bétonnage *in situ* de la dalle supérieure (fig. 4), sur des tôles nervurées avec intégration des caniveaux techniques.

Evolution du système statique des poutres, transferts de charges (fig. 6)

Défini de manière à épouser leurs changements de rôle au cours du processus de montage, le système statique des poutres mixtes évolue comme suit.

- Lors du transport et de la pose, les poutres sont statiquement déterminées, fonctionnant en éléments simplement appuyés sur les deux entretoises adjacentes. La zone d'appui est la dalle inférieure durant le stockage, puis l'extrémité de la membrure supérieure du treillis lors de la pose sur les entretoises.
- Après la pose, deux opérations se succèdent: les profilés métalliques de la membrure supérieure sont d'abord connectés aux poutres adjacentes au-dessus des entretoises, créant une continuité entre les éléments (fig. 7), après quoi les dalles inférieures sont clavées entre elles et contre les entretoises par remplissage de l'espace résiduel avec un micro béton de haute résistance. Les charges additionnelles (poids propre de la dalle supérieure lors du bétonnage) seront ainsi introduites dans les entretoises sans excentricité transversale et sans sollicitation de torsion et s'appliquent sur un système de poutres continues.
- Une fois ce système en place, la dalle supérieure est bétonnée sur un coffrage en tôles nervurées.
- Après bétonnage et durcissement de la dalle d'exposition, la plate-forme adopte un fonctionnement monolithique. Toutefois, pour éviter les sollicitations en torsion des entretoises, les montants verticaux d'extrémité des treillis sont dimensionnés pour se dérober sous l'effet des surcharges. De cette manière, les charges verticales sont transmises à l'axe des entretoises. En cas de défaillance de l'appui inférieur, les grosses charges concentrées dissymétriques n'auront ainsi pas d'influence sur la torsion des entretoises.

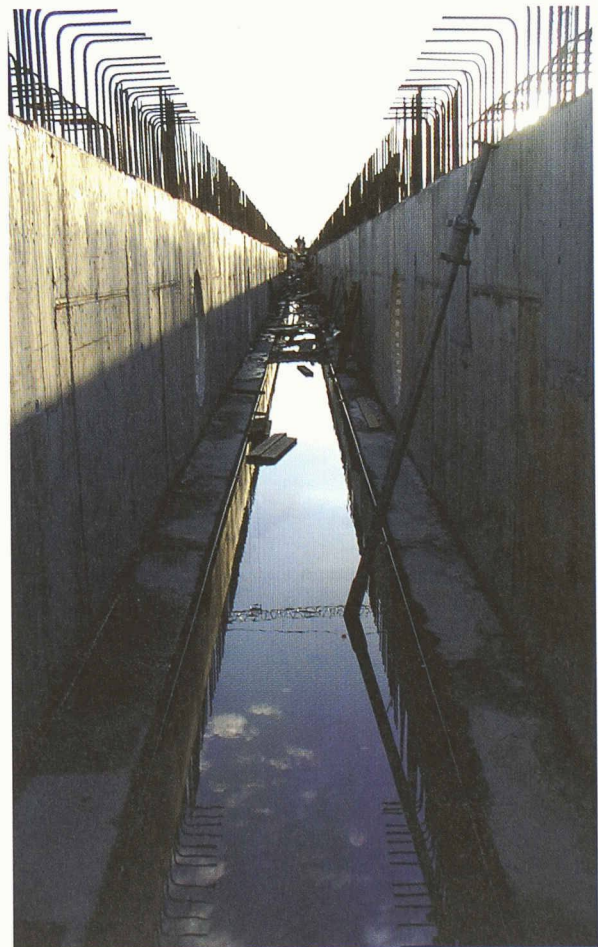


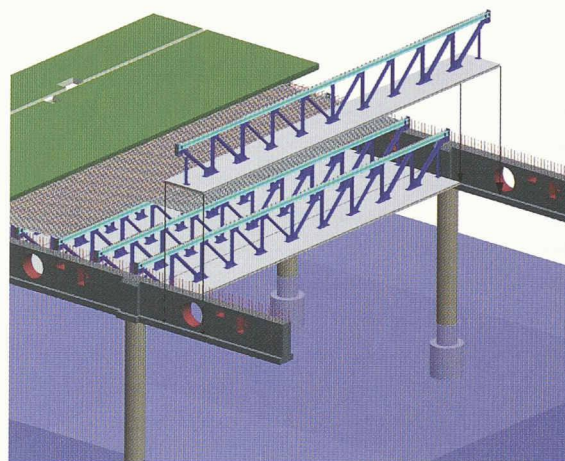
Fig. 6: Evolution du système statique

Fig. 7: Fixation des membrures supérieures

Fig. 8: Poutres mixtes sur les entretoises

Etape 1: Pose des éléments préfabriqués

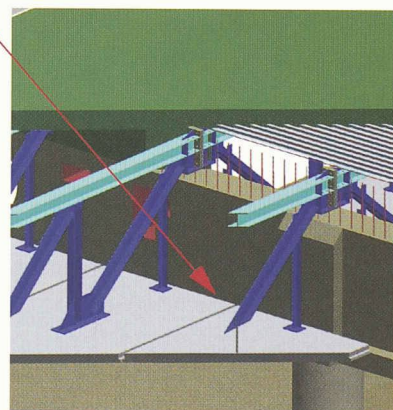
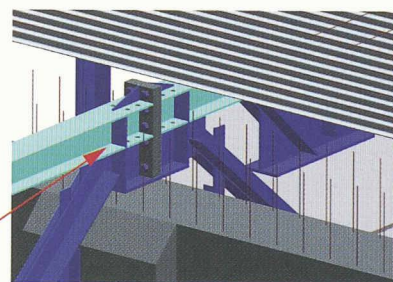
Système statique: Poutre simple
Charge supportée: Poids propre de l'élément



Etape 2: A: Boulonnage des membrures supérieures des poutres préfabriquées
B: Blocage des dalles inférieures par clavage contre les entretoises

Système statique à la fin de l'étape:
Poutre continue

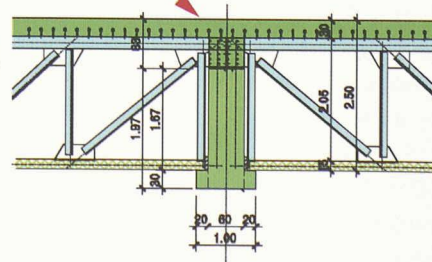
Charges supportées par le nouveau système statique:
- Poids propre de l'élément préfabriqué
- Poids mort du béton de la dalle au bétonnage



Etape 3: Bétonnage et durcissement de la dalle supérieure:
Mise en précontrainte de la dalle

Système statique à l'état final:
Structure tridimensionnelle (dalle supérieure, entretoises, treillis métallique, dalle inférieure)
fonctionnement monolithique de l'ensemble

Charges supportées par le nouveau système:
- Poids propre de la structure
- Charges permanentes
- Charges d'exploitation
- Charges accidentelles (séisme)



Description des éléments de la plate-forme

Dalle inférieure

Précontraintes par fils adhérents, les dalles inférieures sont des éléments rectangulaires de 0,15 m d'épaisseur et de 2,4 m de largeur. Leur longueur et la géométrie de leurs extrémités sont adaptées à celles des entretoises d'appui de l'élément considéré.

La précontrainte est déterminée en fonction de la portée de chaque élément, sur la base d'un critère de précontrainte totale sous charges de service. Le treillis métallique étant isostatique au stade initial, une précontrainte importante peut-être appliquée dans la dalle inférieure en n'engendrant pratiquement aucun effort dans le treillis.

Ce n'est qu'au stade final, après bétonnage de la dalle supérieure, que la pré-compression introduite dans la dalle inférieure est exploitée pour reprendre l'effet des surcharges. Cette solution permet de conserver à l'élément un grand élanement tout en limitant son poids.

Treillis métallique

Le treillis métallique des poutres mixtes (fig. 8) est préfabriqué en atelier et composé de profils traditionnels simples (HEA et cornières, connexions par goussets). Les montants sont espacés de 2,20 m pour les modules de base et la hauteur du treillis est de 2,05 m. L'adaptation de la longueur des treillis se fait par suppression de modules et par une variation de la longueur des deux modules à chaque extrémité. La membrure inférieure du treillis à l'état final est formée par la dalle en béton. Pendant la fabrication, deux cornières de montage - qui seront démontées avant relaxation des torons de précontrainte - assurent le transport du treillis et sa mise en place dans le coffrage. La connexion des poutres métalliques à la dalle supérieure se fait par des goujons type KBD, soudés en atelier sur l'aile supérieure du profilé HEA. Ces derniers sont calepinés avec précision, de manière à permettre la pose de tôles pré-perçées portant sur quatre travées. Quant aux extrémités des membrures supérieures, elles comportent des plaques de tête servant à la connexion rigide avec l'élément préfabriqué adjacent (fig. 7).

Préfabrication des poutres mixtes

Parallèlement à la construction sur site des fondations, de la galerie EOS, des aménagements routiers et des éléments verticaux, la préfabrication des 670 poutres mixtes a été effectuée en usine, tout d'abord à Kerzers pour la construction métallique, puis à Tavel pour la production des poutres complètes. En raison de l'originalité de ces éléments, une

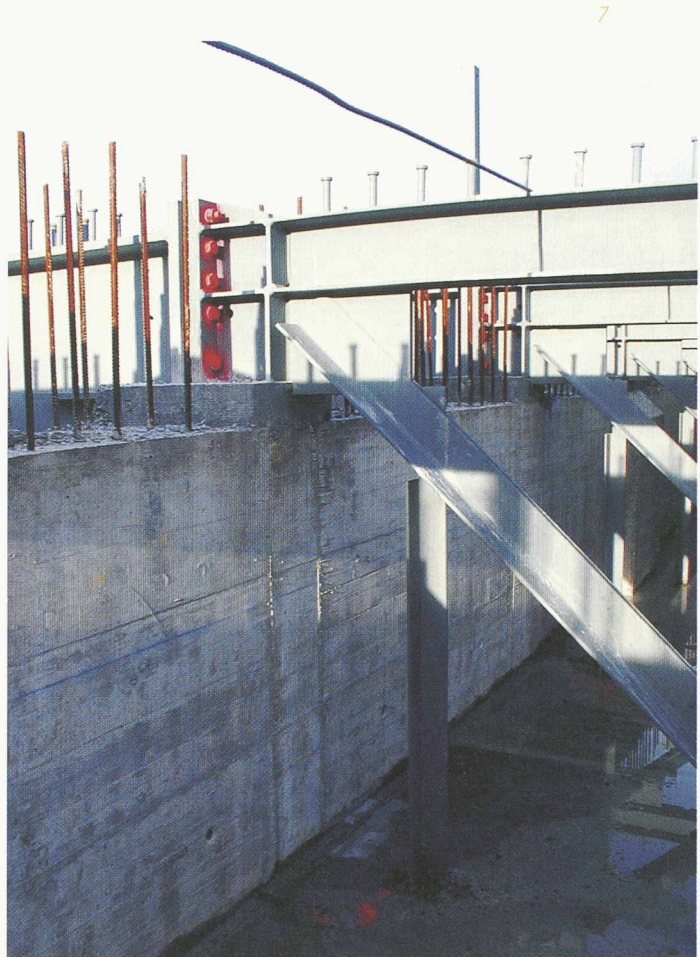
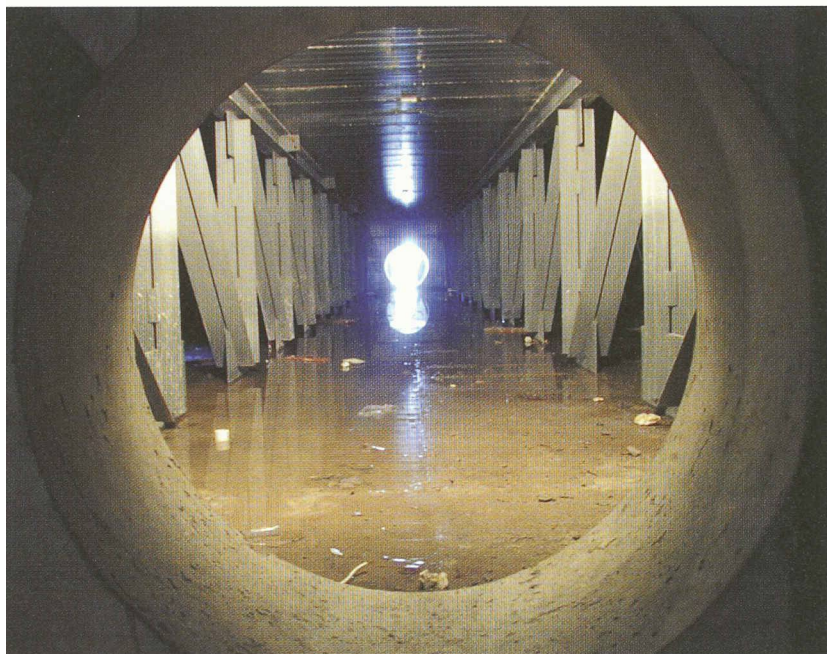


Fig. 9 & 10: Circulation dans le plancher technique

Fig. 11: Elévation type d'une entretoise

Fig. 12: Bétonnage des entretoises en deux étapes

9



10



marche à suivre précise et une série de dispositifs provisoires de stabilisation ont dû être développés.

Il convient de souligner encore une fois que le treillis métallique n'est pas un élément rajouté sur la dalle inférieure, mais que les deux éléments remplissent une fonction structurale commune et doivent se répartir les efforts dès la relaxation des fils adhérents. Ainsi, le treillis métallique doit être présenté et positionné sur le banc de préfabrication avant le bétonnage de la dalle inférieure. La précontrainte par fils adhérents de la dalle inférieure doit agir sur la section complète dalle + treillis. C'est une condition *sine qua non* de la stabilité pendant le transport et le montage. Une membrure inférieure provisoire apporte la rigidité nécessaire au treillis avant son intégration dans le coffrage: la section de ses composants étant très faible, la manutention du treillis seul sur 25 m serait en effet impossible sans dispositif provisoire. Cette membrure inférieure est démontée avant relaxation des fils adhérents.

Dalle d'exposition

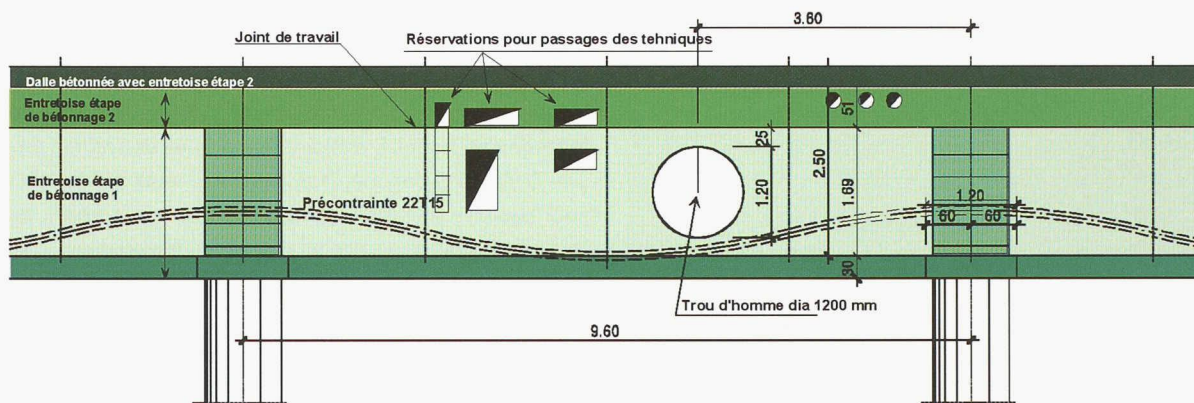
La dalle d'exposition présente une épaisseur de 30 cm, à l'exception de la zone de circulation périphérique où elle s'amenuise à 24 cm. Il s'agit d'une dalle collaborante coulée sur un coffrage perdu en tôle type HR51 posée sur les treillis métalliques. Les tôles d'une longueur de 9,60 m portent sur quatre travées, un rang d'étayage intermédiaire par travée de 2,40 m étant prévu sous forme de pointelles ou de chevêtres pour le bétonnage.

La dalle d'exposition est conçue sans joint de dilatation, à l'exception du joint phonique aménagé entre la zone exposition et la zone congrès. La maîtrise des effets différés dans la dalle pour limiter la fissuration est assurée par le choix d'un béton à teneur en ciment modérée (par compensation en cendres volantes) alors que le rapport eau/liant est limité à un maximum de 0,45.

Dans le sens Lausanne-Genève, la dalle est précontrainte par des gaines plates comprenant 6 torons de 0,6 " chacune, et espacées de 3 m environ. La disposition en plan des câbles est dictée par l'alignement des entretoises. La longueur maximale des câbles est de l'ordre de 160 m.

Entretoises

Les entretoises assurent la liaison entre les têtes de colonnes et permettent l'appui des poutres de la plate-forme. Leur section courante est en «T» inversé. Les exigences de ductilité et de transmission des efforts imposent cependant des élargissements locaux au droit des colonnes pour l'ancrage des barres d'armature de gros diamètre de ces der-



nières. La portée des entretoises est de 9,60 m et elles reprennent chacune un champ moyen de dalle de 240 m², soit une charge globale maximum en service de 820 kN/m (fig. 11). Elles sont précontraintes longitudinalement par des câbles paraboliques (unités de torons 22 dia 0,6) et sont construites sur cintre par volées de trois travées. Leur hauteur totale finale de 2,80 m est bétonnée en deux étapes. Une première étape de 1,95 m de hauteur est construite pour y poser les poutres préfabriquées (fig. 12). C'est au-dessus de cet arrêt de bétonnage que se fait la connexion des membrures supérieures des poutres. La deuxième étape est intégrée dans le bétonnage de la dalle d'exposition. Par ce procédé, la dalle supérieure de la plate-forme est parfaitement encastree dans les entretoises.

Pour assurer la transparence interne bidirectionnelle du plancher technique (fig. 9 et 10), les entretoises sont systématiquement percées par des réservations pour le passage des installations techniques et par des trous d'homme de 1,20 m de diamètre. Ces réservations posent un problème important d'affaiblissement des entretoises au stade de la construction comme au stade final. La section résiduelle de la table de compression au-dessus du trou d'homme n'est que de 25 cm de hauteur pour supporter les poutres mixtes et le poids du béton de la dalle, soit une charge utile d'environ 315 kN/m. Le passage des bielles de compression pour la résistance à l'effort tranchant et le cheminement de la précontrainte sont également perturbés.

Colonnes

Les colonnes ont un diamètre compris entre 80 cm et 1,30 m et sont bi-encastrees: dans la tête des pieux à leur base et dans les entretoises à leur sommet. Les charges maximales de service sont de 8000 kN dans la zone de la halle d'exposition et vont jusqu'à 35 000 kN dans la zone du futur



13



Centre de congrès. La hauteur des colonnes varie entre 6,5 m et 17 m et elles ont toutes été bétonnées en une seule volée à l'aide d'un coffrage métallique (fig. 13) avec un béton de type B45/35. Pour éviter les problèmes de ségrégation, un bétonnage au tube plongeur a été requis.

Murs

Fondé sur pieux dans la berme centrale de l'autoroute, le mur central est utilisé comme support de la plate-forme et a été exécuté de façon traditionnelle. Une attention particulière a été apportée à la composition du béton par adjonction de cendres volantes et diminution de la teneur en ciment pour limiter les effets différés. Ne portant pas la plate-forme, les murs latéraux de l'autoroute assument, quant à eux, une fonction de protection et de délimitation de la zone routière. Dans le concept de résistance au feu, ils servent en revanche de fusibles: en cas d'incendie de très longue durée

non maîtrisé - entraînant une altération de la capacité portante de la dalle et un léger affaissement du plancher d'exposition -, les poutres concernées viendraient s'appuyer sur le mur latéral, ce qui réduirait leur portée de 15 à 25% en fonction des endroits, assurant une réserve de sécurité élevée. Dans cette optique, la position des murs a été réglée pour parvenir sous des montants verticaux des treillis, de façon à pouvoir servir d'appui direct de remplacement.

Pour des raisons de planning, un des murs latéraux (coté chaussée Lausanne) a été bétonné traditionnellement à ciel ouvert, tandis que l'autre était bétonné sous la dalle en employant du béton auto-nivelant pompé sous pression sur une hauteur de plus de 6 m. Cette technique s'est avérée particulièrement performante et s'annonce prometteuse pour les bétonnages d'éléments compliqués ou fortement armés. En respectant certaines conditions bien précises, l'aspect des surfaces après décoffrage s'avère en effet totalement satisfaisant.

Fondations

L'ensemble des fondations est du type pieux forés tubés. Les pieux traversent les couches superficielles pour aller se ficher dans le sol du type 9A (cailloutis morainiques profonds). La longueur de fiche - comprise entre 5 m et 10 m - dépend du diamètre des pieux, sauf pour ceux situés le long de la route des Batailleux, qui sont forés avec une sur-longueur d'environ 10 m en prévision de la future prolongation des voies CFF à la sortie de la gare de Cointrin.

A chaque pilier de la plate-forme correspond en principe un pieu d'un diamètre variant entre 1 m et 1,40 m dans la zone «Exposition». Aux endroits de très forte concentration de charges, notamment sous le futur centre de Congrès, des dispositions ont toutefois été prises pour assurer une descente de charges du futur bâtiment directement dans les colonnes, sans déviation au travers du plancher technique, si bien que la mise en place de groupes de pieux a été nécessaire. Les charges de service qui s'y appliquent vont de l'ordre de 8000 kN pour le cas courant du pieu unique, jusqu'à 35 000 kN pour les groupes de quatre. Les pieux sont liés aux colonnes par l'intermédiaire d'une semelle de transition et ces éléments de fondation ont été conçus circulaires, afin de réduire au mieux leur emprise et de permettre l'usage de coffrages circulaires autostables d'une mise en œuvre simple et rapide.

Les tours de support de la toiture et les bâtiments abritant les locaux techniques sont fondés sur un radier de répartition appuyé sur un réseau de pieux de 1,40 m de diamètre. La disposition des pieux jongle avec les nombreux services et les canalisations présentes dans le sous-sol.

Gestion de la circulation pendant la construction de la plate-forme

Tous les éléments coulés en place l'ont été en travaillant par réduction de largeur des voies de circulation ou par rocades de trafic. Une sortie provisoire d'autoroute a été créée sur la chaussée Lausanne à la hauteur de la route de Ferney, afin de décharger la route de la Vorge et de favoriser l'utilisation de l'autoroute. De même, une entrée provisoire a été créée sur la chaussée direction France à la hauteur de la même route de Ferney, afin de soulager le passage sur la route des Batailleux et sur la Voie-de-Traz, et de faciliter le chantier tout en garantissant l'accès facile à l'aéroport. Ces deux mesures ont été salutaires pour organiser tous les mouvements de circulation et garantir toute la capacité nécessaire à l'écoulement du trafic sans perturbation pendant toute la durée du chantier.

Stabilisation horizontale de la plate-forme

Zone «exposition»

Dans la zone dévolue aux expositions, la plate-forme est totalement flottante sur ses piliers. Sa stabilisation horizontale, notamment par rapport aux effets de séisme, est assurée par la rigidité des colonnes et des pieux de fondation: les efforts sont transmis au sol par l'intermédiaire de la flexion et de l'effort tranchant des piliers et des pieux de fondation. Cela permet un comportement ductile de l'ensemble et réduit l'importance de l'effet du séisme.

La plate-forme s'appuie verticalement sur les murs des locaux techniques et les tours, mais se déplace indépendamment de ces derniers dans le plan horizontal, grâce à des appuis glissants placés sur les murs. Les joints autour des tours et sur les locaux techniques sont capables d'absorber des mouvements horizontaux dus aux dilatations thermiques, au fluage et au retrait du béton de l'ordre de 3 cm, tant dans le sens transversal que longitudinal. Transversalement, le mur de la berme centrale de l'autoroute constitue un élément stabilisant important, qui est lié à la plate-forme par un encastrement semi-ductile.

Zone «congrès»

La zone congrès est caractérisée par la concordance géométrique entre la position des futurs porteurs verticaux de la structure interne du Centre et ceux de la plate-forme. Les descentes de charges seront directes, sans être redistribuées par la plate-forme. Le futur édifice sera stabilisé par des contreventements ductiles et par le mur central de l'autoroute. Plus rigides que les piliers de la plate-forme, ces éléments

accuseront moins de déformation en cas de séisme. Afin de garantir la cohérence avec l'ensemble du système de stabilisation, les futurs noyaux du Centre devront impérativement présenter aussi un comportement ductile au séisme.

Conclusions

La construction de la plate-forme de la halle 6 est un exemple marquant de la réussite d'une opération compliquée, menée dans un environnement très chargé sous un grand nombre de contraintes. Un vaste échantillon de domaines différents ont été touchés par ce chantier et la coordination générale de tous les intervenants, ainsi que de tous les utilisateurs et riverains de la zone a nécessité un travail considérable. Seule la collaboration étroite et efficace de toutes les parties impliquées (maître d'ouvrage, direction des travaux, entreprises, gendarmerie, aéroport, TPG, Orgexpo, etc.) a permis le succès de l'entreprise dans les délais et le respect des coûts. Quatorze mois de travaux pour mettre en place 44 000 m² de pont, réaliser la galerie EOS (voir article suivant), un pont d'accès de 250 m de longueur et tous les aménagements routiers associés est un véritable record. Les capacités et les flux de circulation ont été maintenus, l'accès à l'aéroport a en tout temps été garanti, et les diverses manifestations et expositions à Palexpo et à l'Arena ont été assurées dans de bonnes conditions, grâce à leur intégration comme contraintes dans le planning d'exécution des travaux remis de manière très précise aux entreprises lors de l'appel d'offres.

Cette collaboration efficace des intervenants, associée à des options techniques pointues et novatrices, ont permis aux acteurs de ce formidable défi de remettre au maître d'ouvrage, conformément à leur contrat, une première étape garantissant le respect de ses engagements pour le maintien des grandes expositions Telecom à Genève et pour l'avenir du Canton.

