



Grand entretien

La cheffe de chantier Beatrice Battistini nous parle des atouts du béton et des défis liés aux tranchées couvertes

Informations actuelles sur les routes en béton et l'infrastructure routière
Édition avril 2025

update 63

Tranchée couverte de Schwamendingen

Couvrir les autoroutes devient de plus en plus fréquent dans les zones urbaines. Les raisons principales sont la protection contre le bruit, la réduction des émissions et la création de nouvelles surfaces urbaines utiles.

Pour les planificateurs, les architectes et les maîtres d'ouvrage, la question est de trouver le matériau de construction idéal pour de tels projets. Comme le montre le projet d'envergure de la tranchée couverte de Schwamendingen à Zurich, le béton s'est révélé être un matériau de construction particulièrement adapté.

Tranchée couverte de Schwamendingen

L'utilisation de béton pour la couverture d'autoroutes a déjà fait ses preuves à de multiples reprises dans le cadre de grands projets de référence. La « tranchée couverte de Katzensee » (achevée en 2020), un élément central de l'aménagement du contournement nord de Zurich, en est un bon exemple. Sur un tronçon de 580 mètres entre la Katzenseestrasse et la Horensteinstrasse, une surface de compensation écologique a été créée pour servir de corridor pour la faune et d'espace de détente, tout en réduisant les nuisances sonores.

Un autre exemple est la couverture d'une partie de l'autoroute A1 au niveau du portail est du tunnel de Rosenberg (achèvement en 2021). Sa réalisation a permis la construction d'une nouvelle halle d'exposition et d'événements, ce qui a renforcé le rôle de Saint Gall en tant que ville hôte pour des salons, tout en autorisant des améliorations urbanistiques.

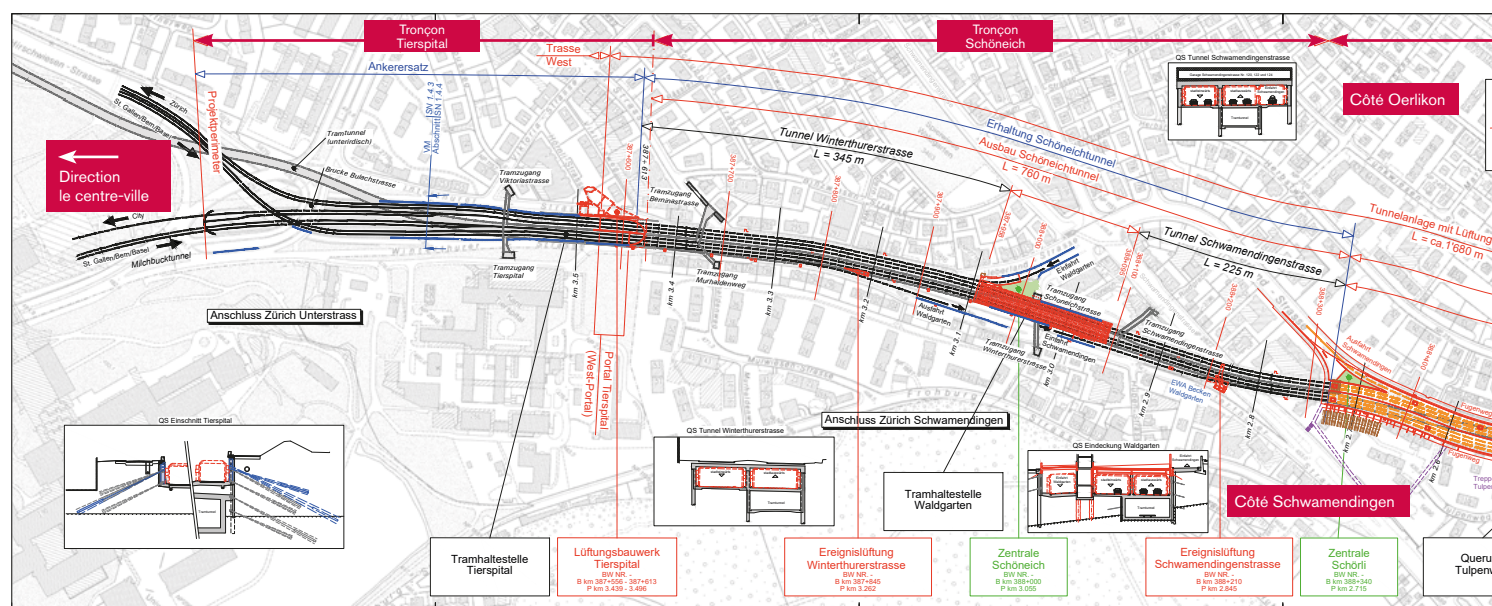
Autoroutes en tranchées couvertes – le béton comme solution porteuse

La couverture des autoroutes est une tâche complexe pour laquelle le béton constitue un matériau idéal en raison de ses propriétés techniques et constructives : sa grande

capacité de charge et sa stabilité lui permettent de reprendre et de répartir des charges conséquentes. Les structures doivent résister à des charges statiques et dynamiques considérables, issues de la circulation des véhicules et des influences environnementales. Le béton offre une solution fiable et durable qui satisfait également aux exigences de sécurité. Pour le maître d'ouvrage de la tranchée couverte de Schwamendingen – l'Office fédéral des routes (OFROU) en partenariat avec le canton et la ville de Zurich –, la géométrie retenue pour l'ouvrage faisait du béton le matériau de construction idéal : des travées en béton préfabriquées de plus de 30 mètres de portée et une dalle en béton coulée sur place s'appuient sur des voiles de parois supportés par des pieux forés, le tout surmonté d'un parc public.

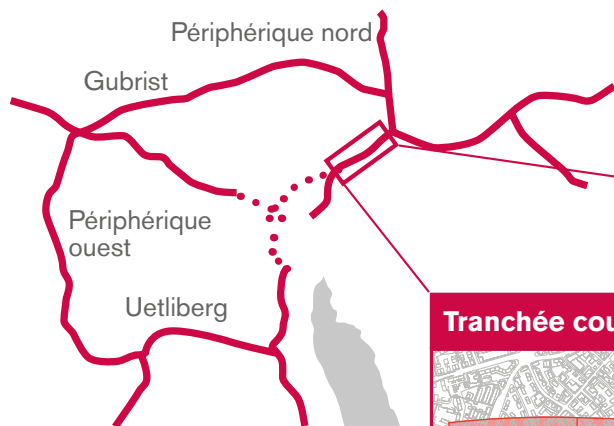
Un autre objectif clé de la couverture des autoroutes est la réduction du bruit généré par le trafic. Le béton possède d'excellentes propriétés d'insonorisation pouvant réduire efficacement les nuisances sonores. Grâce à son important poids propre, le béton absorbe efficacement les ondes sonores, ce qui permet d'améliorer significativement la qualité de vie dans les zones résidentielles voisines.

Outre la réduction du bruit, la résistance au feu est un aspect déterminant dans le choix des matériaux. Le béton est ininflammable et conserve son intégrité structurelle

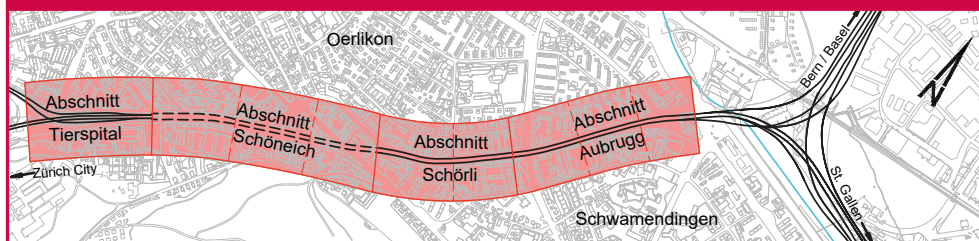


Aperçu du périmètre du projet (vue d'ensemble) de la tranchée couverte de Schwamendingen ; plan © Office fédéral des routes OFROU, INGE K12plus

Vue d'ensemble du projet



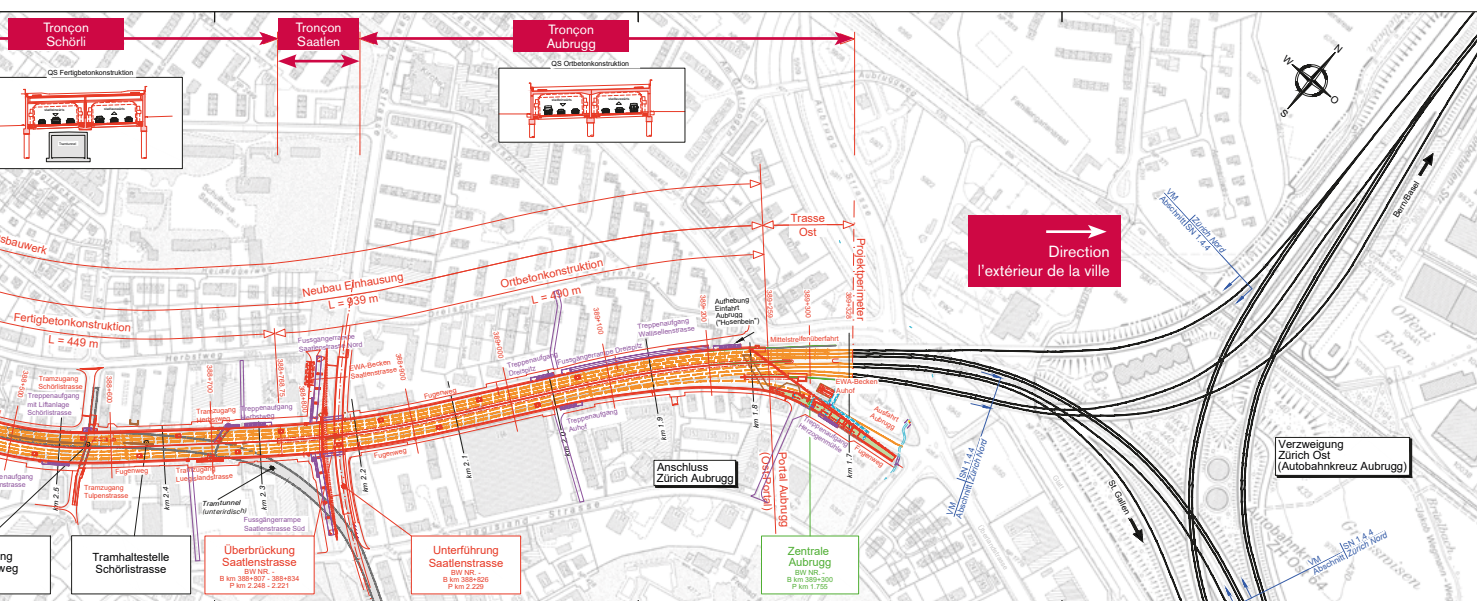
Tranchée couverte de Schwamendingen



Plan : INGE K12plus

Chiffres clés

Longueur totale de l'ouvrage :	1680 mètres
Nouvelle tranchée couverte :	longueur 940 mètres hauteur 7 mètres largeur 30 mètres
Nombre de véhicules (TJM) :	120 000 véhicules par jour





La situation à Schwamendingen avant la construction de la tranchée couverte ; photo : OFROU, division Infrastructure routière, filiale de Winterthour

même à haute température. Cela est particulièrement important en cas d'incendie de véhicules, qui comporte des risques considérables. Le matériau de construction offre par conséquent un atout supplémentaire en termes de sécurité. Il en va de même pour la luminosité naturelle : de nombreuses études montrent que l'utilisation de béton peut réduire les besoins d'éclairage artificiel. Cela permet d'économiser de l'énergie et donc de réduire les émissions de CO₂. En même temps, l'amélioration de la visibilité procure un gain de sécurité.

La longévité et le faible besoin d'entretien du béton sont d'autres avantages contribuant à la préservation des ressources. Le béton n'ayant que rarement besoin d'être

« Pour les riveraines et riverains, qui ont été exposés à un trafic très intense au cours des 50 dernières années, le parc urbain de la tranchée couverte de Schwamendingen représente une énorme amélioration. »

Beatrice Battistini, cheffe de chantier pour la tranchée couverte de Schwamendingen chez Walo Bertschinger SA

renové ou réparé, la consommation de matériaux est réduite. Grâce à sa résistance aux intempéries, aux agents chimiques et à l'usure, les tranchées couvertes en béton ne nécessitent qu'un entretien minimal et affichent une longue durée de vie. Cela permet de réaliser des économies de coûts sur le long terme et améliore la rentabilité des ouvrages.

Les concepts de béton et les procédés de construction modernes offrent en outre une grande souplesse de conception architecturale. Le béton peut être coulé en différentes formes et avec diverses structures de surface, ce qui offre une grande liberté de création aux concepteurs et aux architectes. Cela permet d'intégrer aux ouvrages des critères esthétiques et fonctionnels particulièrement intéressants dans les zones urbaines.

La tranchée couverte de Schwamendingen transforme la ville et le trafic

Le projet de tranchée couverte de Schwamendingen illustre de façon impressionnante comment des mesures d'urbanisme judicieuses et une planification innovante du trafic peuvent améliorer durablement la qualité de vie dans les zones urbaines. Une mise en œuvre réussie nécessite une étroite collaboration entre différents acteurs ainsi qu'une planification précise, afin de surmonter les défis techniques et logistiques. Pour les ingénieurs civils et les planificateurs, la couverture des autoroutes offre des possibilités passionnantes : elle permet d'intégrer les voies de circulation dans le tissu urbain afin d'améliorer la qualité de vie des riverains. Des solutions innovantes et des approches interdisciplinaires sont requises à cet égard afin de répondre aux multiples exigences tout en mettant en œuvre des concepts d'urbanisme durables.

Comptant parmi les routes les plus fréquentées de Suisse, le tronçon de l'autoroute A1 au nord de la ville de Zurich importunait depuis plus de 50 ans les zones résidentielles avoisinantes avec du bruit, des particules fines et des gaz d'échappement. Plus de 120 000 véhicules empruntent



Des rampes, des escaliers et des ascenseurs permettent d'accéder au sommet de la tranchée couverte, à sept mètres de hauteur. Des deux côtés de la tranchée couverte, un chemin d'environ quatre mètres de large permettra d'atteindre facilement et en toute sécurité les différents accès. © Office fédéral des routes OFROU – Illustration : Raumgleiter AG, Schlieren



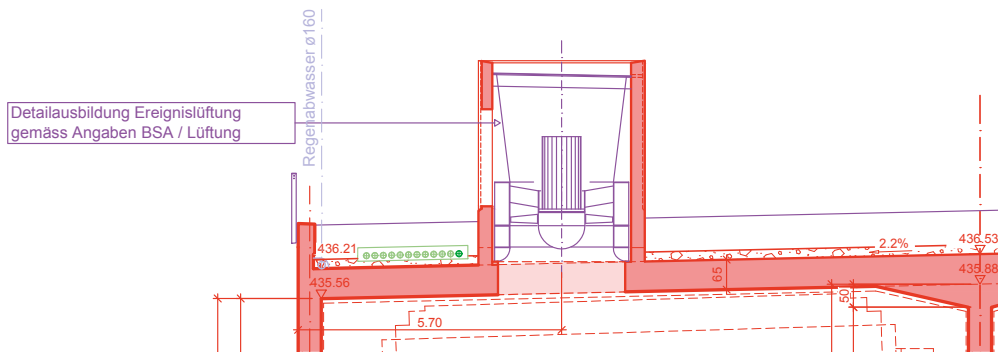
Le cheminement traversant le parc suspendu se subdivisera en une allée principale et des allées secondaires. Des tronçons plus ou moins animés se succèdent sur un parcours qui évolue de manière très naturelle. Des zones ouvertes et des niches plus intimistes forment des espaces adaptés aux activités les plus variées. © Office fédéral des routes OFROU – Illustration : Raumgleiter AG, Schlieren



Perspective sur la tranchée couverte de Schwamendingen. Le mur anti-bruit végétalisé et le parc aménagé au-dessus de la tranchée couverte contribuent à améliorer la qualité de vie et d'habitation. Là où quelque 120 000 véhicules circulaient quotidiennement sous les yeux des riverains, l'Ueberlandpark aménagé au-dessus de la tranchée couverte offre aujourd'hui une oasis de verdure propice à la détente et aux activités sociales. Photo : INGE K12plus



Conçues pour évacuer la fumée en cas d'incident, les bouches d'aération pour événements exceptionnels de la tranchée couverte de Schwamendingen ont été soumises à des tests approfondis avec d'autres systèmes de sécurité. Photo : Office fédéral des routes OFROU



Coupe détaillée d'une bouche d'aération pour événement exceptionnel ; © Office fédéral des routes OFROU, INGE K12plus

quotidiennement ce tronçon, situé entre l'embranchement d'Aubru gg et le tunnel de Schöneich. C'est pour réduire ces nuisances et améliorer la qualité de vie des riverains qu'a été lancé le projet « Tranchée couverte de Schwamendingen + ventilation du tunnel de Schöneich », qui s'est achevé avec succès en mai 2024. La cheffe de chantier Beatrice Battistini connaît mieux que quiconque les avantages qu'apporte le projet : « Cette tranchée couverte a transformé le quartier de Schwamendingen. Le parc couvre une surface d'environ 30 000 mètres carrés. Pour les riverains, qui ont été exposés à un trafic très intense au cours des 50 dernières années, ce parc urbain représente une énorme amélioration. »

L'OFROU ainsi que la ville et le canton de Zurich sont les donneurs d'ordre de ce projet, dont le coût a été estimé à plus de 600 millions de francs. La tranchée couverte, qui s'étend sur près d'un kilomètre, vient se raccorder au tunnel de Schöneich, qu'elle prolonge pour atteindre une longueur totale de 1,7 kilomètre jusqu'au tunnel de Milchbuck. Cette prolongation a nécessité des mesures supplémentaires en matière de ventilation et de sécurité. La couverture grillagée

de Waldgarten a par exemple été fermée et, au niveau du portail ouest Tierspital, un nouvel ouvrage de ventilation avec cheminée d'évacuation a été édifié, afin que les gaz d'échappement ne soient pas simplement évacués de manière diffuse au niveau du portail, mais rejetés dans des couches d'air plus élevées.

Pour l'OFROU, l'un des principaux défis consistait à réaliser les travaux sans interruption du trafic. L'environnement urbain du chantier a en outre rendu les opérations particulièrement complexes, notamment en raison du manque d'espace, tant en surface qu'en souterrain, et des nombreux riverains touchés par les émissions dues aux travaux. À cela s'ajoutaient une forte dynamique de construction et un terrain difficile à bâtir, la zone étant un ancien marécage.

Autre particularité technique du projet : une grande partie d'un tunnel de tramway passe directement sous l'autoroute, ce qui a entraîné des défis supplémentaires en termes de planification et de réalisation des travaux.

La couverture de l'autoroute à Schwamendingen représente un important projet d'infrastructure suisse. La com-

La tranchée couverte a été réalisée en « construction ouverte », une méthode souvent utilisée pour les tunnels peu profonds construits en zone urbaine. Photo : Reinhard Zimmermann, Baar





Travaux de construction sans interruption du trafic : la coordination et la sécurisation ont été déterminantes pour la progression de la tranchée couverte de Schwamendingen.
Photo : INGE K12plus

Les travées en béton, ici sur l'aire de stockage d'Element SA, mesurent jusqu'à 32 mètres de long, 2,5 mètres de large et 1,5 mètre de haut pour un poids pouvant atteindre 70 tonnes.
Photos : leistungsfotografie.ch



plexité de la construction et les nombreux défis à relever ont exigé une planification et une coordination particulièrement poussées.

Vue d'ensemble du projet

Le projet, dont la réalisation a débuté en 2018, visait à couvrir l'autoroute sur une longueur d'environ un kilomètre à hauteur de Schwamendingen. Les travaux ont été réalisés en deux tranches de 500 mètres chacune. La réalisation du gros œuvre pour les deux tronçons s'est étalée de mai 2020 à mai 2024. L'achèvement total du projet est prévu pour mai 2025.

Le chantier a été réalisé selon le procédé de la tranchée couverte. Également connue sous le nom de « tunnel en construction ouverte », cette méthode est souvent utilisée lorsque le tunnel est relativement peu profond sous la surface du sol et construit en zone urbaine. En raison de l'importance considérable de l'autoroute A1 pour les flux de trafic suprarégionaux et locaux, l'ensemble des travaux de construction s'est déroulé sans interruption de la circulation. Cela a nécessité une grande précision de planification et d'exécution. Un aspect essentiel du projet était l'utilisation de travées en béton préfabriquées, positionnées au-dessus de la tranchée couverte de Schwamendingen. Ces travées mesurent jusqu'à 32 mètres de long, 2,5 mètres de large et 1,5 mètre de haut pour un poids pouvant atteindre 70 tonnes.

Construction des travées en béton

Chacune des 232 travées en béton préfabriquées a été dimensionnée et construite précisément pour l'emplacement prévu. En raison du tracé horizontal et vertical de la route nationale, les dimensions de chaque travée différaient. Cela a notamment eu pour conséquence que les

travées préfabriquées ne pouvaient pas être transportées et déchargées sur le chantier dans n'importe quel ordre, mais devaient être identifiées avec précision et en grande partie livrées dans l'ordre inverse de leur installation. En raison de la grande précision requise – les travées et les parois n'ont qu'une tolérance de ± 3 centimètres –, la planification et la réalisation des travées préfabriquées en béton a nécessité le recours au Building Information Modeling (BIM ou « modélisation des informations de la construction » en français).

Les travées ont dû être fabriquées comme de simples poutres d'une portée d'une trentaine de mètres. Les deux sens de circulation sont séparés par une paroi en béton sur toute la hauteur. Cette paroi s'élève jusqu'à environ 10 cm sous les travées. L'espace restant a été comblé avec un



Cette photo illustre le principe des travées transversales préfabriquées en appui, qui supportent la charge de la tranchée couverte sans peser sur les infrastructures sous-jacentes, comme le tunnel du tramway.

Photo : Office fédéral des routes OFROU

This architectural rendering illustrates a multi-level urban infrastructure project. The top level is a green roof with trees and people. The middle level is a highway with a truck and cars. The bottom level is a subway tunnel with a train. The structure is supported by concrete pillars.

culation et dont le poids repose exclusivement sur les parois extérieures. Outre les exigences constructives, le gain de temps et la réduction des masses par rapport au béton coulé sur place ont également pesé en faveur de l'utilisation d'éléments en béton préfabriqués. Produits en environnement contrôlé, ces derniers ont en grande partie pu être fabriqués indépendamment des conditions météorologiques. Cette fabrication en continu dans le cadre de plu-





Travée après travée, la tranchée se couvre. La mise en place des travées fabriquées sur mesure s'appuie sur des prouesses en termes de planification, de logistique et de construction. Photo : leistungsfotografie.ch

sieurs processus de travail parallèles a permis de réduire significativement le temps de construction sur le chantier. De plus, l'absence de temps de durcissement, indispensable avec du béton coulé sur place, a permis aux corps de métiers suivants d'entreprendre leurs travaux plus rapidement. Un autre avantage de la préfabrication a été de faciliter la gestion de l'espace limité sur place : la production et le stockage d'une partie des éléments de construction sur un autre site ont permis de mobiliser moins de surface sur le chantier. Par ailleurs, l'utilisation de béton à haute résistance et de procédés de fabrication optimisés pour les éléments préfabriqués a permis d'utiliser moins de matériaux sans perdre en capacité portante. Cette réduction de masse entraîne non seulement une baisse des coûts des matériaux, mais aussi une diminution des frais de transport et de montage. L'empreinte carbone s'en trouve elle aussi considérablement réduite. Dans le cadre du concept de béton optimisé en termes de CO_2 , seul du ciment à teneur réduite en clinker a été utilisé pour la fabrication de toutes les travées en béton préfabriquées, ce qui souligne encore l'importance accordée au développement durable.

Progression des travaux et déroulement des opérations

Les travaux de gros œuvre de la tranchée couverte ont débuté au printemps 2020. Une grue sur chenilles de 650 tonnes – l'une des plus puissantes de Suisse – a été nécessaire pour déplacer les lourdes travées en béton en



Cette photo met bien en évidence les fers de raccord de la couche de surbêton coulée sur place au-dessus des travées. Au stade final, le système statique implique un encastrement partiel dans les parois latérales. Photo : leistungsfotografie.ch



La grue sur chenilles de 650 tonnes à l'œuvre au-dessus de la tranchée couverte de Schwamendingen. Photo : INGE K12plus



Opération nocturne de haute précision : les travées en béton de 30 mètres de portée sont positionnées au millimètre près. Photo : INGE K12plus

2023. Chacune d'elles contient environ 7,5 tonnes d'armatures et quelque 26 mètres cubes de béton.

Au total, chaque élément pèse jusqu'à 70 tonnes. Même le trajet le plus direct entre l'usine de production d'Element SA à Tavers, dans le canton de Fribourg, et le chantier atteignait quelque 150 kilomètres. En raison du poids transporté, certains ponts autoroutiers n'ont cependant pas pu être empruntés.

Sur les 178 travées que compte le tronçon de Schörl, 120 étaient déjà prêtes à Schwamendingen avant la pose, et 58 ont été livrées juste à temps. L'objectif était d'atteindre une cadence de pose de dix travées par nuit. Au total, l'ins-

tallation des travées a nécessité 29 nuits de travail. La pose de nuit, entre 20h30 et 5h00, a été indispensable car les travaux nécessitaient la fermeture totale de l'autoroute ainsi que l'arrêt de la circulation du tram.

La dalle du tronçon d'Aubrigg a été réalisée de manière conventionnelle en béton coulé sur place, à l'aide de chariots de coffrage. Le processus de fabrication des éléments de dalle était similaire à celui des éléments de paroi : coffrage, ferrailage, bétonnage. Le chariot de coffrage a été un outil précieux, offrant une plateforme de travail d'environ six mètres de hauteur sur laquelle les différentes étapes de travail ont pu être menées de manière sûre et efficace. La structure de support du chariot de coffrage reposait sur des étais télescopiques, permettant un réglage hydraulique de la hauteur.

En période de pointe, jusqu'à 185 personnes étaient à l'œuvre sur le chantier. Afin de garantir un déroulement sans accroc lors de la phase de construction, la manipulation des éléments de travée formant la dalle a été testée sur un modèle. Ces préparatifs ont largement contribué à la réussite des travaux de construction, qui se sont achevés en mai 2024.



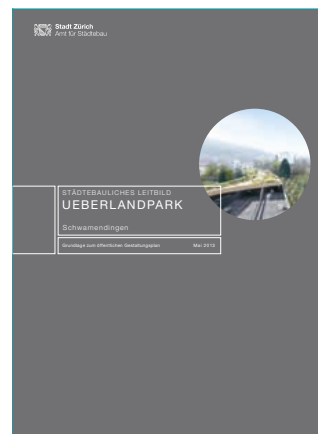
Entreposage des travées ; photo : Office fédéral des routes OFROU

L'Ueberlandpark : un nouveau poumon vert pour Schwamendingen

Un élément central du projet est l'Ueberlandpark, un espace de verdure ouvert qui s'étend au-dessus de la tranchée couverte de bout en bout. Cette utilisation de la sur-



Entreposage sur le chantier ; photo : leistungsfotografie.ch



Modèle d'urbanisme

face de couverture est au cœur d'un concept urbanistique global qui non seulement optimise la fonctionnalité de la tranchée couverte, mais crée également une nouvelle oasis de verdure pour les habitants du quartier.

Les murs extérieurs du parc ont été revêtus de béton gratté, afin d'offrir un surcroît de qualité perçue aux riverains. Pour rendre le parc facilement accessible à tous, des chemins publics ont été aménagés des deux côtés le long de la tranchée couverte. Depuis ces cheminements, des rampes, des escaliers et des ascenseurs mènent directement au-dessus de la tranchée couverte et donc au parc. Ces mesures garantissent l'accessibilité et favorisent l'intégration du parc dans le contexte urbain. Les chemins améliorent non seulement l'accessibilité pour les piétons et les cyclistes, mais sont également conçus de manière à

pouvoir être empruntés par les véhicules d'entretien et de secours. L'entretien des conduites techniques installées à la hauteur des voies urbaines ainsi que des parois végétalisées pourra ainsi se faire sans problème.

Afin de répondre aux multiples exigences du nouveau parc urbain, un modèle d'urbanisme a été élaboré. Ce modèle établissait clairement comment le nouveau parc urbain devait s'intégrer harmonieusement dans le quartier. Il prescrivait une densification appropriée des constructions garantissant une offre de logements diversifiée, et exigeait des espaces de liberté de grande qualité. L'objectif est de faire en sorte que l'Ueberlandpark ne devienne pas seulement un poumon vert pour Schwamendingen, mais offre également un espace de vie attrayant pour les habitants.

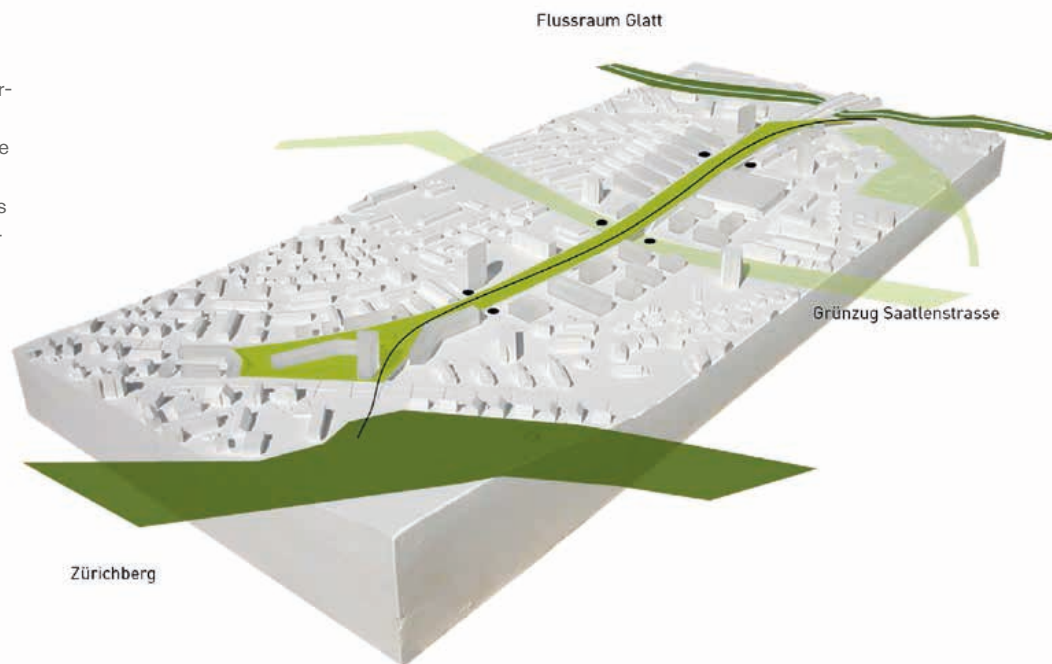
Silvan Durscher, chef de projet Espaces verts de la ville



Le chariot de coffrage a permis d'optimiser la réalisation des éléments de couverture grâce à une plate-forme de travail de six mètres de hauteur. Ses étais télescopiques à réglage hydraulique ont été source de sécurité et de souplesse. Photo : INGE K12plus

Ueberlandpark de Schwamendingen : intégration d'espaces verts urbains et naturels. Le parc relie les rives de la Glatt à la coulée verte de la Saatenstrasse et forme un espace de détente continu au-dessus de la tranchée couverte de Schwamendingen.

© Office fédéral des routes
OFROU – Schéma : agps
architecture ltd., Zurich



de Zurich, détaille le concept : « Pensé comme une oasis de biodiversité, le nouveau Ueberlandpark deviendra un futur lieu de rencontre au sein du quartier. L'aménagement du parc adopte une approche contemporaine qui privilégie aux plates-bandes de fleurs alignées au cordeau une flore plus naturelle et néanmoins en totale cohérence avec le site, afin de favoriser l'installation de la faune. Au total, plusieurs centaines d'espèces végétales différentes ont été sélectionnées, notamment pour leur adéquation à la couche de terre qui ne dépasse guère 40 cm de profondeur par

« Le nouveau Ueberlandpark sera une oasis de biodiversité, agrémenté d'une végétation proche de la nature et de multiples espaces propices aux interactions sociales. »

Silvan Durscher, chef de projet
aux Espaces verts de la ville de Zurich

endroits. Des éléments muraux spécifiques, réalisés en construction sèche et comblés d'un sable spécial pour servir de support de nidification aux abeilles sauvages, doivent devenir le plus grand hôtel à insectes de Suisse. Pour les visiteuses et visiteurs, le parc sera agrémenté de deux aires de jeux, d'une fontaine, ainsi que d'un pavillon proposant de quoi se restaurer. »

Le développement de l'espace urbain et l'évolution en ville perméable relevant tous deux de la responsabilité de l'Office de l'urbanisme, le plan directeur d'urbanisme et le plan d'aménagement public sont le fruit d'intenses discussions avec les propriétaires fonciers et les résidents du quartier. Cette planification participative a permis de garan-



Parois végétalisées et murs extérieurs en béton lavé ; photo : Krebs und Herde GmbH, architectes-paysagistes FSAP, Winterthour



Pelouse du parc ; photo : Krebs und Herde GmbH, architectes-paysagistes FSAP, Winterthour



De gauche à droite : Silvan Durscher, chef de projet Espaces verts de la ville de Zurich, Rolf Eberle, chef de projet global pour la tranchée couverte de Schwamendingen à l'Office fédéral des routes (OFROU), Thomas Wachter, architecte paysagiste ; photo : ville de Zurich

tir l'intégration et la prise en compte dans le projet des besoins et des souhaits de la communauté locale. Cette implication a permis de maximiser l'acceptation et l'identification des habitants vis-à-vis de leur nouveau parc urbain.

Conclusion

Le béton offre de nombreux atouts en tant que matériau de construction pour la couverture des autoroutes. Sa grande capacité de charge, ses excellentes propriétés d'insonorisation, sa résistance au feu, sa longévité, ses possibilités de conception et sa durabilité en font le choix optimal pour ce type de projets. Le projet Ueberlandpark de Schwamendingen montre en outre comment des concepts urbanistiques innovants et une planification judicieuse peuvent contribuer à la revalorisation des espaces urbains. L'utilisation de la surface au-dessus de la tranchée couverte comme espace de verdure ouvert est un modèle de développement urbain durable et représente un gain considérable de qualité de vie pour les habitants. L'Ueberlandpark est plus qu'un simple parc urbain – il est le symbole d'une combinaison réussie entre infrastructure, nature et espace de vie urbain. Pour l'OFROU, le canton et la ville de Zurich, la valeur ajoutée de la tranchée couverte de Schwamendingen ne fait aucun doute.



Film sur le montage des travées en béton lors de la couverture de l'autoroute à Schwamendingen :

<https://bit.ly/Betonträgermontage>



Faits et chiffres en un coup d'œil

Les chiffres impressionnants du projet soulignent ses dimensions hors normes :

- Travaux d'excavation : 120 000 mètres cubes
- Pieux de fondation : 1250 unités
- Béton armé : 115 000 mètres cubes
- Coffrage : 160 000 mètres carrés
- Armature : 16 500 tonnes
- Revêtement : 41 000 tonnes
- Conduites techniques : 18 kilomètres
- Gaines électriques : 60 kilomètres
- Surface de la tranchée couverte : 15 000 mètres carrés
- Travées en béton préfabriquées : 232 unités pesant jusqu'à 70 tonnes

Sociétés impliquées dans la construction

- Maîtrise d'ouvrage : Office fédéral des routes OFROU en collaboration avec le canton et la ville de Zurich
- ARGE EHS : Implenia SA, Marti AG, Walo Bertschinger SA, Anliker AG
- INGEK12plus : Locher Ingenieure AG, Emch + Berger AG, Bänziger Partner AG
- Agps architecture ltd
- Rotzler Krebs Partner, architectes-paysagistes
- Fournisseur des travées en béton : Element SA

Norme déterminante

SIA 262.520 (2018) – Règles communes pour les produits préfabriqués en béton [SN EN 13369]

Informations complémentaires

sur www.einhausung.ch

« Avec une telle équipe, on peut remporter tous les concours »

La tranchée couverte de Schwamendingen est un projet de grande envergure. Nous nous sommes entretenus avec Beatrice Battistini, cheffe de chantier pour la tranchée couverte de Schwamendingen chez Walo Bertschinger SA, au sujet des atouts du béton et des défis spécifiques aux tranchées couvertes.

Madame Battistini, êtes-vous fière de ce qui a été accompli à Schwamendingen ?

Je suis très fière d'avoir pris part à ce projet. J'y participe depuis le début et j'accompagnerai également le démontage des installations. La réunion de lancement a eu lieu le 26 juin 2018, c'est-à-dire il y a six ans. En près de 20 ans de carrière dans la construction, c'est le chantier le plus long que j'ai connu. Grâce à une équipe fantastique, nous avons respecté les délais, assuré la qualité et maîtrisé les coûts, avec seulement quelques accidents mineurs.

Quelles caractéristiques spécifiques du béton le prédestinent à des projets de grande envergure comme l'Ueberlandpark de Schwamendingen ?

Certainement la résistance à la compression et les nombreuses possibilités de finition des surfaces. Même lorsque l'existant rend la situation complexe (Schöneich), le béton peut être coulé partout. Pour la paroi extérieure de la tranchée couverte de Schwamendingen, la solution de béton lavé retenue n'a initialement pas été très bien comprise par les contremaîtres et les ouvriers du chantier. Mais le résultat final montre qu'on n'obtient pas simplement un mur gris vertical, mais une surface d'aspect assez naturel qui se conjugue parfaitement avec le concept de végétalisation de l'Ueberlandpark.

Quels techniques ou procédés innovants ont été utilisés pour le béton mis en œuvre dans le cadre de ce projet ?

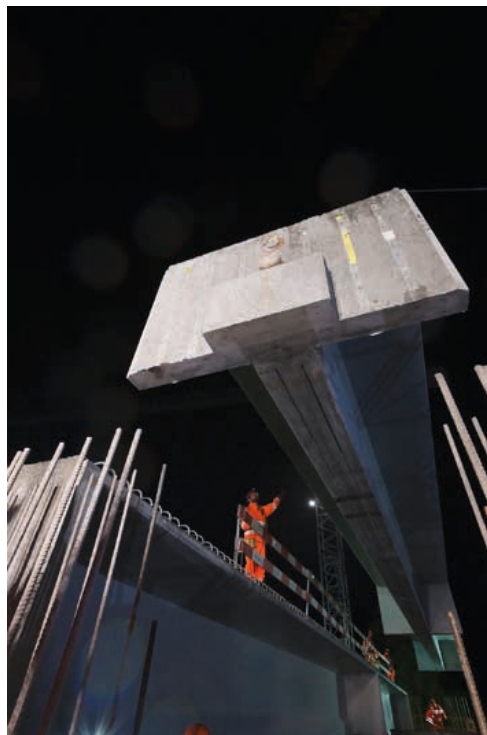
Pour ce projet, nous avons coulé quelque 120 000 mètres cubes de béton d'une quarantaine de types différents. Par exemple du béton pour pieux, du béton de construction, du béton autocompactant (SCC), du béton maigre, du béton de recyclage et du béton projeté. Pour les grandes phases de bétonnage, le béton a été mis en place à l'aide de pompes, tandis que pour les phases de moindre envergure nous avons utilisé jusqu'à 15 grues à tour. Pour 50 % de la tranchée couverte, l'auteur du projet a opté pour un système de préfabrication.



Beatrice Battistini, cheffe de chantier pour la tranchée couverte de Schwamendingen chez Walo Bertschinger SA. Photo : Werner Aebi

Quels nouveaux développements dans le domaine de la technologie du béton considérez-vous comme particulièrement prometteurs pour les futurs projets de construction ?

La préfabrication permet de travailler en parallèle et de limiter les fermetures de routes et donc les perturbations pour les automobilistes et les transports en commun. Près de la moitié de la tranchée couverte de Schwamendingen a été construite avec des travées en béton préfabriquées. Ces dernières ont pu être produites de façon décentralisée, parallèlement aux fondations et aux parois. Grâce à ce système, 29 nuits ont suffi pour recouvrir plus de 15 500 mètres carrés et y appliquer un surbéton. Les opérations suivantes ont concerné l'étanchéité et la couche de protection. Puis, le paysagiste est intervenu pour réaliser l'aménagement du parc.



Travail de précision en pleine nuit :
les travées en béton de 70 tonnes
sont positionnées au millimètre
près – du levage à la mise en
place finale sur la structure por-
tante, tout repose sur l'interaction
entre des techniques de pointe et
la précision du travail manuel.
Photos : leistungsfotografie.ch



Cette façon de procéder permet de gagner énormément de temps et d'éviter des embouteillages inutiles. Par rapport au mode de construction traditionnel d'une tranchée couverte (utilisé pour les 50 % restants), la préfabrication a permis de gagner environ dix mois. En d'autres termes, si l'ensemble de la tranchée couverte avait été réalisé avec des travées préfabriquées, la durée du chantier aurait été réduite d'environ dix mois.

Quels défis particuliers avez-vous dû relever lors de la planification de ce projet ?

La planification était assurée par la communauté d'ingénieurs (INGE K12plus). En tant que communauté de travail (ARGE) et entreprise exécutante, nous avons mis en œuvre et réalisé ce qui était planifié. La planification des fouilles, particulièrement complexe, a été prise en charge par la communauté de travail. Cela nous a permis d'utiliser de façon optimale nos spécialistes des fouilles, y compris pour dresser un inventaire. Dès la phase d'appel d'offres, nous avons dû définir les systèmes en vue de soumettre une offre au maître d'ouvrage. Durant cette phase, nous avons appliqué au système la planification 3D et effectué les calculs statiques des fouilles, une méthode qui s'est révélée très avantageuse.

En tant que communauté de travail, pour la planification des travées en béton préfabriquées, nous avons eu recours au BIM (Building Information Modeling). Nous avons repris les plans en deux dimensions du maître d'ouvrage / de l'auteur du projet afin d'élaborer un modèle BIM sur cette base. Lors de différentes réunions avec les responsables du projet et le constructeur des modules, le modèle BIM s'est avéré extrêmement utile et nous a permis d'optimiser encore un certain nombre de points avant de passer à la production. C'est ainsi que nous voyons l'avenir. Avec l'auteur du projet et le constructeur des modules, nous avons utilisé la même plateforme, ce qui a assuré l'échange de l'ensemble des données. Cette méthode ne résoudra pas tous

les problèmes à l'avenir, mais elle simplifiera sans aucun doute certaines étapes de travail. L'équipe comprenait différents spécialistes et chacun a pu profiter de l'expertise des autres.

Comment avez-vous veillé à ce que les travaux de construction n'affectent pas le trafic sur l'autoroute et la ligne de tram ?

Cela a été planifié dès le départ avec les phases de construction du projet. Quatre des six voies devaient toujours être en service. Le déroulement des travaux a été le suivant :

- **2019** : déplacement des conduites techniques en dehors des fondations de la tranchée couverte.
- **2020** : deux voies par sens de circulation ont été déplacées vers l'extérieur, ce qui a formé au centre ce que l'on appelle un chantier en îlot. Cette phase a été la plus complexe d'un point de vue logistique, car le chantier était uniquement accessible depuis l'autoroute.
- **2021** : construction en béton côté nord
- **2022** : construction en béton côté sud
- **2023** : réalisation de la moitié de la tranchée couverte avec des travées en béton préfabriquées (tronçon Schörli)
- **2024** : finitions

Pour des raisons de sécurité, le chantier a systématiquement été séparé du trafic par des éléments en béton (modules provisoires de guidage du trafic). Des interventions isolées sur la chaussée ou dans le tunnel du tramway ont été réalisées de nuit à l'occasion de fermetures complètes.

Pouvez-vous nous en dire plus sur les défis logistiques liés au transport des lourdes travées en béton ?

Les travées ont été fabriquées sur deux sites de production. Les plus courtes des travées en béton préfabri-

Phases du chantier

Déplacement de conduites techniques / remplacement d'ancrages

Assainissement du tunnel de Schöneich

Ouvrage d'aération Tierspital

Centrale d'Aubugg

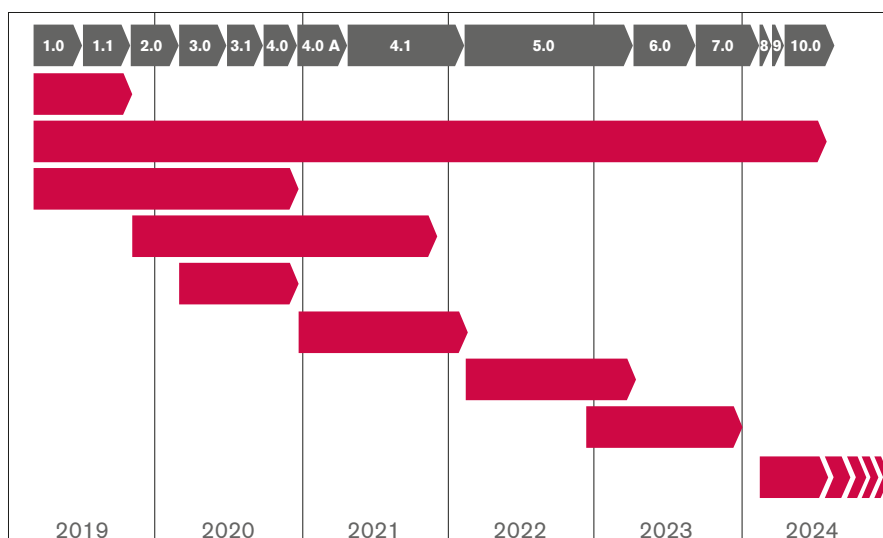
Gros œuvre de la tranchée couverte « Centre »

Gros œuvre de la tranchée couverte « Nord » (Oerlikon)

Gros œuvre de la tranchée couverte « Sud » (Schwamendingen)

Mise en place des travées de couverture

Travaux de finition / d'aménagement

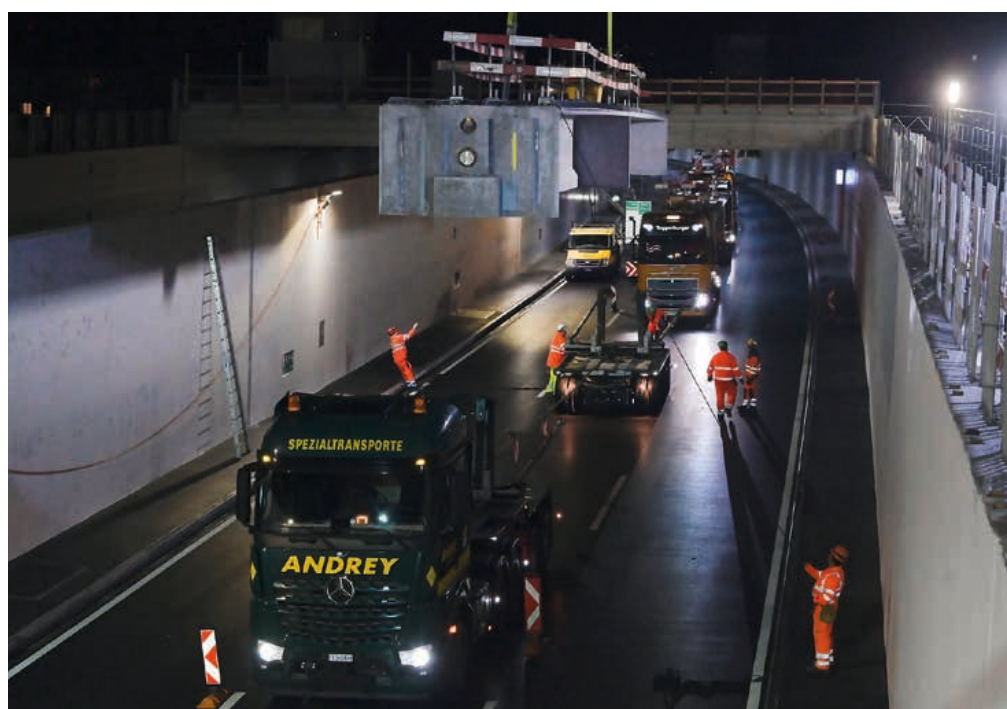


quées, destinées au secteur de Waldgarten, ont été fabriquées à Veltheim dans le canton d'Argovie et transportées sur le chantier en soirée. Grâce à leur moindre longueur et à leur faible poids (20 mètres / 37 tonnes), ces modules ont pu être livrés par des transports spéciaux habituels. Ce type d'équipements de transport étant largement répandu en Suisse, la logistique de ces 54 travées n'a pas posé problème. En revanche, les 178 travées provenant de Tavers, dans le canton de Fribourg, ont posé quelques défis de taille. Dès la phase de soumission, nous étions conscients qu'il n'existait que deux remorques de transport adaptées en Suisse. L'entreprise de transport a ensuite fait l'acquisition de deux remorques spéciales supplémentaires pour le transport des grandes travées (32 mètres / 70 tonnes). Le choix des itinéraires de transport, avec des critères pouvant varier d'un canton à l'autre, a constitué un autre défi. De plus, nous avons souvent dû emprunter des itinéraires alternatifs à cause de chantiers empêchant le passage. En raison des réglementations de police et de sécurité, deux véhicules d'accompagnement ont été requis par ensemble de transport spécial. Environ deux tiers des modules ont été transportés de jour et entreposés sur le site d'installation.

Petit incident : au cours de l'un de ces transports, le conducteur a été effrayé par un cycliste qui n'a pas respecté le feu rouge sur une intersection à Schwamendingen, si bien que la travée a percuté un mur de soutènement. L'aptitude à l'usage de la travée a été vérifiée, et une réparation a pu être menée à nos frais. Quant au cycliste, il n'a jamais demandé son reste. Environ un tiers des travées a été livré juste à temps, ce qui n'a pas engendré de problèmes particuliers. En résumé, je peux dire que les deux ans de planification minutieuse avec une équipe de spécialistes se sont avérés extrêmement précieux.



Le transport des travées spéciales (70 tonnes) sur le chantier par convoi exceptionnel a exigé du doigté et du professionnalisme de la part de tous les intervenants. Photo : leistungsfotografie.ch



Mission de transport accomplie : la travée spéciale en béton est ensuite mise en place au millimètre près par des spécialistes. Photo : leistungsfotografie.ch

Quelles technologies innovantes ont été utilisées pour ce projet et comment ont-elles influencé le processus de construction ?

La plus grande innovation a été la mise en œuvre du nouveau produit BFUP (béton fibré ultra-performant). Connu depuis une vingtaine d'années, le BFUP est utilisé depuis environ douze ans dans le secteur de la construction en Suisse. Dans le secteur du tunnel existant de Schöneich, pour des raisons de sécurité, de nouveaux chemins de câbles ont dû être posés, et la banquette a dû être remaniée par la même occasion. Le projet prévoyait de rogner et de fragiliser la structure existante du tunnel vieux de 40 ans. Le BFUP a permis de trouver une solution plus discrète et, grâce aux avantages techniques du matériau, ce dernier a pu être mis en place sans toucher à l'existant. En outre, divers éléments ont été préfabriqués en BFUP avant d'être installés sur le chantier (par exemple des caniveaux de drainage, des bordures, des siphons, des gaines électriques).

Quels aspects environnementaux ont été pris en compte lors de la planification et de la mise en œuvre du projet ?

Des contrôles mensuels ont été menés par le service de suivi environnemental. Les différentes vérifications effectuées à cette occasion portaient notamment sur les aspects suivants :

- **Qualité de l'air** : contrôle des filtres à particules sur les machines de chantier et mesures de lutte contre la poussière.
- **Émissions sonores** : un suivi des émissions a été mené. Sept points de mesure ont assuré une surveillance permanente du chantier. L'objectif était de ne pas dépasser un niveau sonore de 85 dB.
- **Vibrations** : un monitoring a été mis en place pour surveiller 24 heures sur 24 les vibrations dans le tunnel de tramway situé en dessous.
- **Gestion des déchets et des matériaux** : collecte sélective des matériaux d'excavation pollués et étiquetage correct des stockages intermédiaires.
- **Eaux souterraines et drainage** : stockage correct des substances dangereuses pour l'eau et concepts de drainage pour l'élimination correcte des eaux souterraines et des eaux de béton.
- **Sol** : élimination correcte des matériaux pollués du sol.
- **Flore et faune** : lutte contre les plantes exotiques, également appelées néophytes.

Comment la progression des travaux a-t-elle été surveillée et gérée durant l'intensive phase de construction qui a mobilisé jusqu'à 185 personnes sur le chantier ?

Comme mentionné précédemment, nous avons surmonté ce chantier en équipe. L'ensemble du chantier a été divisé en huit à dix tronçons. Pour chaque tronçon, un chef de chantier était responsable des travaux quotidiens et devait également me communiquer la planification du per-

sonnel de manière centralisée. L'ensemble de l'organisation a été coordonné et piloté par la cheffe de chantier, c'est-à-dire moi-même.

L'organisation du projet s'est distinguée par une structure d'encadrement peu hiérarchisée, ce qui a favorisé la proximité et facilité la communication. J'étais responsable de l'ensemble de l'exécution et du respect des délais, tandis que les chefs de chantier étaient responsables de la réalisation effective des différents ouvrages ou tronçons, ainsi que de l'équipe productive comprenant le contre-maître et le personnel de production. Notre devise a toujours été d'avoir le moins d'interfaces possible. L'un des grands facteurs de réussite a été de garder les mêmes cadres sur le chantier du début à la fin. Toute l'équipe a « vécu » dans des baraquements durant ces six années : les cadres y avaient leur bureau, tandis que le personnel de production utilisait les vestiaires et la cantine. Les quelque 185 collaboratrices et collaborateurs étaient basés au même endroit. Une communication rapide et efficace était importante pour tous, de sorte que chacun puisse partager ses idées de façon directe, claire et compréhensible.

Si l'équipe était initialement composée d'une somme d'individualités, elle s'est rapidement transformée en une entité soudée, au sein de laquelle tout le monde a œuvré dans la même direction. Avec une telle équipe, on peut remporter tous les concours.

Pour conclure, quels enseignements tirés de ce projet pourraient être utiles pour de futurs projets de construction ?

On peut essentiellement retenir trois grands enseignements :

- **Stabilité du personnel** : dans la mesure du possible, il convient d'éviter les changements de personnel.
- **Travail d'équipe** : ensemble, on est plus fort, voire imbattable.
- **Tolérance et respect** : transmettre le plaisir du travail et traiter chaque collaborateur comme on aimerait être traité.

Merci beaucoup pour cet entretien !



Le soir du 15 juin 2023, les derniers modules de couverture ont été installés avec succès. Photo : Werner Aebi

Groupement d'intérêts des routes en béton

cemsuisse

Association suisse de l'industrie du ciment
Marktgasse 53
3011 Berne
Téléphone 031 327 97 97
info@cemsuisse.ch
www.cemsuisse.ch

Ebicon AG

Breitloostrasse 7
8154 Oberglatt
Téléphone 043 411 28 20
info@ebicon.ch
www.ebicon.ch

Grisoni-Zaugg SA

ZI Planchy
Case postale 2162
1630 Bulle 2
Téléphone 026 913 12 55
info@grisoni-zaugg.ch
www.groupe-grisoni.ch

Holcim (Schweiz) AG

Hagenholzstrasse 83
8050 Zürich
Téléphone 058 850 68 68
betonstrassen@holcim.com
www.holcim.ch

Holcim (Suisse) SA

1312 Eclépens
Téléphone 058 850 92 14
chausseebeton@holcim.com
www.holcim.ch

Implenia Suisse SA

Thurgauerstrasse 101A,
8152 Glattpark (Opfikon)
Téléphone 058 474 75 00
marketing@implenia.com
www.implenia.com

JuraCementFabriken AG

Talstrasse 13
5103 Wildegg
Téléphone 062 887 76 66
info@juracement.ch
www.juracement.ch

Juracime SA

Fabrique de ciment
2087 Cornaux
Téléphone 032 758 02 02
info@juracime.ch
www.juracement.ch

KIBAG Bauleistungen AG

Construction de routes et travaux publics
Müllheimerstrasse 4
8554 Müllheim-Wigoltingen
Téléphone 058 387 28 18
r.baumann@kibag.ch
www.kibag.ch

Müller Engineering GmbH

Conseil et expertise pour les surfaces de circulation en béton
Kirchstrasse 25
8564 Wäldi TG
Téléphone 079 247 82 49
gm@muller-engineering.ch
www.müller-engineering.ch

PCI Bauprodukte AG

Im Schachen, 5113 Holderbank
Téléphone 058 958 22 44
info-as.ch@mbcc-group.com
www.master-builders-solutions.ch

Sika Suisse SA

Tüffenwies 16, 8048 Zurich
Téléphone 058 436 40 40
hirschi.thomas@ch.sika.com
www.sika.ch

Specogna Bau AG

Steinackerstrasse 55, 8302 Kloten
Téléphone 044 800 10 60
info@specogna-bau.ch
www.specogna-bau.ch

Synaxis AG Zürich

Thurgauerstrasse 56, 8050 Zürich
Téléphone 044 316 67 86
c.bianchi@synaxis.ch
www.synaxis.ch

Toggenburger AG

Schlossackerstrasse 20
Case postale 3019, 8404 Winterthur
Téléphone 052 244 13 03
info@toggenburger.ch
www.toggenburger.ch

Ciments Vigier SA

Zone industrielle Rondchâtel, 2603 Péry
Téléphone 032 485 03 00
info@vigier-ciment.ch
www.vigier-ciment.ch

Walo Bertschinger SA

Case postale 1155, 8021 Zurich
Téléphone 044 745 23 11
www.walo.ch

Envoyé par:

BETONSUISSE



BETONSUISSE Marketing AG

Marktgasse 53, 3011 Berne
Téléphone +41 (0)31 327 97 87, fax +41 (0)31 327 97 70
info@betonsuisse.ch, www.betonsuisse.ch

InformationsZentrum Beton GmbH

Toulouser Allee 71, 40476 Düsseldorf
Téléphone +49 (0)211 28048-1, fax +49 (0)211 28048-320
izb@beton.org, www.beton.org

Zement und Beton InformationsGmbH

Franz-Grill-Straße 9, 1030 Vienne
Téléphone +43 (0) 1 714 66 85-0
zement@zement.at, www.zement.at