



Informations actuelles sur les routes en béton
et l'infrastructure routière | Édition juillet 2016

update 45

Restructuration durable du Zinserdreieck à Tübingen

En restructurant le Zinserdreieck en 2015-2016, la ville de Tübingen a voulu créer un espace urbain agréable à vivre qui inclut un croisement non conflictuel. Le choix du matériau a joué ici un rôle déterminant: la sollicitation importante liée au passage très fréquent des bus exigeait un revêtement routier durable. C'est pourquoi les concepteurs responsables du projet ont opté pour le béton du fait de sa grande résistance. Le revêtement en béton sombre a été teinté dans la masse par incorporation de granulats sombres et ajout de pigments noirs.

Restructuration durable du Zinserdreieck à Tübingen

Alexander Grünewald, ing. dipl., InformationsZentrum Beton GmbH, Ostfildern

Introduction

Le projet urbain de réaménagement du Zinserdreieck à Tübingen a été développé en 2015-2016 avec l'ambition de réaliser un nœud de circulation non conflictuel. Cet espace devait être transformé de manière à conserver sa vocation actuelle de voie de circulation, mais aussi lancer, comme souhaité, sa revitalisation en tant que place aménagée pour les citoyens. Un référendum et l'organisation d'une «table ronde» ont permis de prendre en compte les souhaits et les besoins des habitants et des commerçants locaux. La conception de ce projet repose sur les objectifs formulés à cette occasion par les participants, des objectifs qui visent à aménager ce quartier et à en faire un lieu empreint d'une certaine qualité de vie.

Début de la planification en 2011

Les raisons qui ont motivé le réaménagement ou plutôt le remodelage du carrefour Zinserdreieck sont des déficits fonctionnels liés à un trafic très élevé (14 000 véhicules), à des voies piétonnes assez dangereuses ainsi qu'à une gestion inacceptable du trafic cycliste (8 à 10 000 cyclistes). Les lieux devraient également connaître un gain qualitatif, le but affiché étant un accroissement de la qualité de la zone de séjour, la rénovation des bâtiments et des façades et un accroissement de la qualité de l'habitat.

Ces objectifs définis en concertation avec toutes les parties impliquées lors de la «table ronde» se déclinent ainsi:

- Réduction du trafic individuel motorisé (TIM)
- Zone limitée à 30 km/h
- Aménagement durable de la place
- Places de stationnement de courte durée
- Végétalisation
- Gestion claire et non conflictuelle du trafic
- Création d'espaces naturels et aménagés sur la place
- Priorité donnée aux bus urbains
- Traversée facilitée
- Voies de circulation en partie très résistantes aux sollicitations
- Concept de «shared space», co-utilisation de l'espace public
- Concept d'éclairage

Il s'agissait de créer un lieu en milieu urbain qui place l'homme et la nature au premier plan sans exclure la mobilité si essentielle de nos jours.

Mise en œuvre de la planification en 2014

Les services Planification des transports, Urbanisme et Travaux publics de la ville de Tübingen ont coordonné et piloté ce projet et lancé un appel d'offres afin de donner forme à des souhaits d'aménagement définis en large comité. Ils ont ensuite confié le projet au bureau d'architectes-paysagistes Breimann & Bruun GmbH & Co. KG.

Toutes les propositions et tous les objectifs ainsi que la prise en compte des intérêts économiques se sont focalisés sur un point, la concrétisation de la demande approuvée GVFG («Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz»: loi sur les aides financières de l'État fédéral pour l'amélioration des conditions de transport des communes). L'objectif est ici de privilégier les transports urbains par bus et de faire accepter progressivement le report sur le réseau de transports publics. La circulation des bus urbains doit, de plus, être réorganisée, ce qui devrait permettre de rendre ce mode de locomotion plus rapide et de résoudre le problème de la circulation en sens inverse techniquement défavorable du fait de l'exiguïté de la

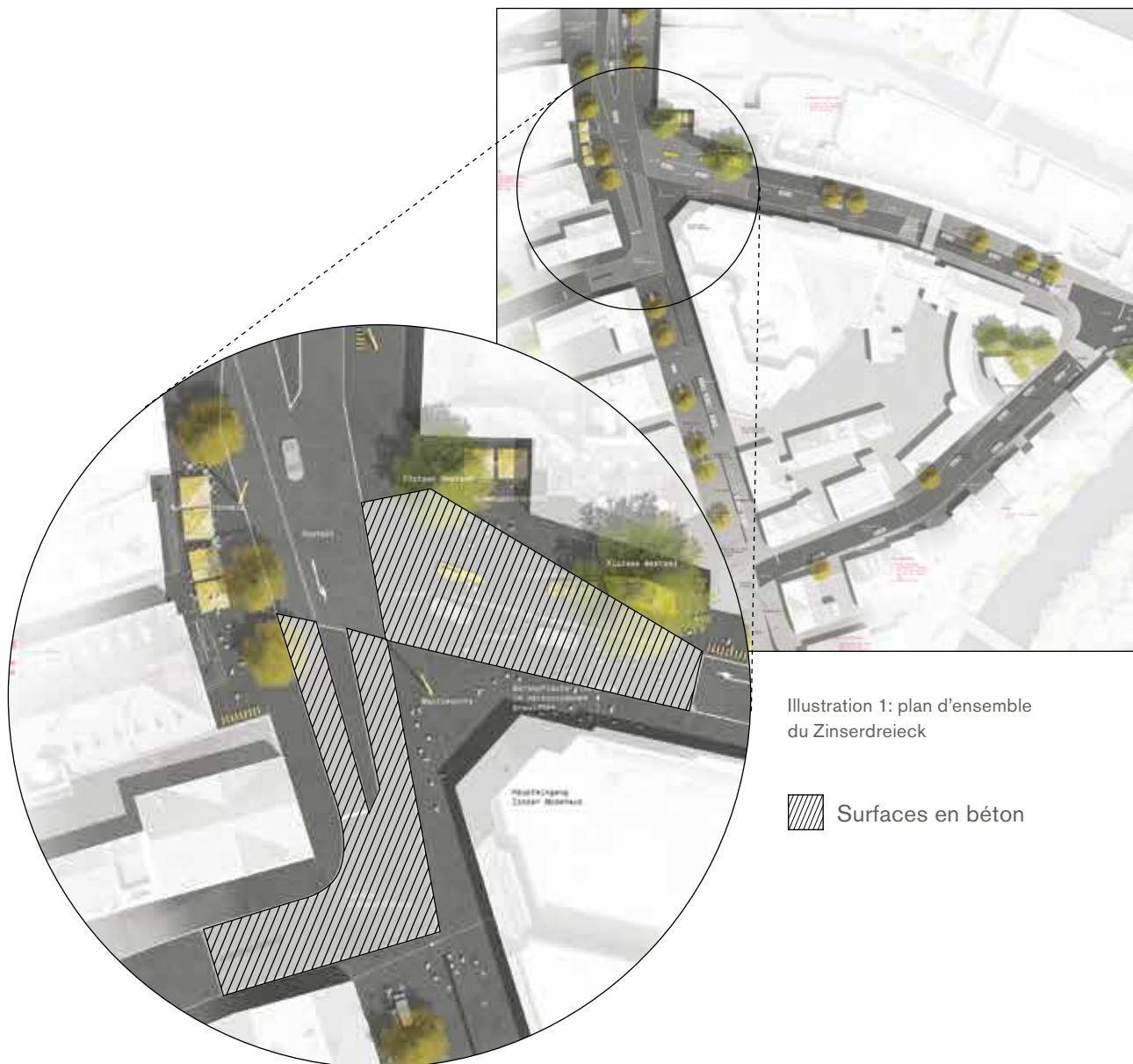


Illustration 1: plan d'ensemble du Zinserdreieck

 Surfaces en béton

chaussée. En raison de la charge des véhicules, la circulation élevée des bus sur une voie engendre des efforts normaux et des efforts de cisaillement. Un revêtement routier durable et résistant est alors nécessaire. Les concepteurs responsables du projet ont par conséquent opté pour le béton. Toutes les parties impliquées ont en prime déjà reconnu que le béton permet aussi de laisser libre cours à des idées créatives en matière de forme et de couleur.

Les autres projets concrets de réalisation comportent également la création d'un nœud de circulation non conflictuel où se croisent, sans système de

signalisation lumineuse bien visible, piétons, véhicules, vélos et bus. La réduction de la vitesse automobile à 30 km/h au maximum et la création d'un «shared space», objectif principal, où usagers de la vie et usagers des transports sont traités sur un pied d'égalité, apportent à ce concept calme et sérénité.

Tübingen est une ville étudiante, une caractéristique qui laisse augurer, à l'avenir également, une part élevée de cyclistes dans les rues. Il est par conséquent nécessaire de prévoir une piste cyclable spécifique.

Planification de l'exécution

En collaboration avec le bureau d'architectes-paysagistes mentionné plus haut, le bureau d'ingénieurs Breinlinger Ingenieure Hoch- und Tiefbau GmbH a planifié l'exécution et établi aussi le cahier des charges. Pour les questions techniques concernant le matériau même, le béton, mais aussi les dispositions constructives spéciales du revêtement, Breinlinger Ingenieure a contacté le centre d'information du béton à Ostfildern (anciennement Beton Marketing Süd), qui a assisté le bureau de ses conseils et suivi le projet.

Conception du revêtement routier

Afin de répondre aux exigences techniques et constructives de la planification, le réaménagement du Zinserdreieck décline quatre revêtements différents.



Illustration 2: infrastructure (couche de base en asphalte)



Illustration 3: trois revêtements différents

Variantes prévues pour la couche de roulement:

- Asphalte pour la route conventionnelle et le reste de la zone
- Pavés de béton principalement pour l'aménagement
- Couche de roulement semi-rigide pour l'aménagement et portance secondaire
- Béton en raison des exigences élevées de portance, de la durabilité et de l'aménagement

Structure de la chaussée (classe de sollicitation Bk 32)

Composition de l'infrastructure et de la couche de roulement, avec tout d'abord une couche antigel, une couche de fondation en grave, une couche de base en asphalte et une couche de roulement (variantes).

Le défi particulier a été ici de remplir et stabiliser les cavités existantes dans le sol de fondation. Cette opération s'est avérée nécessaire pour égaliser le terrain, découvert sous le niveau initial (GOK), d'un vieux pont du XIX^e siècle après son démontage. Les cavités ont été remplies par un sol dit «liquide», un mélange fluide de ciment, de sable, de cendres volantes et d'eau présentant les valeurs de résistance d'un sol naturel et compacté.

Réalisation de la couche de roulement

Éléments en béton (pavés): mise en place d'un tracé de couleur, du clair au sombre, puis tirant de nouveau vers une teinte claire. Cet effet est rendu possible par la pose ciblée de pavés de béton clairs et sombres.

Couche de roulement semi-rigide: mise en œuvre de sections «claires/sombres» grâce à la variation des granulats dans le squelette de l'asphalte et ciment-mortier de remplissage teinté dans la masse en anthracite ou blanc. Délimitation par des joints des sections «claires/sombres».

Revêtement en béton: mise en œuvre du béton de revêtement sombre par incorporation de granulats sombres (basalte noir) et ajout de pigments noirs pour le teinter.

En principe, la sélection de matériaux destinés à la structure du revêtement doit prendre en considération les exigences d'aménagement. Prévu et coulé sur les surfaces de circulation très fréquentées (passage des bus urbains dans la zone du croisement ainsi que desserte de la gare omnibus centrale), ce béton constitue ici une exception.



Illustration 4: surface d'essai



Illustration 5: joint de retrait avec saignée et fissuration planifiée

Exécution des travaux

La description de l'exécution se référera ici essentiellement aux surfaces partielles à bétonner. Il est possible de lire dans différentes publications (dont update) des descriptions d'exécution avérées et bien documentées portant sur la technique de construction en pavés de béton ou sur les couches de roulement semi-rigides.

Avant le début des opérations effectives de construction des surfaces en béton, une surface d'essai, intégrée dans le cahier des charges, a été mise en place en périphérie de Tübingen. Elle a donné des résultats importants en matière de:

- Qualité du béton (selon ZTV-Beton STb 07)
- Aptitude de mise en œuvre du béton (consistance)
- Quantité de pigments noirs (phénomène de coloration)
- Teneur en air occlus (interagissant avec les pigments colorés)
- Coordination entre la livraison et la mise en œuvre
- Technique de mise en place (manuelle au moyen d'une poutre vibrante)
- Cure du béton
- Traitement de la surface du béton (bouchardage)
- Échantillonnage

Après la mise en place de la plateforme formée d'une couche antigel, d'une couche de fondation en grave et d'une couche de base en asphalte – cette dernière au moyen d'une finisseuse –, le revêtement de béton monocouche a pu alors être appliqué sur l'asphalte à la cote exacte. La société Sengel Bau GmbH, entreprise exécutante (sous-traitance), a été chargée de l'ouvrage.

Pour la mise en place du revêtement en béton, on a choisi comme principe de statique et de construction la segmentation par dalles présentant des épaisseurs conformes au RStO 12 (classe de sollicitation Bk 32, épaisseur: 26 cm). Contrairement à une réalisation avec armatures à béton, ici, les «joints de retrait» prennent en charge la relaxation du béton. Ils préviennent ainsi l'apparition brutale de fissures de retrait. Ces dernières sont amorcées de manière ciblée dans les joints posés à intervalles d'env. 5 m. Une armature en treillis soudé peut également être utilisée

pour prévenir toute variation de résistance du sol du fait de sa stabilisation non programmée.

Une concertation entre le mandant et le mandataire est exigée dès la phase de soumission pour l'élaboration du plan de calepinage (joints de retrait, de dilatation et de construction). La disposition des joints obéit à des aspects techniques et d'aménagement. Les deux parties ont eu parfois du mal à se mettre d'accord, mais une communication patiente, associée à un savoir-faire dans la planification et l'exécution technique, a permis d'aboutir à une solution acceptable.

La mise en place du béton teinté correspond principalement à la construction générale des surfaces en béton, à cette différence près qu'ici, c'est un béton routier qui a été commandé, livré et mis en œuvre avec une finition de surface. Autrement dit, un béton à air occlus qui est nivelé, égalisé et compacté manuellement ou mécaniquement à l'aide d'une poutre vibrante. La finition XM2 exigée en sus a, pour ce projet, été réalisée mécaniquement.

Le béton monocouche teinté dans la masse de pigments noirs a été mis en place en quatre temps (béton de chantier fourni par la société Wenzelburger GmbH). Le système de goujons et d'ancrages courant pour les travaux routiers afin de raccorder les segments de dalles divisés par des joints de retrait, de dilatation ou de construction a été utilisé ici aussi. Le béton commandé et mis en place a ainsi été adapté sur la base ou en référence aux règlements de la construction des routes en Allemagne (Société de recherche pour les routes et la circulation routières FGSV) relatifs au dimensionnement du profil de route et aux exigences technologiques relatives au béton (ZTV Stb 07, TL-Beton).

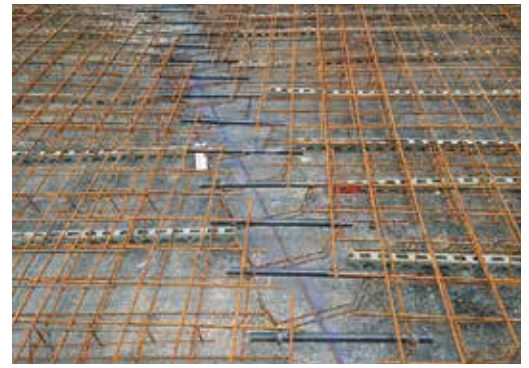


Illustration 6: goujons insérés dans un joint transversal



Illustration 7: ancrage

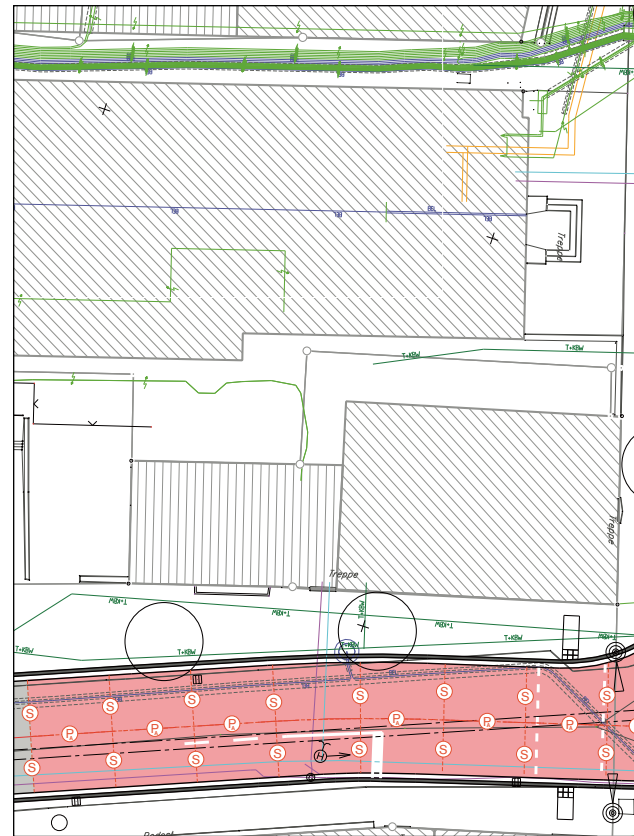


Illustration 11: plan de calepinage



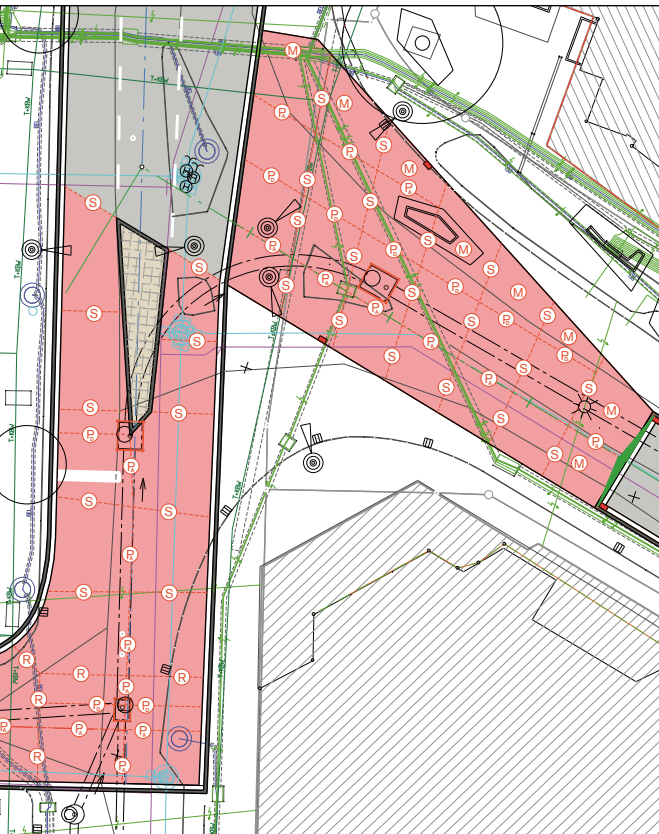
Illustration 8: bétonnage



Illustration 9: bétonnage



Illustration 10: recouvrement des surfaces bétonnées par un film (cure)



Surfaces en béton

Joints

----- Joints selon ZTV-Fug Stb, ZTV-Beton Stb

- Ⓢ Joints de retrait
- Ⓡ Joints de dilatation
- Ⓟ Joints de construction ancrés
- Ⓠ Joints de construction goujonnés
- Ⓜ Dalles armées requises $A_s \geq 6 \text{ kg/m}^2$

| Formulation du béton | |
|---------------------------|--|
| Béton | C30 / 37 XF4, XM2, XD3, XC4 |
| Consistance | F2 |
| Ciment CEM I 42,5N | 370 kg / m ³ ; Na ₂ O équivalent < 0,8 |
| Rapport eau/ciment | 0,42 |
| Granulats | Sable du Rhin 0 / 2, (< 30 %) Basalte 5 / 8 , 8 / 16 |
| Adjuvant fluidifiant | env. 1 % de ciment kg |
| Adjuvant entraîneur d'air | env. 0,4 % de ciment kg |
| Adjuvant entraîneur d'air | env. 6 % de ciment kg |

Formulation du béton, basée sur les directives ZTV Stb 07 (exigences techniques contractuelles additionnelles pour la construction des routes)

Le manque d'espace et la formulation sensible du béton, que l'on ne peut que difficilement pomper (voir consistance F2, teneur en pores d'air et béton de gravillons), ont incité l'entreprise exécutante à opter pour un transport du béton par goulotte ou convoyeur. Ce fut un choix judicieux. À la vue du béton noir, les passants curieux de Tübingen ont tout de suite prononcé le mot «asphalte» sans, bien entendu, connaître les qualités inhérentes à ce béton, comme l'absence de température élevée du matériau pendant la pose, une bonne durabilité et toutes ses potentialités créatives.

La cure du béton a fait l'objet d'une attention particulière. L'application d'un produit de cure («film par aspersion» en surface) et la pose d'un film plastique garantissent qu'après le traitement, le béton de revêtement soit durable et conforme aux directives. Le produit de cure a été appliqué immédiatement après le bétonnage, c'est-à-dire directement après l'aplanissement et le nivellement du béton frais au moyen de la poutre vibrante. Une opération supplémentaire spécifique, consistant à recouvrir d'un film les surfaces bétonnées, a été réalisée avant et après le traitement mécanique de la surface (bouchardage). Cette cure a duré dix jours sans pour autant retarder l'avancée des travaux.

Pour la classe d'exposition XM2 telle que définie en Allemagne, une finition mécanique de la surface est à prévoir. Le but est de réduire le pourcentage de fines enrichies à la surface du béton, de renforcer sa compaction et d'améliorer sa qualité (rapport eau/ciment) si elle s'est éventuellement dégradée du fait d'un «ressuage». Il est possible d'effectuer ce traitement de surface en appliquant p. ex. la technique du coup de balai, celle du béton lavé, un léger lissage mécanique (attention en cas de béton à entraîneur d'air classe XF4) ou un surfaçage mécanique a posteriori comme

la rectification, le grenailage ou le polissage sur béton durci.

Lors du traitement/l'aménagement surfacique des zones en béton du Zinserdreieck, un procédé mécanique assez rare, le bouchardage, a été mis en œuvre.

Le bouchardage commencé au tout début du processus d'hydratation a été réalisé par l'entreprise sous-traitante Firma Falkenstein GmbH avec précision, homogénéité et en tenant compte des tolérances de planéité selon DIN 1802, tableau 3, ligne 3.

Légèrement endommagés par ce procédé, les bords des joints de retrait sciés au préalable n'ont eu aucun impact étant donné que le fraisage des saignées effectué ensuite pour briser les bords (45°) achève correctement les ouvertures de joints d'un point de vue technique.

Le garnissage ultérieur des joints par un matériau appliqué à chaud est basé sur les normes allemandes FGSV ZTV Fug Stb 01 et ses spécifications complémentaires TL/TP Fug Stb 07.

Détail: joints, goujons, ancrages

Comme mentionné, la disposition et le schéma des joints et du tracé devaient d'abord satisfaire les attentes en matière d'aménagement. La faisabilité technologique, constructive et technique est ainsi restée au début au second plan. Le plan de calepinage devait délimiter les deux voies par un marquage de ligne et se déployer en rayons, en direction de l'intersection. Techniquement, les joints devaient également respecter les phases de construction et de bétonnage et délimiter des segments de dalles de 5 m x 5 m maximum. La pente de 2,5 % ajustée sur le plan tout juste avant l'exécution des travaux a été l'un des autres critères à observer lors du jointoyage. Les joints (joints de retrait, de dilatation et de construction) sont eux goujonnés (reprise des efforts tranchants) et ancrés (effort tranchant, effort normal et reprise de moments). Le positionnement des goujons mérite ici d'être relevé: ils doivent être posés non pas nécessairement à la perpendiculaire des joints, mais parallèlement à l'orientation longitudinale prévue des éléments de la surface (sens du coulisement) (voir illustration 6).

Grâce à une bonne coordination, tous les travaux de bétonnage se sont déroulés sans problèmes. De la fabrication dans l'usine de béton avec autocontrôle au transport et à la mise en place, suivie du curage et de la finition de surface, le projet Zinserdreieck a été in situ une belle réussite.



Illustration 12: machine à boucharder



Illustration 13: surface de béton «bouchardée»

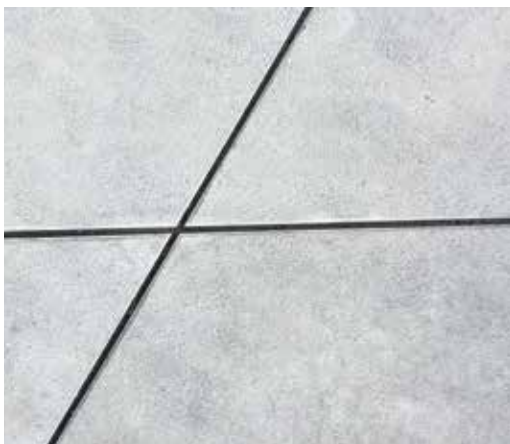


Illustration 14: revêtement en béton achevé avec joints

Synthèse

L'objectif de la municipalité de Tübingen était de redéfinir et de créer un espace urbain agréable à vivre, doté d'un carrefour non conflictuel. Le matériau de construction, en l'occurrence le béton, a joué un rôle déterminant. La municipalité s'est également focalisée sur l'amélioration de la vitesse des bus urbains, la revalorisation des logements, l'accroissement de l'attractivité du site ainsi que sur la durabilité souhaitée tant pour le cadre de vie urbain que lors de l'étude des matériaux utilisés. Cet objectif a été pleinement atteint. Les habitants de Tübingen ont adopté la zone du «Zinsendreieck» et ont accepté plus facilement la rénovation des biens-fonds. C'est une bien belle chose que de voir tous les usagers aborder de manière détendue et sans risque ce carrefour frénétique et à peine réglementé sur le plan technique.

Le Zinserdreieck: comparaison avant-après

Les piétons, les véhicules,
les vélos et les bus se croisent
sans entrer en conflit.

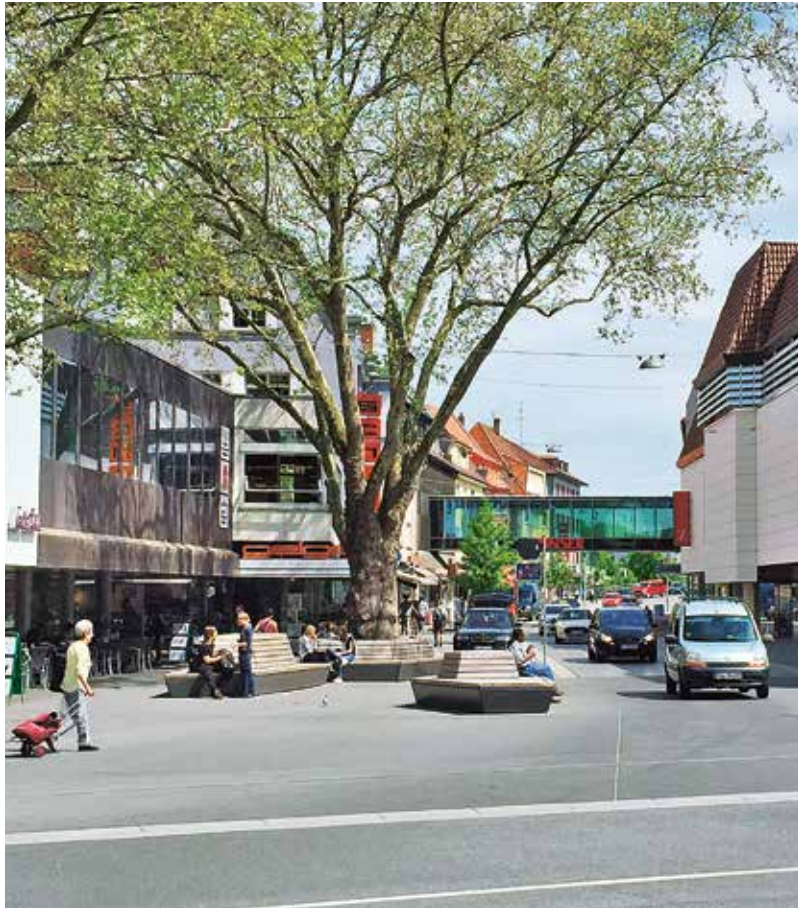


Les différentes voies qui
gênaient la circulation et les
riverains ont été supprimées.





Un espace urbain agréable à vivre a été créé.



Données du projet

Adresse

Zinserdreieck; 72070 Tübingen,
Bade-Wurtemberg

Maître d'ouvrage

Ville de Tübingen – directions et services:
Planification des transports:
Madame Karin Meyer,
Urbanisme: Monsieur Andreas Vögele,
Travaux publics: Monsieur Ehmann,
Monsieur Flaischer

Planification

Ville de Tübingen
Landschaftsarchitekten Breimann & Bruun
GmbH & Co. KG
(Hambourg)

Planification sectorielle

Breinlinger Ingenieure Hoch- und Tiefbau
GmbH (Tuttlingen)

Suivi de projet

InformationsZentrum Beton GmbH
(Ostfildern)

Entreprise de construction

J. Friedrich Storz Bauunternehmung GmbH
& Co. KG (Tuttlingen)
Sengel Bau GmbH (Aach)

Fourniture de béton

Wenzelburger Transportbetonwerk GmbH
& Co. KG (Neckartailfingen)

Photos/matériel iconographique

Ville de Tübingen, A. Grünwald

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 Zurich
Téléphone 058 850 68 68
betonstrassen@holcim.com
www.holcim.ch

Holcim (Suisse) SA
1312 Eclépens
Téléphone 058 850 92 14
chauseebeton@holcim.com
www.holcim.ch

Implenia Schweiz AG
Binzmühlestrasse 11, 8050 Zurich
Téléphone 058 474 75 00
daniel.hardegger@implenia.com
www.implenia.com

Jura-Cement-Fabriken 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
Strassen- und Tiefbau
Müllheimerstrasse 4
8554 Müllheim-Wigoltingen
Téléphone 052 762 61 11
p.althaus@kibag.ch
www.kibag.ch

Müller Engineering GmbH
Beratung und Expertisen
für Verkehrsflächen in Beton
Kirchstrasse 25, 8564 Wäldi/TG
Téléphone 079 247 82 49
gm@müller-engineering.ch
www.müller-engineering.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 Zurich
Téléphone 044 316 67 86
c.bianchi@synaxis.ch
www.synaxis.ch

Toggenburger AG
Schlossackerstrasse 20
Postfach 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 Zürich AG
Postfach 1155, 8021 Zurich
Téléphone 044 745 23 11
kurt.glanzmann@walo.ch
www.walo.ch

BETONSUISSE



BETONSUISSE Marketing AG
Marktgasse 53, CH-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
Steinhof 39, D-40699 Erkrath
Téléphone +49 (0)211 28048-1, fax +49 (0)211 28048-320
erkrath@beton.org, www.beton.org

Verein Betonmarketing Österreich
Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H.
Reisnerstraße 53, A-1030 Vienne
Téléphone +43 (0) 1 714 66 85-0
zement@zement-beton.co.at, www.zement.at