



Informations actuelles sur les routes en béton et l'infrastructure routière
Édition janvier 2021

update 59

Gare routière centrale de Singen

Nœud routier d'importance, la gare routière centrale de Singen avait besoin de moderniser ses constructions, sa technologie de circulation et ses aménagements. Les instances responsables se sont décidées en faveur du béton, puisqu'il garantit une longévité minimale de 30 ans. La chaussée en béton a été réalisée en dalles segmentées non armées. Aujourd'hui rénovée, la gare routière est un exemple intelligent et durable d'utilisation du béton dans la construction moderne de chaussées.

Gare routière centrale de Singen

Alexander Grünewald, ingénieur de projet dipl., Ostfildern, Allemagne
Pr Andreas Großmann, Dr ing., École supérieure HTWG de Constance,
spécialiste des transports et de l'aménagement territorial, Allemagne
Gert Müller, ing. dipl. (HES), Müller Engineering GmbH, Wäldi, Suisse

Introduction

La gare routière centrale de Singen est l'une des haltes les plus importantes du réseau de transport péribain de Singen, qu'elle connecte au réseau régional et longue distance de la région du lac de Constance. Pour la hisser au niveau d'un nœud de trafic longue distance, la ville de Singen avait particulièrement à cœur de moderniser les constructions, la technologie de circulation et les aménagements de la gare routière, située devant la gare ferroviaire. La gare routière est desservie par l'ensemble des lignes de bus urbaines. Différentes lignes régionales effectuent la liaison avec les environs de Singen. Des trains partent plusieurs fois par jour de la gare ferroviaire en direction d'Offenbourg, de Constance, de Stuttgart, de Schaffhouse et de Friedrichshafen. Les liaisons vers ces destinations sont assurées sans correspondance.

Dans son ancienne version, la gare routière présentait des restrictions dans l'aménagement des horaires, dans la faisabilité des liaisons à distance tout comme dans l'offre de transports urbains. Les réserves et la flexibilité brillaient par leur absence. De minimes perturbations opérationnelles, mais aussi des surcharges aux heures de pointe entraînaient de sérieuses limitations dans les transports publics de courte distance.

La gare routière centrale de Singen modernisée et agrandie peut être considérée comme un exemple positif d'utilisation durable du béton dans la construction de routes communales.

Une restructuration s'imposait. Les nouveaux arrêts ont été aménagés pour être accessibles aux personnes handicapées. L'implantation courante en dents de scie a été majoritairement choisie pour laisser les bus et les cars entrer et sortir des arrêts de manière indépendante (la

manœuvre peut se faire en oblique depuis la rue). Deux carrefours à sens giratoire aux entrées et sorties de la gare routière permettent l'arrivée et le départ des bus dans toutes les directions et accélèrent le trafic professionnel et personnel devant la gare ferroviaire.

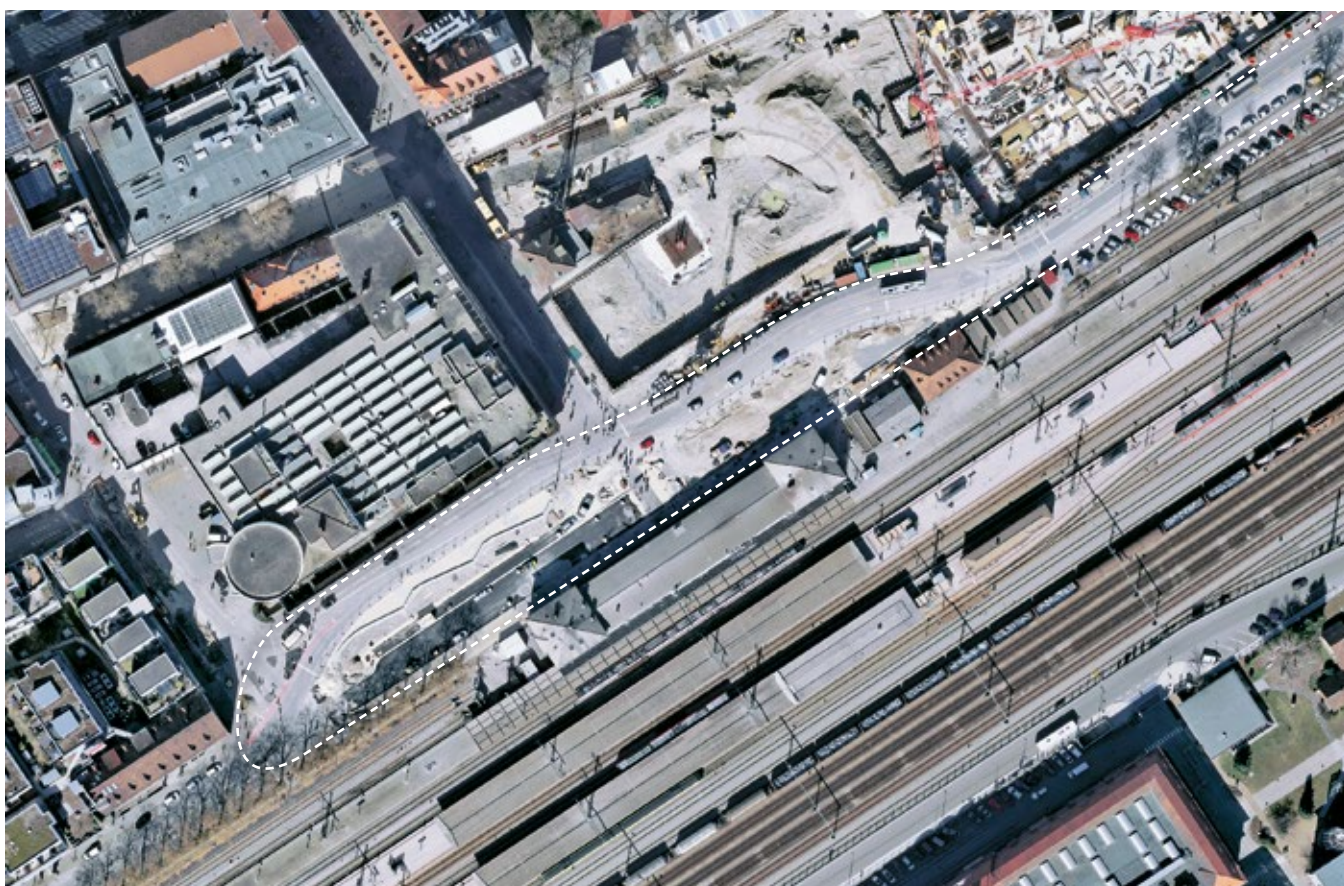
En mai 2015, le bureau Rapp Regioplan GmbH, sis à Constance, a été chargé de la planification générale de la gare routière. Un bureau (d'architecture) externe devait être mandaté pour les aspects d'aménagement de l'avant-projet et de l'exécution (toit des quais de bus, équipement de ces mêmes quais, éclairage et végétalisation). Quatre bureaux d'études réunis à l'occasion d'un atelier ont développé leurs idées, qui ont été soumises à discussion et vérifiées. Après le feu vert du conseil municipal de Singen, la planification de l'avant-projet et de l'exécution des installations extérieures a été confiée aux architectes paysagistes de faktorgrün (Fribourg-en-Brisgau).

Afin de renforcer l'implantation centrale de la gare de Singen, la place présente une belle homogénéité de matériaux. Dans les zones de trafic motorisé, les voies de circulation ont été réalisées dans un « béton coulé durable » et les aires piétonnières délimitées par des pavés de béton de couleur claire très esthétiques.

La ville de Singen était jusqu'ici peu rompue à la construction de routes en béton. Pour les responsables Ekkehard Sigg, chef du service, et son adjoint Michael Spreitzer, directeur de chantier, les avantages de la construction en béton résident principalement dans sa durée d'utilisation nettement plus longue, sa résistance élevée et les possibilités d'aménagement.



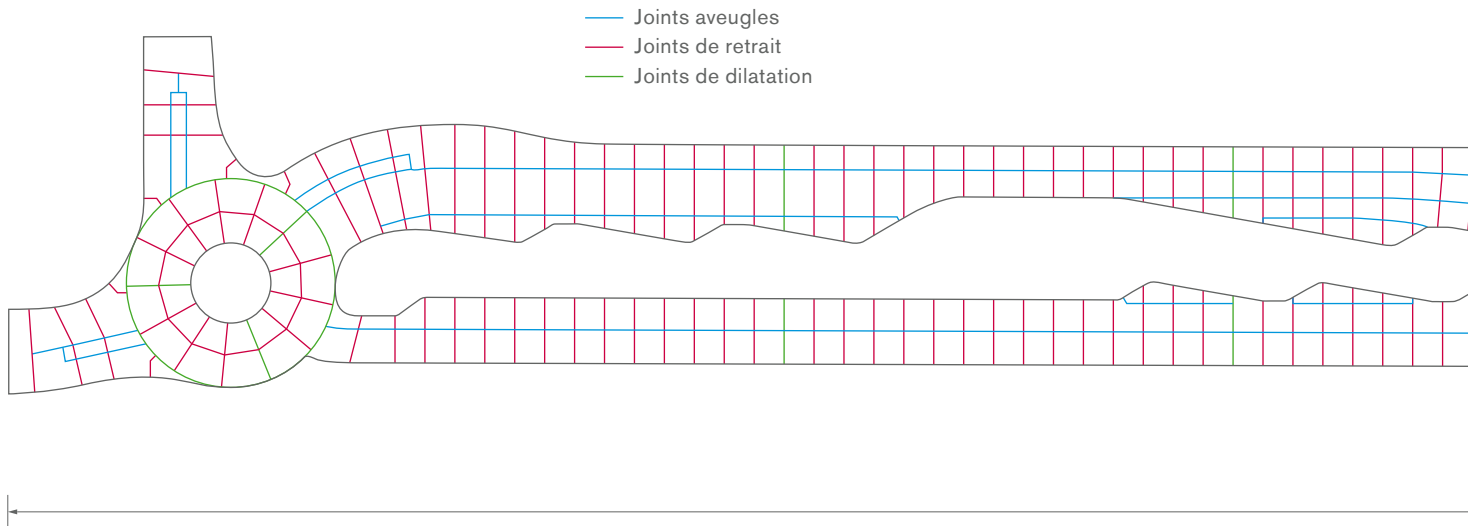
Gare routière centrale de Singen : vue aérienne avant le réaménagement



Vue aérienne pendant le réaménagement

Pointillés : type de construction, y c. gare routière centrale, pour lequel le béton a été utilisé comme revêtement.

Plan des joints (croquis, représentation grossière)



Planification générale

La planification générale de l'exécution a été confiée au bureau Rapp Regioplan GmbH (filiale de Constance). Les conseillers municipaux de Singen ont décidé à l'unanimité de l'attribution de marché au vu des plans de l'avant-projet, qui allaient dans le sens d'une solution durable et performante en termes d'infrastructures de trafic. Un savoir-faire particulier est nécessaire pour l'étude des surfaces de circulation communales en béton. Rapp Regioplan a fait appel à l'expertise et à la compétence en planification technique de Gert Müller (Müller Engineering GmbH, Suisse). Cette collaboration, qui avait déjà donné naissance par le passé à des projets réussis, a permis ici aussi de garantir une planification mûrement réfléchie avec un résultat satisfaisant pour toutes les parties.

Le trafic des bus, des taxis et des véhicules de livraison aux trajectoires stables en direction des centres commerciaux situés à proximité exerce une charge élevée constante. C'est pourquoi, en accord avec les autorités municipales de Singen, les concepteurs ont également sollicité Andreas Großmann afin qu'un dimensionnement statique détaillé et une planification du revêtement en béton de la chaussée soient établis. Le professeur Andreas Großmann enseigne les disciplines Transport et Aménagement du territoire à la faculté de génie civil de l'école supérieure HTWG de Constance. L'approche choisie en matière de dimensionnement est décrite dans les sections qui suivent.

Planification du revêtement en béton

Principes de base du dimensionnement

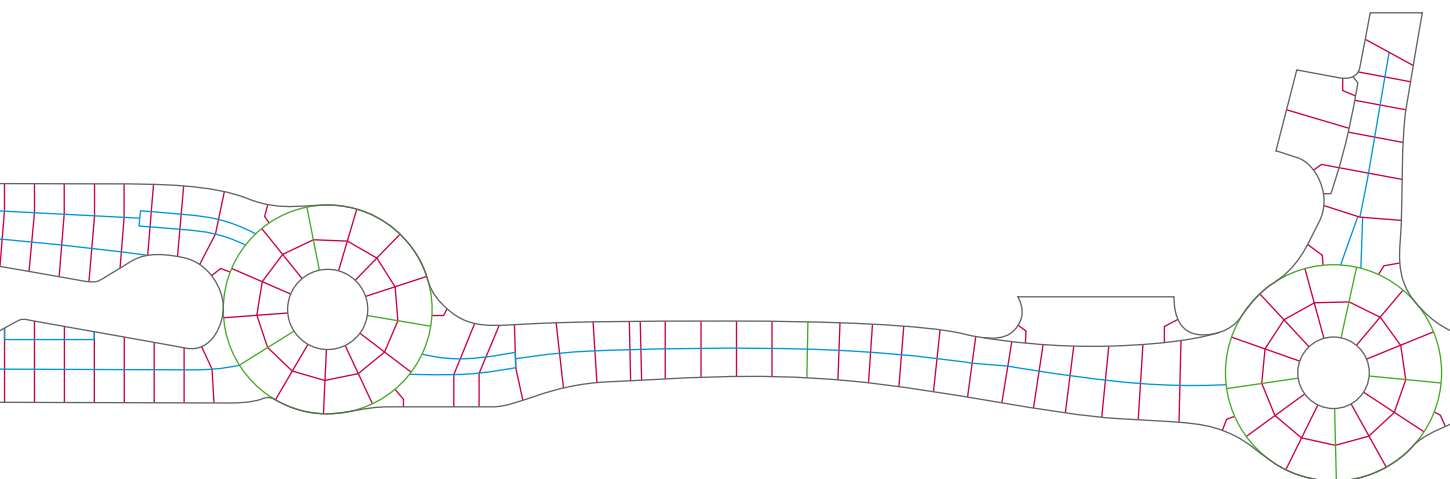
Un plan des joints conforme aux exigences est indispensable au dimensionnement ou à la détermination de

l'épaisseur du revêtement et de la mise en place des surfaces de circulation en béton conformément à la Fiche technique (M VaB) pour la planification, la conception et la construction de surfaces de circulation en béton (Société allemande de recherche pour les routes et la circulation routière, FGSV, 2013). Les surfaces dédiées au trafic guidé ou stationnaire, les zones de freinage, les zones de débouché ainsi que les transitions vers les voies en asphalté doivent être soumises à un examen critique et prises en compte dans le calepinage. Les épures de giration des véhicules de dimensionnement, notamment, sont des outils utiles à cet effet. Les informations qu'elles fournissent permettent ensuite de définir la taille critique des dalles, qui sert de référence au dimensionnement et au calcul de l'épaisseur du revêtement en béton.

Dimensionnement

En raison du contexte général, il était impossible d'appliquer les directives relatives à la standardisation de la superstructure des surfaces de circulation (RStO 12) 12 (FGSV, 2012) à la gare routière de Singen. Cela s'explique notamment par les exigences de goujonage des joints transversaux et l'ancrage des joints longitudinaux ou par les géométries de dalles qui sont présentées dans les tableaux 2 et 4 des directives RStO 12 (structure de la section complète).

Il était également impossible – et c'est encore le cas – d'ancrer le joint longitudinal à la bordure présente ou à la surface de circulation en asphalté. Pour le dimensionnement, il s'agissait donc de tenir compte des bords libres dans la zone où s'applique la charge. C'est pourquoi il a fallu utiliser les RDO Béton pour déterminer l'épaisseur du revêtement.



Longueur totale env. 420 m

Surfaces de circulation en béton env. 7500 m²

Quantité de béton env. 2500 m³

Exigences quant au support

Pour intervenir sur l'existant, il est recommandé d'appliquer une couche de base en asphalte (ATS) sous le revêtement en béton conformément à la fiche technique M VaB (FGSV, 2013). Cette couche ATS doit être la plus « dense » possible pour tenir compte des ZTV Asphalt-StB (FGSV, 2013) et des RDO Béton (FGSV, 2012). Selon ces dernières directives, la teneur en vides V_{max} de la couche posée doit s'élever à 5,5 % vol. pour une ATS sur une couche de base sans liant. Dans l'ensemble, une couche ATS AC 22 TS de 10 cm d'épaisseur avec un liant 70/100 a été recommandée pour la gare routière de Singen afin de respecter la réglementation technique.

Détermination de la classe de charge (Bk) par la sollicitation B pertinente pour le dimensionnement

Le calcul de la sollicitation B selon les RStO 12 (FGSV, 2012), associé à la détermination de la classe de charge requise, a permis de s'orienter pour aboutir aux résultats selon les RDO Béton (FGSV, 2012). La sollicitation B établie est de 18 millions de passages d'essieux de 10 t équivalents, ce qui correspond à une classe de charge Bk 32.

Détermination de l'épaisseur selon la fiche technique M VaB

La fiche technique M VaB (FGSV, 2013) renvoie aux RStO (FGSV, 2012) pour le calcul de l'épaisseur. L'épaisseur du revêtement en béton doit toutefois être augmentée de 2 cm si aucun ancrage n'est possible. Or, si aucun ancrage n'est possible pour les voies de circulation des bus, il est en outre conseillé de choisir une classe de charge supérieure. Pour la construction de la surface de circulation, les consignes de la M VaB (FGSV, 2013) ont conduit aux résultats suivants :

- En raison d'un ancrage impossible à la bordure, l'épaisseur des dalles de béton devrait être augmentée d'au moins 2 cm. Rapportée à une Bk 32 avec une ATS comme support, la dalle devrait donc présenter, selon les RStO 12, tableau 2, une épaisseur de 25 + 2 cm = 27 cm.
- Pour les voies de circulation de bus, une classe de charge supérieure, soit Bk 100, est recommandée. Rapportée à une Bk 100 avec une ATS comme support, la dalle devrait donc présenter, selon les RStO 12, tableau 2, une épaisseur de 26 cm.

Par conséquent, une épaisseur de dalle de 27 cm s'imposerait. L'expert a jugé que cette épaisseur n'était cependant pas suffisante du fait de la complexité de la surface de circulation, conjuguée aux géométries inégales des dalles et à l'utilisation combinée pour le trafic des bus et le trafic de transit.

Dimensionnement conformément aux RDO Béton

En l'absence d'un plan des joints, le dimensionnement mathématique a été établi sur une première estimation de la taille critique des dalles. Les calculs ont été effectués avec le logiciel de calcul AWD Stako. Pour le revêtement en béton, l'épaisseur requise minimale à respecter a été définie à 33,5 cm sans ancrage latéral dans la zone critique. Mais il a été recommandé de fixer l'épaisseur maximale à 34 cm en raison du calepinage complexe résultant du contexte général évoqué plus haut.

Technologie du béton, structure et dimensionnement

Le béton utilisé pour le revêtement de la chaussée est conforme aux règlements en vigueur (FGSV) pour la construction publique des routes en Allemagne : ZTV Beton-StB 07, TL Beton-StB 07 et TP Beton-StB 10. Ces directives s'alignent quant à elles sur les normes DIN EN 206-1 et DIN 1045. On a utilisé un béton de chantier présentant, après 28 jours, une résistance à la compression sur éprouvettes assurée de 37 MPa minimum ainsi qu'une résistance à la flexion requise (premier contrôle) de $\geq 4,5$ MPa. Il a été fourni par Meichle + Mohr GmbH Transportbetonwerk (Radolfzell/Bähringen).

Les classes d'exposition XM2 et XF4 habituelles dans la construction des revêtements routiers non armés en béton ont été appliquées à la planification et à l'exécution. XM2 désigne une résistance aux conditions environnementales « forte abrasion y c. traitement de surface », soit ici une finition au balai avec dispersion d'un matériau dur en carbure de silicium.

La seconde classe d'exposition citée est XF4. Elle correspond à la résistance contre le gel et à une saturation hydrique élevée avec sel de déverglaçage. XF4 décrit ici un béton à air occlus. Dans le béton frais, les pores d'air introduits artificiellement à 5,5 % (4,5 % + 1 %) en moyenne dans la combinaison entraîneur d'air et fluidifiant garantissent que l'eau pénétrant le béton (effet de capillarité) ait suffisamment de place pour se dilater en cas de formation de glace. Ils bloquent également l'absorption par capillarité, évitant la pénétration plus profonde de l'eau dans la section de béton et excluant ainsi d'éventuels dommages invisibles à l'intérieur du revêtement en béton.

Il convient de relever les remarques de bas de page à la section Béton (à air occlus) des TL Beton-StB 07 :

Les effets peuvent se contrarier en cas d'utilisation simultanée d'un entraîneur d'air et d'un fluidifiant ou d'un plastifiant pour béton. Du fait d'éventuelles incompatibilités entre les entraîneurs d'air et les fluidifiants, des valeurs accrues d'1 % en volume sont exigées.

La teneur en air occlus et la répartition de ces pores d'air dépendent de nombreux facteurs qui exercent une influence réciproque. Remarque : l'introduction de 1 % vol. de pores d'air peut entraîner une baisse de la résistance d'env. 2 N/mm². Nous renvoyons ici expressément à la « Fiche technique FGSV pour la fabrication et la mise en œuvre de béton à air occlus ».

L'utilisation d'un « béton WS » présente un certain intérêt. En Allemagne, les bétons WS doivent être impérativement mis en œuvre dans la construction des routes dès la classe de charge Bk 1,8, selon la circulaire générale de construction des routes ARS 04/2013. Pour simplifier, on souhaite, avec la mesure « WS », réduire au strict minimum une éventuelle réaction base-acide entre la granulométrie et le ciment en cas d'entrée d'alcalis

sous l'effet du sel de déverglaçage. Afin d'exclure ces mécanismes de réaction dommageables, différents procédés de contrôle sont disponibles pour établir l'adéquation de la combinaison ciment-granulométrie (décrite dans l'ARS 04/2013) à la construction de routes en béton à partir de la classe Bk 1,8.

Le revêtement en béton de 30 à 34 cm d'épaisseur est saupoudré de carbure de silicium. Ce matériau dur offre une résistance plus élevée contre l'abrasion (usure superficielle) due à une forte charge de trafic et présente un effet de scintillement intéressant à la lumière du soleil.

Qualités du béton routier (> Bk 1,8)

Classe de résistance à la compression	C 30/37
Classe d'exposition	XF4, XM2, XC4, XD3 (d'après DIN 1045)
Classe d'humidité	WS
Teneur en ciment	≥ 340 kg/m ³ (ZTV Beton-Stb 07) ≤ 360 kg/m ³ (de XM2)
Classe de teneur en chlorure	Cl 0,4
Granulométrie	Dmax 22 mm
Classe de consistance	Mise en œuvre manuelle C2 ou F2 / F3 (valeur cible VM : 1,15–1,25)

Exigences complémentaires

Teneur en air du béton frais	4–6 %
Résistance à la flexion	f _{ctk} , fl (t = 28 d) $\geq 4,5$ N/mm ² après 28 jours
Valeur PSV	> 50 (résistance au polissage)
Granulats concassés ^{*)} , XM2	Proportion 60–70 % min.
	^{*)} Le béton utilisé doit être à granulats concassés. La valeur PSV (résistance au polissage) doit être contrôlée sur la fraction 8/11 mm. La fraction sableuse doit provenir du même site que les gravillons 8/11 contrôlés.
Dispersion d'un matériau dur	Un matériau dur sans pré-enrobage (p. ex. carbure de silicium 0–3 mm) est répandu et incorporé dans la surface de béton mate et humide encore non liée. Dosage : 1–2 kg/m ²

Teneur minimale en air du béton frais (selon TL Beton-StB)

Granulométrie [mm]	Teneur minimale en air moyenne pour le béton [Vol.-%]	Teneur minimale en air moyenne pour le béton [Vol.-%] C2 ou ≥ F2 ou C1 avec fluidifiant ou plastifiant
8	5,5	6,5*
16	4,5	5,5*
32 bzw. 22	4,0	5,0*

*) S'il est établi lors du premier contrôle du béton durci que les valeurs d'air occlus sont respectées, il est alors possible de renoncer à la correction (+ 1 % vol.). Pour cela, la teneur en micropores d'air A300 ne doit pas être inférieure à 1,8 % vol., ni le facteur d'écartement L excéder 0,20 mm. Pour cette démonstration lors du premier contrôle, la teneur en air du béton frais ne doit pas excéder 6 % vol. pour une granulométrie de 8 mm, 5 % vol. pour une granulométrie de 16 mm et 4,5 % vol. pour une granulométrie de 22 ou 32 mm.

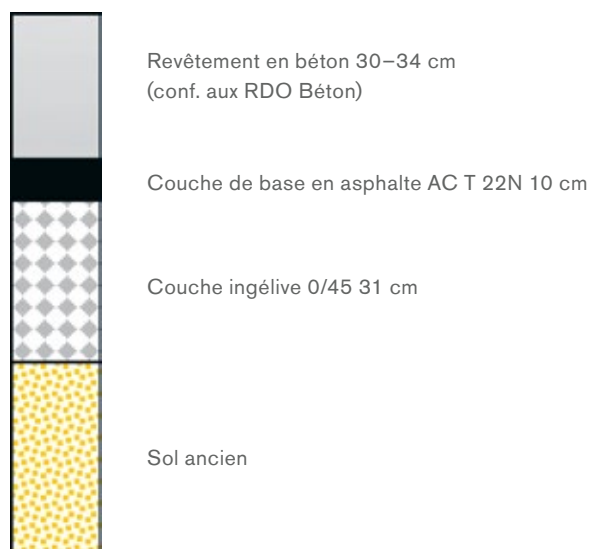
Exécution des travaux / construction

Comme décrit avant au chapitre « Planification du revêtement en béton », la coupe transversale illustrée à droite présente la structure du revêtement en béton. Pour ce projet aussi, les concepteurs ont prévu une couche de base en asphalte.

Les avantages d'une couche de base en asphalte :

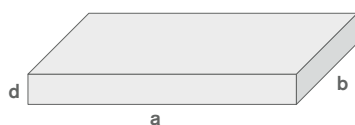
- bonne planéité et mise à niveau précise (« guidage par fil »),
- module EV2 élevé et uniforme de la couche de base,
- absorption du trafic de chantier et de livraison,
- support solide pour la fixation du coffrage périphérique, des goujons et des paniers d'ancrage,
- couche de propreté.

La commune de Singen a opté pour des dalles segmentées non armées, une technique courante en Allemagne et réalisée avec succès dans de nombreux projets. Contrairement à la construction armée, qui présente des ouvertures de fissures de dimensions restrictives, la technique par joints permet d'équilibrer les efforts de traction générés par la prise ou le retrait du béton et par les effets thermiques postérieurs dus aux conditions climatiques. Les joints disposés avec précision ont été sécurisés par des ancrages et/ou des goujons au cours du bétonnage. Les goujons ont été placés dans le sens de la circulation, approximativement au milieu de l'épaisseur de la dalle, dans des fixations (paniers supports) à 25 cm d'intervalle, puis enrobés de béton. Ils empêchent les déplacements verticaux (décalage) au sein du système de dalles susceptibles d'être déclenchés par des efforts transversaux et des moments de rotation. Ces déplacements verticaux sont provoqués par le passage sur les joints ou les bords de dalles ou, dans certains cas rares,



Structure de la section complète
Gare routière de Singen

par des tassements du sous-sol. Quant aux ancrages, ils ont été insérés à intervalles réguliers transversalement au sens de la circulation et maintiennent aussi les dalles en béton. Ils les empêchent ainsi de dériver. La technique du béton non armé exigeant de respecter des rapports géométriques précis, les dalles présentant un rapport longueur / largeur peu favorable ou des angles pointus inévitables doivent être armées sur leur face supérieure par une couche de treillis soudés (ici Q 335, en haut, recouvrement de 5 cm, avec interruption dans la zone des joints). Tirés de la collection de fiches techniques pour la planification, la conception et la construction de surfaces de circulation en béton M VaB, parties 1 + 2, les principes géométriques énumérés ci-dessous doivent être respectés.



$a \leq 20 \times d$ $\frac{a}{b} \leq 1,5$ avec $b \geq 50$ cm Angle $\geq 70^\circ$

Formule empirique : rapports max. / min.
de la géométrie des dalles

Les prestations d'exécution du projet global de « Réaménagement de la gare routière de Singen » ont été attribuées à l'entreprise de construction Schleith GmbH Baugesellschaft, dont le siège principal est à Waldshut-Tiengen. Schleith possède déjà une certaine expérience dans la construction de surfaces de circulation en béton, comme des carrefours à sens giratoire, mais a, vu la diversité et la complexité du projet, fait appel à un sous-traitant pour la réalisation de la chaussée en béton complète. Son choix s'est arrêté sur la société Sengel Bau de Aach dans l'Hegau, spécialisée dans la construction de surfaces en béton. Forte du projet de construction complexe du « Zinser Dreieck » à Tübingen, Sengel Bau a pu présenter une référence montrant tout le champ des possibles.

Il a parfois été difficile de respecter le calendrier des travaux strictement planifié, avec ses temps d'exécution prédéfinis et ses solutions intermédiaires (conditions météorologiques), si bien qu'il a fallu, pour finir, diviser la construction du revêtement en béton en plusieurs petites tranches. Les équipes de mise en place ont dû redoubler d'efforts, mais grâce à une bonne coordination avec l'entreprise générale Schleith, l'ensemble est resté dans des limites réalisables.

Les travaux d'exécution ont commencé en avril 2019, pour s'achever en octobre 2020 avec la mise en œuvre du béton routier. Celle-ci a été réalisée par bandes au



Mise en œuvre du béton à la pompe

moyen de la poutre vibrante reposant d'un côté sur le coffrage ou la surface partielle déjà bétonnée. La poutre vibrante a été tirée à la main par enroulement sur le béton préalablement coulé. Le travail de compactage réglementaire pour l'aération du béton a été effectué à la poutre en surface et, en profondeur, au moyen d'aiguilles vibrantes actionnées par l'équipe de chantier. Le bon déroulement du chantier adapté aux conditions météorologiques a garanti la qualité et la résistance du béton à air occlus mis en place pour au moins 30 ans. L'équipe a non seulement respecté scrupuleusement la teneur en air occlus requise de 5,5 % vol. en moyenne ainsi que la consistance F2 (étalement env. 40 cm), mais a aussi veillé avec la plus grande attention à une cure parfaite du béton.



Mise en œuvre du béton avec toboggan et poutre vibrante



Joints / ancrages / couche de base en asphalte, armature et joint de dilatation pour les aménagements

Cure

Sachant que la surface entrant en contact avec l'environnement, vaste par rapport au volume de l'élément structurel, fragilise le béton à cet endroit, une cure en deux, voire trois étapes par températures extrêmes, était requise pour ce projet de construction. Une fois la finition au balai du béton achevée et après identification d'une surface mate et humide, un produit de cure liquide pour construction de routes en béton a été appliqué sous forme d'une pellicule blanche fermée au moyen de pulvérisateurs manuels. Les jours de conditions météorologiques extrêmes – températures élevées et/ou vent –, une cure intermédiaire a été appliquée directement après le bétonnage, mais avant la finition au balai. Après avoir obtenu la résistance au piétinement souhaitée pour la surface, les dalles de béton ont toutes été recouvertes et enveloppées d'un non-tissé retenant l'eau ou d'un film résistant, puis arrosées, à la manière de l'artiste Christo, maître de l'entoilage de l'espace.

La classe d'exposition XM2 requiert un traitement de surface qui, dans la construction de routes en béton communales, est généralement réalisé au balai. Ce traitement, appliqué perpendiculairement au sens de la circulation, apporte le fini de surface nécessaire, structure la surface pour une meilleure adhérence et définit aussitôt le sens de pente des eaux de pluie. Celles-ci doivent en effet ruisseler latéralement.

Limites des températures pour la mise en place du béton selon TL Beton StB 07

Mise en place du béton	Température de l'air	Température du béton
Admise	$5^{\circ}\text{C} \leq T_L \leq 25^{\circ}\text{C}$	$5^{\circ}\text{C} \leq T_B \leq 30^{\circ}\text{C}$
Admise uniquement si des mesures particulières sont prises	$T_L < 5^{\circ}\text{C}$ $T_L > 25^{\circ}\text{C}$	
Non admise	Permafrost $T_L \leq -3^{\circ}\text{C}$	-
	-	$T_B < 5^{\circ}\text{C}$ $T_B > 30^{\circ}\text{C}$



Remplissage des joints avec du bitume chaud de type N2

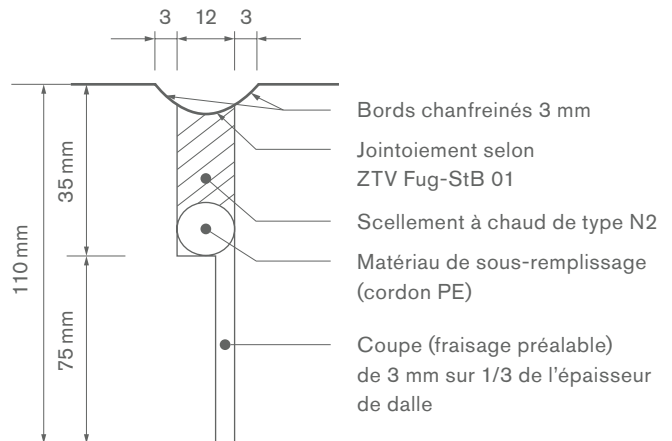
Joints

La découpe des joints de retrait inhérents au concept d'exécution a dû être réalisée durant l'intervalle de cure. Il convient d'être très attentif à ce bref intervalle durant lequel doit avoir lieu la découpe à 1/3. Si l'on intervient trop tôt, le béton n'est pas encore assez solide et la surface peut être altérée mécaniquement par la machine ou par le processus de découpe des joints. Les bords des joints risquent également d'éclater (cassures des arêtes). Si la découpe des joints de retrait est trop tardive, le béton se fissure de manière non linéaire à des endroits non prévus : une fissure traversante sauvage incontrôlable apparaît et divise la surface de béton en deux parties non goujonnées. Celles-ci ne peuvent désormais plus transférer, de surface partielle à surface partielle, aucun effort tranchant ni moment de rotation du passage. Ce joint sauvage va se détériorer au fil du temps et créer un décalage. C'est aussi pour des raisons visuelles et esthétiques qu'il s'agit d'éviter impérativement la formation de fissures sauvages dans les surfaces de circulation communales en béton.

La configuration des joints à Singen est illustrée sur les photos qui suivent. Trois opérations sont nécessaires avant le scellement du soufflé du joint.

1. Coupe profonde à 1/3 (fraisage préalable)
2. Coupe d'élargissement
3. Polissage des bords en forme de voûte (chanfreinage)

Puis suit l'insertion du système d'étanchéité. Un matériau de sous-remplissage (cordon PE) empêche l'adhérence sur les trois flancs, qui provoquerait une rupture du produit de remplissage. Un agent d'adhérence (primaire) appliqué sur les deux flancs accueille ensuite le produit de scellement à chaud ou à froid bicomposant.



Les dalles de béton ont été recouvertes et enveloppées d'un non-tissé retenant l'eau ou d'un film résistant, puis arrosées.



Finition au balai



Joint coupé, encore non rempli



Fissure de retrait techniquement nécessaire sur le joint de dalle

Bordures

Les voies de circulation doivent avoir des bordures pour délimiter la chaussée, protéger la traversée des piétons et guider les eaux jusqu'aux avaloirs. Dans le cas de la gare routière de Singen, trois variantes de mise en place ont été choisies : la variante classique avec un béton renforcé par une butée dorsale, la version par collage et l'exécution au moyen d'ancrages arrière (bordure de protection).

Les bordures « adhésives » (p. ex. bordures extérieures) ont été collées de manière définitive au moyen de résines adhésives bicomposant sur le surplomb en béton de la dalle de chaussée. L'expérience de ce tout nouveau type de pose montre qu'outre la résistance à l'arrachement requise, une propreté absolue, l'absence de poussière sur les deux surfaces d'encollage du support / de la pierre ainsi que la répartition de la colle sur toute la surface sont nécessaires à une bonne liaison cohésive.

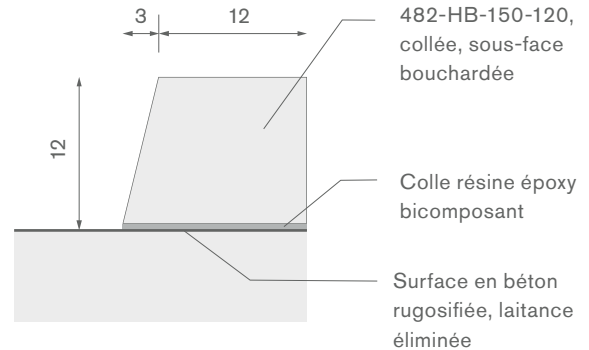
La troisième version mentionnée plus haut – la bordure de protection à ancrage arrière – constitue un autre type de construction tout aussi éprouvé et sécurisé pour les bordures de routes communales en béton. Elle permet de délimiter la chaussée du carrefour à sens giratoire de la surface de l'îlot central. Pour ce chantier, les bordures circulaires ont été teintées en gris anthracite dans la masse et surélevées afin d'empêcher que les conducteurs de véhicules ne franchissent cet élément de séparation.



Bords adhésifs sur une surface en béton greaillée

Bordure en béton collée

Échelle 1:5



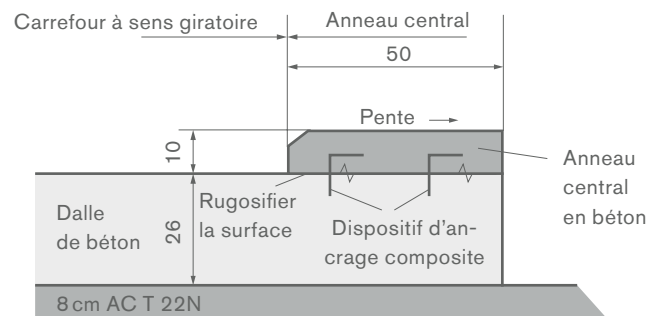
Version classique avec du « béton renforcé par une butée dorsale » (« bordures de type Kassel »)



Bordure de protection

Bordure de protection de l'anneau central ou bords extérieurs, B = 50 cm

Butée 8-10 cm, béton teinté dans la masse



Bord frontal 5 x 5 cm chanfreiné

Surveillance, contrôle qualité et ouverture au trafic

Le contrôle du béton frais / durci pour l'assurance qualité a été organisé en continu après le contrôle de la production en usine (CPU) dans la centrale à béton ainsi que par un contrôle de validation par l'entreprise de mise en place. L'autosurveillance consiste en des contrôles du mandataire ou de son sous-traitant mandaté. Les qualités, notamment des matériaux, ont été vérifiées, tout comme la prestation finale. Pour les surfaces contiguës supérieures à 500 m², la fiche technique pour la planification, la conception et la construction de surfaces de circulation en béton (M VaB) prévoit d'appliquer les dispositions de la ZTV Beton-StB. Citons, avant la mise en place du béton frais, le contrôle des bons de livraison, de la consistance, de la masse volumique, de la teneur en air occlus ainsi que de la température du béton et de l'air. Lorsque l'on utilise un béton routier courant (C30/37 XM2, XF4, WS), l'ouverture au trafic peut intervenir dès que l'on obtient une résistance à la compression ≥ 26 MPa. La résistance à la compression standard à 28 jours n'est pas déterminante pour une mise en service précoce de la chaussée.



Contrôles du béton frais sur le chantier avec un véhicule laboratoire

Autocontrôles sur béton frais et béton durci selon M VaB, partie 1

Contrôle	< 100 m ³	≤ 500 m ³	> 500 m ³
Consistance	Chaque véhicule	Chaque véhicule	ZTV Beton-StB
Température	1 ^{er} poids lourd, puis toutes les heures	1 ^{er} poids lourd, puis toutes les heures	ZTV Beton-StB
Teneur en air occlus	Chaque véhicule	Chaque véhicule	ZTV Beton-StB
Masse volumique	Chaque véhicule	Chaque véhicule	ZTV Beton-StB
Résistance à la compression	1 cube	3 cubes/capacité journalière	ZTV Beton-StB
Documentation photographique	Requise	Selon les besoins	Selon les besoins

Résumé

Les travaux de réalisation des revêtements en béton de la gare routière et de la partie est de la Bahnhofstraße ont duré un an et demi, sans interruption du trafic. D'avril 2019 à octobre 2020, 2500 m³ de béton ont été coulés sur une surface de 7500 m² et une longueur de 420 m. Cette mise en œuvre contribue désormais à la fluidité du trafic et des transports. Singen et la région du lac de Constance ont déjà fait des expériences positives avec le béton dans la construction de routes communales. Ainsi, quelques arrêts de bus et carrefours à sens giratoire en béton ont été créés et font preuve depuis des années d'une belle durabilité face à une charge de trafic croissante. Afin que cette technique ait une longue durée de vie, une bonne planification s'impose. Elle doit envisager un temps de construction et d'arrêt sensiblement plus long et l'abandon d'anciennes traditions en termes de planification en partie dépassées. Modernisée et agrandie, la gare routière centrale de Singen peut être considérée comme un exemple positif d'utilisation intelligente et durable du béton dans la construction moderne de chaussées. La collaboration des autorités, des bureaux d'études, des fabricants de béton et des entreprises exécutantes, qui est indispensable pour une utilisation sur le long terme de carrefours très fréquentés, s'est avérée optimale lors de ce projet. Elle profitera en outre, dans les décennies à venir, à la gare routière centrale achevée en octobre et lui garantira avant tout un fonctionnement sûr.



Données du projet

Adresse

Bahnhofstraße
78224 Singen
Allemagne

Maître d'ouvrage et mandataire

Ville de Singen am Hohentwiel
Hohgarten 2 (hôtel de ville)
78224 Singen

Responsables et parties prenantes du projet

Ekkehard Sigg, ing. dipl. – Service des routes, responsable du service Planification du trafic / construction de routes, Singen
Michael Spreitzer, ind. dipl. – Service des routes, directeur des travaux et adjoint du responsable du service, Singen

Planification / dimensionnement

Rapp Regioplan GmbH, filiale de Constance (D)
Pr Andreas Großmann, Dr ing., HTWG Constance, spécialisé dans les transports et l'aménagement du territoire (D)
Gert Müller, ing. dipl. (HES), Müller Engineering GmbH, Kirchstrasse 25, 8564 Wäldi (CH)
Bureau d'ingénieurs Rainer Neef, Singen

Suivi du projet

InformationsZentrum Beton GmbH
Alexander Grünewald, ing. dipl., ingénieur de projet, Ostfildern (D)

Entreprises de construction

EG : SCHLEITH GmbH Baugesellschaft, siège principal à Waldshut-Tiengen (D)

Revêtement en béton :

Sengel Bau GmbH & Co. KG,
78267 Aach / Hegau (D)

Fourniture en béton

Meichle + Mohr GmbH, siège principal à 88090 Immenstaad (D)
TB-Werk Radolfzell / Böhlingen (D)

Photos / matériel iconographique

Ville de Singen (Service des routes)
Gert Müller (Müller Engineering GmbH)
Alexander Grünewald (InformationsZentrum Beton GmbH)



Bibliographie :

DIN 1045- 2, Structures en béton, béton armé et béton précontraint
– Partie 2 : Béton : spécification, performances, production et conformité – Règles d'application de DIN EN 206

DIN 1164-10, Ciment spécial :
composition, exigences et attestation de conformité des ciments
à basse teneur efficace d'alcalis

DIN EN 197-1, Ciment : composition, exigences et critères
de conformité des ciments courants

DIN EN 206- 1, Béton : spécification, performances,
production et conformité

Société de recherche pour les routes et la circulation routière,
Fiche technique pour la fabrication et la mise en œuvre de béton à
air occlus

Société de recherche pour les routes et la circulation routière,
Fiche technique pour la planification, la conception et la construction
de surfaces de circulation en béton (M VaB)

RStO 12, Directives relatives à la standardisation de la superstructure
des surfaces de circulation

TL Beton-StB, Conditions techniques de livraison pour matériaux
de construction et mélanges de matériaux de construction dédiés
aux couches porteuses avec liants hydrauliques et de revêtements
de chaussée en béton

TP Beton-StB 10, Spécifications techniques d'essai pour matériaux
de construction et mélanges de matériaux de construction dédiés
aux couches porteuses avec liants hydrauliques et de revêtements
de chaussée en béton

ZTV Beton-StB 07, Conditions techniques contractuelles complémen-
taires et directives concernant la réalisation de couches porteuses
avec liants hydrauliques et de revêtements de chaussée en béton

RDO béton

Directives relatives au dimensionnement mathématique des revête-
ments en béton dans la superstructure des zones de circulation

Norme Suisse VSS, Recherche et normalisation en matière de route
et de transports

SN 640 461, Couches de surface en béton pour zones de circulation
– Conception, exécution et exigences relatives aux couches en place

Direction des travaux du canton de Zurich,
service des ponts et chaussées
Fiche technique Revêtements de chaussée en béton pour carrefours
à sens giratoire et arrêts de bus

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
chausseebeton@holcim.com
www.holcim.ch

Implenia Suisse SA

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

Construction de routes et travaux publics
Müllheimerstrasse 4
8554 Müllheim-Wigoltingen
Téléphone 052 762 61 11
p.althaus@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 027 327 65 87
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 Zurich
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
kurt.glanzmann@walo.ch
www.walo.ch

Commercialisation :

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



Verein Betonmarketing Österreich
Demandes concernant le domaine des routes en béton à
Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H.
Franz-Grill-Straße 9, O 214, A-1030 Wien
Téléphone +43 (0) 1 714 66 85-0
zement@zement.at, www.zement.at