

# LIEUSAIN – SAVIGNY-LE-TEMPLE

## SEINE-ET-MARNE (77)



#mieuxcirculer

#mieuxvivre

#chantier

#bétongoujonné

#BHNS



Béton  
goujonné



15 km, dont  
9,6 en site propre



Seine-et-  
Marne

### PRINCIPAUX INTERVENANTS

#### Maîtrise d'ouvrage

Département de Seine-et-Marne

#### Maîtrise d'œuvre

Département de Seine-et-Marne

#### Entreprises

Eurovia, STRF, TP Goulard, EJJ et Signature

#### Mise en œuvre du béton

Signature

#### Fournisseur du béton

Bétons Vicat, centrale de Moissy-Cramayel  
(Seine-et-Marne)

#### Fournisseur du ciment

Ciment Vicat

**PHOTO D'OUVERTURE** : vue d'artiste du pôle multimodal de Lieusaint – Savigny-le-Temple.

**Le T Zen trace sa voie en Seine-et-Marne. Après un lancement réussi en 2011, ce réseau de bus à haut niveau de service (BHNS) s'étend grâce à la réalisation d'une deuxième ligne entre Lieusaint et Savigny-le-Temple. Le T Zen 2, qui permettra à terme de rallier Melun, mise sur des valeurs sûres pour sa construction : des bétons BC3 et BC5 goujonnés.**

## SITUATION

À 30 km au sud de Paris, Lieusaint (14 000 habitants) est implantée à la lisière de la forêt de Sénart (3 000 ha). Son territoire est encore majoritairement constitué de terres agricoles. Au sud, Savigny-le-Temple, ancienne possession de l'ordre des Templiers (de 1149 à 1307), fait aujourd'hui partie de la ville nouvelle de Sénart. Avec près de 30 000 habitants, elle est la cinquième ville la plus peuplée de Seine-et-Marne.

## ÉTAT DES LIEUX

Lancé en 2009 par Île-de-France Mobilités (ex-STIF), le réseau de bus à haut niveau de service (BHNS) baptisé T Zen vise à faciliter la circulation des usagers dans une vaste zone, au sud de l'Île-de-France, dans les départements de Seine-et-Marne et de l'Essonne. Le projet prévoit la création de six lignes.

Entré en service en 2011 et exploité par Transdev, le T Zen 1 relie la station RER de Lieusaint-Moissy à celle de Corbeil-Essonnes. Elle est longue de 15 km, dont 9,6 km en site propre. Elle compte 14 stations (un point d'arrêt tous les 500 mètres environ) et dessert quatre communes. Elle est empruntée chaque jour par 7 000 voyageurs. À terme, compte tenu des projets d'urbanisation prévus à proximité, sa fréquentation devrait atteindre 12 000 voyageurs par jour. Après ce succès, la construction d'une deuxième ligne T Zen a été engagée.

## LA NOUVELLE LIGNE T ZEN 2

En direction du sud, le T Zen 2 doit assurer la liaison entre Lieusaint et Melun, en desservant au passage Savigny-le-Temple, Cesson et Vert-Saint-Denis. Structurante, la nouvelle ligne comptera 26 stations et sera en correspondance avec le RER D, la ligne R, le T Zen 1 et les lignes de bus existantes. Cette nouvelle ligne permettra notamment aux résidents de la zone de se rendre aisément au groupe hospitalier Sud Île-de-France de Melun, inauguré en 2018.

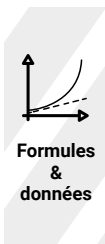
Dès 2012, en prévision de cette nouvelle ligne, Île-de-France Mobilités désigne le département de Seine-et-Marne comme maître d'ouvrage. La déclaration d'utilité publique est obtenue en 2014 et les études d'avant-projet sont validées en juin 2017.



7, place de la Défense  
92974 Paris-la-Défense Cedex  
Tél. : 01 55 23 01 00  
E-mail : centrinfo@cimbeton.net



↗ En direction du sud, le T Zen 2 doit assurer la liaison entre Lieusaint et Melun, en desservant au passage Savigny-le-Temple.



**Dimensionnement de la structure :**

- Une couche de fondation en béton maigre BC3, d'épaisseur 15 cm, recouverte d'une couche de désolidarisation afin de rendre l'interface décollée.
- Une couche de roulement en dalles béton à joints goujonnés BC5g, d'épaisseur 22 cm.

**La structure retenue est classique et fiable ; elle a fait ses preuves en matière de performances et de durabilité, en combinant une couche de fondation en béton maigre BC3 et une couche de roulement en béton de ciment à joints goujonnés.**

## Le projet

La conception de la ligne T Zen 1 ayant donné pleine satisfaction, le T Zen 2 s'inspire des mêmes principes, mais pas à l'identique. Des modifications techniques ont été opérées afin de prendre en compte les contraintes techniques et financières propres au projet.

### > Choix du système de transport

Le choix s'est porté, comme pour le T Zen 1, sur un bus à haut niveau de service (BHNS), qui est un système de transport moderne alliant flexibilité, vitesse, confort et fiabilité. Il offre un service rapide, écologique, sûr et efficient.

- Les bus disposeront d'une voie dédiée. Ils bénéficieront d'un système de priorité aux feux.
- La distance moyenne entre les stations sera de 700 m et l'arrêt à chaque station sera systématique.
- L'amplitude horaire s'étendra de 5 heures du matin à minuit, 7 jours sur 7.
- Conçues de façon à faciliter la circulation des voyageurs, les stations seront aménagées pour les personnes à mobilité réduite (PMR) avec accès de plain-pied aux véhicules, rampes et bandes podotactiles. Elles seront équipées d'abris et d'écrans d'informations aux voyageurs.
- Pour faciliter les circulations douces, des parcs à vélos seront créés à proximité des stations.

### > Choix du matériau de la structure de chaussée

Le choix du béton est confirmé pour réaliser la structure de chaussée qui va supporter le passage des bus sur une longue période de service. Ce choix est motivé par les nombreux avantages qu'apporte le béton et en particulier :

- Résistance à toute épreuve  
Contrairement aux autres matériaux, le béton est particulièrement résistant au poinçonnement, aux charges statiques, à la canalisation extrême des charges sur une voie BHNS, aux vitesses moyennes modérées des véhicules (vitesse commerciale moyenne de 30 km/h), aux arrêts fréquents ainsi qu'aux sollicitations extrêmes provoquées par le freinage et l'accélération au niveau des stations qui se succèdent tous les 500 mètres environ.

- Facilité d'entretien

Le béton peut recevoir des interventions ponctuelles (réservations) ou des traitements (salage ou sablage), sans altérer sa durabilité.

- Esthétique et sécurité

La différence de revêtement permet aux usagers de bien distinguer la plate-forme du TCSP des autres voiries. Les choix faits pour le T Zen 1 ayant été bien accueillis par les usagers, nul besoin d'en changer ! La nouvelle ligne reprend les codes visuels de la précédente pour les véhicules, mais aussi pour le design des stations et des voies, qui doivent beaucoup au béton (création de formes, de couleurs, rugosités variables, qualité de rendus homogènes).

- Confort d'usage

Le choix du béton, pour la couche de roulement, est en faveur d'une faible émission sonore, tout en présentant une bonne adhérence. En plus de protéger l'assise de la chaussée et de participer à la résistance globale de la structure, son uni et son rendu régulier favorisent l'accessibilité des PMR et des UFR (utilisateurs en fauteuil roulant).

- Protection de l'environnement

Élaboré localement et utilisant des granulats produits à proximité, le béton est un matériau durable et recyclable, limitant le recours aux transports.

### > Choix de la structure de chaussée

La structure retenue par la maîtrise d'œuvre est classique et fiable ; elle a fait ses preuves en matière de performances et de durabilité, en combinant une couche de fondation en béton maigre BC3 et une couche de roulement en béton de ciment à joints goujonnés. Elle a été établie en fonction du trafic cumulé et de la qualité de la plate-forme support (classe de portance PF2). Cette structure diffère de celle retenue sur la ligne du T Zen 1, dont la couche de roulement était conçue en béton armé continu (BAC). Le dimensionnement de la structure retenue s'établit comme suit :

- Une couche de fondation en béton maigre BC3, d'épaisseur 15 cm, recouverte d'une couche de désolidarisation afin de rendre l'interface décollée.
- Une couche de roulement en dalles béton à joints goujonnés BC5g, d'épaisseur 22 cm.

### > Choix de la finition

Concernant le béton de roulement, le choix s'est porté sur un béton teinté dans la masse, avec une finition ocre ou jaune moutarde, produit chez Grace (colorant « jaune » PP 100), esthétiquement identique à celui mis en œuvre pour le T Zen 1.

En matière de traitement de surface, comme pour la ligne T Zen 1, la technique retenue par la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre est l'hydrodécapage. Un choix esthétique qui favorise également l'adhérence des véhicules. Une technique douce qui fait apparaître les granulats, sans qu'ils soient trop saillants et tout en permettant d'améliorer la rugosité du revêtement avec une profondeur moyenne de texture (PMT) « supérieure à 0,6 mm en moyenne », valeur conforme aux exigences réglementaires en vigueur.

(Cf. Routes n° 116, juin 2011, p. 3 à 6 et Routes n° 138, décembre 2016, p. 10 ou <https://www.infociments.fr/bhns/du-beton-hydrodecapage-ocre-pour-le-t-zen>).

### > Choix des entreprises

Également maître d'œuvre, le département de Seine-et-Marne choisit un groupement constitué d'Eurovia, de STRF, de TP Goulard, d'EJL et de Signature pour réaliser le chantier. Déjà associée à la réalisation du T Zen 1 voici une décennie, l'entreprise Signature se voit confier la réalisation de la structure de la chaussée en béton.

Des planches d'essais sont réalisées pour valider la coloration du béton et la finition par hydrodécapage.

### Mise en œuvre

Le chantier débute à l'été 2019.

La première tranche du tronçon à réaliser est longue de 2,5 km. Elle commence à la station Trait-d'Union à Lieusaint (Carré Sénart), puis emprunte la RD50 vers Savigny-le-Temple, avec le franchissement du giratoire des Deux-Plessis, à l'intersection de l'avenue du 8-Mai-1945, de celle des Régalles et de la rue de la Grange à Savigny-le-Temple. Celui-ci est transformé en carrefour à feux. Largeur moyenne de la voie réservée du futur T Zen 2 : 7 m.

### > Réalisation de la plate-forme support

Afin d'assurer l'obtention d'une classe de portance PF2 de la plate-forme (EV2 supérieur ou égal à 50 MPa), exigée par le dimensionnement de la chaussée, l'entreprise a réalisé une couche de forme en limons traités en place avec un liant hydraulique routier.

### > Fabrication et transport des bétons BC3 et BC5

La fabrication est confiée à la centrale de béton de Moissy-Cramayel appartenant au groupe BGIE Vicat. Les bétons sont livrés par toupies de 7,5 m<sup>3</sup> qui entament leur rotation à partir de 8 h 30.

Le BC3 est un DÉFI.CHAUSSÉE S2.0 - C25/30 - XF2 - D3 - S1 - CEM II/A-LL42,5 R CE NF XEUILLEY.

Le BC5 est un DEFI.CHAUSSEE S2.7 - C35/45 - XF2 - D3 - S1 (ou S2) - CEMIII/A 42,5 N-LH - CE PME-ES NF XEUILLEY coloré en jaune (colorant : GCP Applied Technologies. Réf. : Kaolor PP 100 Jaune). Ils ont une classe de consistance S1 ou S2, selon le procédé de mise en œuvre du béton (à la machine à coffrages glissants ou à la règle vibrante).

Les granulats 4/22,4 SCL proviennent de la carrière de Grisy-sur-Seine (en Seine-et-Marne), située à moins d'une heure de Moissy-Cramayel.

Pour ne pas impacter l'environnement et pour préserver le réseau routier (sans disséminer de béton sur leur trajet), les conducteurs de toupie ont l'obligation de rincer soigneusement les goulottes.

### > Le bétonnage

#### • Mise en œuvre de la fondation en béton maigre BC3

Sur une plate-forme support bien réglée, bien compactée et bien nettoyée, le béton de fondation est mis en œuvre en deux temps par une équipe de sept à neuf personnes : du 22 octobre 2019 au 31 janvier 2020, puis en juin 2020. Le BC3 est mis en œuvre par demi-chaussée (en deux fois 3,60 m de large) à la machine à coffrages glissants (vibration machine et finition lisse). Dans les courbes, où la largeur augmente (jusqu'à 10 m), c'est une règle vibrante qui est utilisée.

Un délai minimal de trois jours de séchage est respecté avant la pose d'une émulsion gravillonnée « pour désolidariser la couche de fondation de la couche de roulement, en vue d'empêcher les remontées de fissures de la couche de fondation vers la surface ».

#### • Positionnement des goujons

Les goujons (plastifiés ; diamètre : 3 cm ; longueur : 45 cm) seront positionnés à mi-hauteur de la dalle et à cheval sur les joints de retrait transversaux grâce à l'utilisation de paniers spécialement confectionnés en atelier (goujons espacés de 30 cm). Ces paniers maintiennent les goujons en position pendant le bétonnage. Leur conception doit être telle qu'elle ne crée pas de liaison entre les dalles au niveau des joints. Il s'agit généralement d'aciers Ø 6, sur lesquels les goujons sont attachés par ligature. Ces paniers sont stockés sur le chantier.

Au moment de la mise en œuvre du béton, les paniers seront positionnés et fixés sur la fondation au droit des joints de retrait, repérés par une marque en dehors de l'emprise de la chaussée, juste à l'avant de la machine.



⤴ Les paniers de goujons confectionnés en atelier sont stockés le long du chantier pour faciliter l'accès aux toupies à béton. Ces paniers seront placés aux endroits indiqués (au droit des joints de retrait transversaux) et fixés dans la couche de fondation au fur et à mesure de l'avancement de la machine à coffrages glissants.

⊕ Consultez le focus technique sur le béton goujonné en p. 6.



#### • Mise en œuvre de la couche de roulement en béton BC5

Le bétonnage de la couche de roulement en BC5 a eu lieu du 19 novembre 2019 au 24 juin 2020. Le béton est également mis en œuvre par demi-chaussée à la machine à coffrages glissants (Wirtgen SP 500), dans les lignes droites (deux fois 3,50 m), et à la règle vibrante, dans les courbes (trois courbes à 90 ° sur ce tronçon, avec un élargissement à 10 m). En ligne droite, la chaussée est en toit, avec un dévers de 2,5 % vers les accotements, et à pente unique à l'intérieur des courbes.

Au moment où la machine arrive à l'emplacement d'un joint, on fixe les paniers de goujons sur la fondation en béton maigre BC3. Il y a lieu ensuite de prendre des précautions afin de ne pas les écraser lors du déchargement du béton. Le déversement direct sur les paniers est à proscrire.

Pour la couche de roulement en BC5, entre 130 m<sup>3</sup> et 230 m<sup>3</sup> de béton sont mis en œuvre quotidiennement, en fonction notamment de la météo. Avancement : environ 300 ml par jour à la machine et 50 ml à la règle vibrante. Le chantier respecte des obligations environnementales précises, avec notamment l'interdiction de provoquer des ruissellements d'eaux souillées.



▲ Mise en œuvre du béton à la règle vibrante par demi-chaussée pour constituer la voie avec un profil en toit.



#### • Installation des fers de liaison

Les fers de liaison (armature haute adhérence de nuance FeE 500 ; diamètre 10 mm ; longueur 80 cm) ont été insérés à mi-hauteur et sur une profondeur de 40 cm dans le béton frais, à l'avancement avec la goujonneuse hydraulique installée à l'arrière de la machine à coffrage glissant (sortie de table), avec un espacement d'un mètre. Ce dispositif est réalisé afin de maintenir fermé le joint longitudinal du revêtement en béton.

#### • Joints

Le plan de calepinage prévoit un joint de construction longitudinal au milieu de la chaussée, liaisonné par des fers de liaison, cohérent avec le coulage en demi-chaussée.

Des joints de retrait-flexion goujonnés sont réalisés tous les 5 mètres, conformément au cahier des charges du projet et aux règles de l'art en vigueur. L'espacement maximal des joints de retrait transversaux doit être égal à « 25 fois l'épaisseur ».

Enfin, quelques heures après le coulage (entre six et vingt-quatre heures, selon la température ambiante), des joints de retrait (profondeur : un quart de l'épaisseur, soit 5,5 cm) sont réalisés par sciage. Ils seront scellés après l'hydrodécapage à l'aide d'un produit polymère (de type Saba), résistant aux hydrocarbures, et ce pour éviter les infiltrations d'eau et l'introduction de débris dans les joints.

#### • Traitement de surface

Quand le béton a fait prise, sa surface est alors décapée par une attaque physique, en projetant de l'eau sous pression. Pour obtenir l'aspect et la rugosité souhaités par le client, des essais de réglage (combinant vitesse d'avancement de la machine, pression de l'eau et hauteur d'attaque) sont effectués. Une harmonie parfaite entre la technique et le développement durable, car cette technique utilise de l'eau pure, projetée à 2 500 bars, sans adjuvant chimique ni solvant, et en très faible quantité : environ 1 litre par mètre carré traité. En outre, tous les produits rejetés lors du décapage sont aspirés dans une cuve et conduits à la décharge. Inutile, donc, de nettoyer le chantier. Le traitement de surface a été réalisé fin juillet 2020.

#### • Garnissage des joints

Il est effectué après l'hydrodécapage pour ne pas détériorer les joints.

▲ Afin de maintenir fermé le joint longitudinal, des fers de liaison ont été insérés dans le béton frais avec un espacement d'un mètre.



▲ Le franchissement du giratoire des Deux-Plessis, à l'intersection de l'avenue du 8-Mai-1945, de celle des Régalles et de la rue de la Grange à Savigny-le-Temple.

### > Marquage et signalisation

Aucun marquage spécifique n'est prévu sur la voie, les joints de construction longitudinaux servant de repérage aux conducteurs de bus. La signalétique est volontairement discrète.

### > Conditions météo

Globalement satisfaisantes, elles ont nécessité une étroite coordination entre l'applicateur et la centrale BPE, notamment en termes de production, pour l'avancement optimal du chantier.

### > Fin de chantier

La totalité de la plateforme béton a été finalisée fin septembre 2020. Une nouvelle tranche devrait débuter en 2021, dans le centre-ville de la commune de Savigny-le-Temple.

## BILAN

De l'avis de tous les intervenants, le chantier du T Zen 2 prolonge, en qualité de conception et de réalisation, celui du T Zen 1, avec une confiance renouvelée allouée au béton, qui reste le matériau incontournable pour ce type de réalisation. À la satisfaction de tous les intervenants, dont Vicat et Signature, qui poursuivent ainsi une œuvre entamée il y a près d'une décennie, et pour la qualité de vie des habitants du sud de l'Île-de-France. ■

## EN QUELQUES CHIFFRES

- > **27 000 voyageurs** prévus par jour.
- > **17 km** de tracé pour la totalité de la ligne T Zen 2.
- > **26 stations** par sens de circulation.
- > **5 communes** desservies (Lieuxaint, Savigny-le-Temple, Vert-Saint-Denis, Cesson et Melun).
- > **7 jours sur 7**, de 5 heures à minuit.
- > **1 véhicule toutes les 6 minutes** aux heures de pointe et 1 toutes les 10 minutes aux heures creuses.
- > **24 bus** à haut niveau de service (BHNS).

## LIENS UTILES

### > Conseil départemental de Seine-et-Marne

<https://www.seine-et-marne.fr>

### > Conseil départemental de l'Essonne

<https://www.essonne.fr>

### > Eurovia

<https://www.eurovia.fr>

### > Signature

<http://www.groupe-signature.com/fr>

### > Béton Vicat

<https://www.vicat.fr>

### > Infociments Routes

<https://www.infociments.fr/route>

▼ Structurante, la nouvelle ligne comptera 26 stations et sera en correspondance avec le RER D, la ligne R, le T Zen 1 et les lignes de bus existantes.





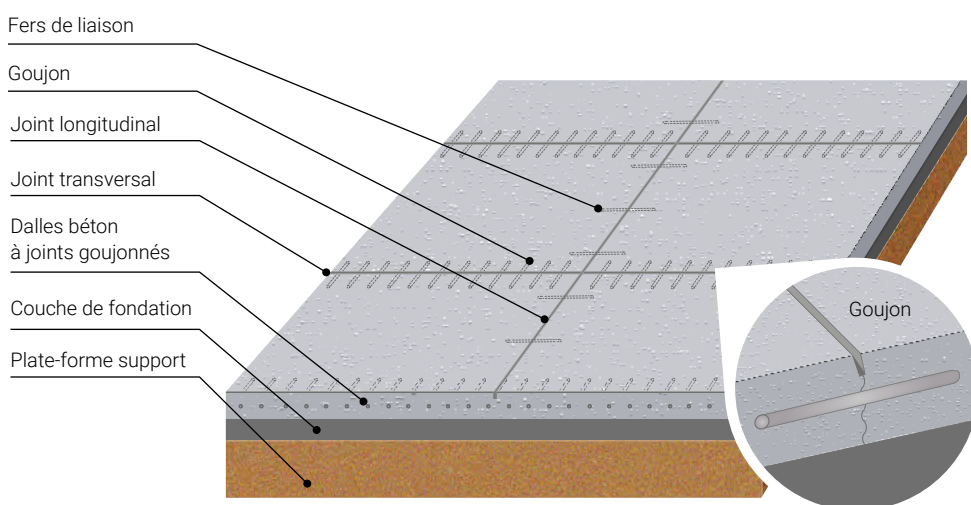


# Concept de dalles goujonnées BCg

## 1 • Qu'est-ce qu'une dalle goujonnée BCg ?

La dalle goujonnée est un revêtement de chaussée en béton de ciment qui comporte, au droit des joints, des goujons disposés à cheval sur le joint, en général à mi-épaisseur de la dalle béton (cf. schéma 1).

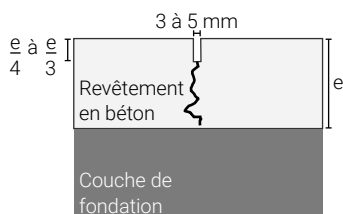
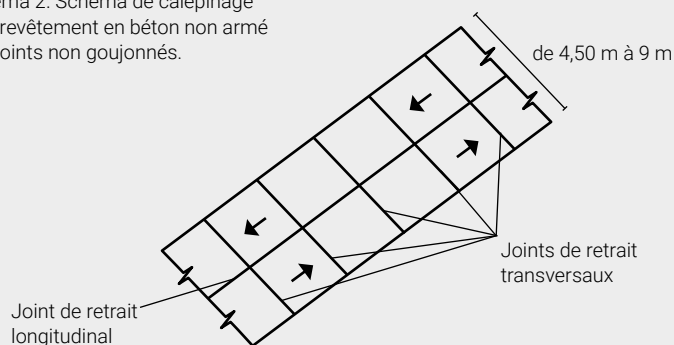
➤ Schéma 1. Schéma de calepinage d'un revêtement en béton non armé et à joints goujonnés.



## 2 • Pourquoi le revêtement en dalles à joints goujonnés ?

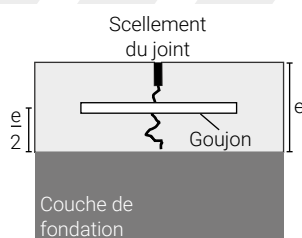
Excepté les revêtements en béton armé continu (BAC), où le retrait du béton est contrôlé et organisé par les armatures longitudinales continues placées à mi-hauteur du béton (cf. *focus technique dans Routes Info #06*), les revêtements non armés doivent faire l'objet d'un schéma de calepinage de joints afin de contrôler et de gérer le retrait du béton. Ces revêtements sont donc constitués d'une ou de plusieurs bandes de béton, séparées par des joints longitudinaux parallèles à l'axe de la chaussée et entrecoupées par des joints transversaux perpendiculaires à l'axe de la chaussée (cf. schéma 2).

➤ Schéma 2. Schéma de calepinage d'un revêtement en béton non armé et à joints non goujonnés.



⤴ Schéma 3. Schéma d'un joint de retrait non goujonné, illustrant bien la fissure de retrait en dessous du joint et l'engrènement des lèvres de la fissure.

On appelle « dalle » toute section de bande comprise entre deux joints transversaux. Dans ces revêtements, le transfert des charges, au niveau des joints, est assuré par l'emboîtement des lèvres des fissures et par l'engrènement des gros granulats (cf. schéma 3).



↑ Schéma 4. Schéma illustrant un joint de retrait équipé de goujon.

Dans le cas de revêtements en béton, appelés à supporter un trafic lourd important et sur une longue durée, les joints doivent être équipés de goujons, disposés à mi-épaisseur de la dalle et à cheval sur le joint. Leur rôle est d'assurer le transfert d'effort tranchant aux joints, d'abord en combinaison avec les plus gros granulats du béton et ensuite seuls, dès que l'engrènement par les gros granulats devient insuffisant du fait du retrait du béton et de l'usure de ces granulats dans le temps. Ils permettent ainsi de conserver l'alignement horizontal et vertical des dalles. En outre, ces goujons ne doivent pas induire d'efforts mécaniques de traction dans le béton lors des mouvements horizontaux des dalles liés aux phénomènes de contraction ou d'allongement par effets thermiques ou hydriques. Ils doivent donc pouvoir glisser librement dans leur logement. Pour garantir cette possibilité, les goujons sont lisses, rectilignes, sans aspérités aux extrémités et enduits d'une fine couche de produit bitumineux ou plastique (une couche trop épaisse annule le rôle du goujon). Le système joint-goujons est donc un élément structural primordial vis-à-vis de la durabilité de ces structures (cf. schéma 4).

## Les goujons

Ce sont des barres en acier lisse, de nuance supérieure ou égale à Fe E 235 MPa, plastifiées ou enduites pour faciliter le glissement du béton, positionnées à la fibre neutre, à cheval sur le joint de chaussée en béton et perpendiculairement à celui-ci, afin d'assurer le transfert de charge tout en permettant la dilatation du béton. Les spécifications des goujons doivent être conformes à la norme NF EN 13877-3. Les dimensions des goujons (diamètre et longueur) utilisés en construction routière et leurs espacements sont donnés dans le tableau B.1 de l'Annexe B informative de la norme française NF P 98 170.



## 3 • Typologie des structures en dalles goujonnées

En fonction de la destination et du trafic, les structures en dalles béton à joints goujonnés peuvent être :

- > Sans fondation : le revêtement en béton à joints goujonnés est posé directement sur la plateforme support.
- > Avec fondation : la couche de fondation peut être, selon les conditions du projet, soit une couche granulaire, soit une couche en grave-liant hydraulique, soit une couche en béton maigre (BC2 ou BC3), soit une couche en béton compacté BCR, soit une couche en grave-bitume. Dans ce dernier cas, la structure est désignée comme « chaussée composite en dalles goujonnées ».

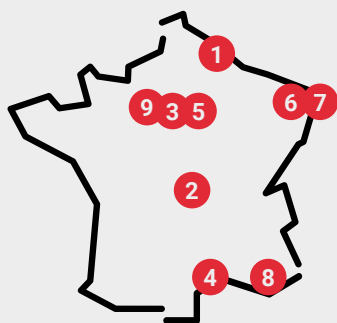
## 4 • Traitement de surface

Pour conférer au béton les qualités d'adhérence et d'esthétique voulues, plusieurs techniques de traitement de surface sont envisageables : béton balayé, béton désactivé, béton sablé, béton boucharde, béton coloré, béton hydrogommé, béton poncé.

## 5 • Domaines d'emploi

Le revêtement en dalles béton à joints goujonnés est utilisé dans la réalisation des plates-formes de bus, des carrefours giratoires, des aires de stationnement pour poids lourds sur les aires de repos, des aires de stationnement aéroportuaires, des routes départementales, des routes nationales et des autoroutes.

## Quelques références



### T 59

Les infrastructures de transports collectifs de surface  
Collection technique, CIMbéton, 2004.

### Bus à haut niveau de service BHNS & tramway sur pneus

La plate-forme en béton :  
un vrai choix d'avenir  
CIMbéton, SNBPE, 2016.

### Autres références

#### ■ Bus à haut niveau de service

Concept et recommandations  
Certu, Gart, Inrets, UTP, 2005.

#### ■ Bus à haut niveau de service

Du choix du système à sa mise en œuvre  
Certu, Gart, Inrets, Cete, UTP, 2009.

#### ■ Transport collectif en site propre

Les solutions béton  
SNBPE, 2011.

≡ Direction de la publication : François Redron  
≡ Direction de la rédaction, coordinateur des reportages : Joseph Abdo  
≡ Rédaction en chef : Charles Desjardins

≡ Reportages, rédaction : SCML Médias, Joseph Abdo, Étienne Diemert  
≡ Direction de projet & direction artistique : Fenêtre sur cour / Studio L&T  
≡ Crédits photos : CIMbéton, Tzen2, Conseil général de Seine-et-Marne, Signature, Vicat.

Pour tout renseignement, contacter CIMbéton. 7, place de la Défense 92974 Paris-la-Défense Cedex. Tél. : 01 55 23 01 00 - E-mail : centrinfo@cimbeton.net



## Conception des projets de voiries et d'aménagements urbains

### Principes fondamentaux (partie 3)

#### 7 • Les règles de l'art et la formulation du béton

Dans ce qui précède, il a été longuement question des sollicitations subies par le béton des voiries et des aménagements urbains. Pour faire face à ces sollicitations, les revêtements en béton nécessitent :

- > des règles de l'art spécifiques en matière de conception, c'est-à-dire les joints ;
- > une formulation de béton adaptée ;
- > des moyens de mise en œuvre et des dispositions constructives adéquates.

##### 7.1 / Les joints

Les joints ont pour but de localiser la fissuration du béton (phénomène inévitable en raison de sa nature et des variations climatiques journalières ou saisonnières) de manière précise et déterminée à l'avance. En fait, une voirie en béton se présente comme une succession de dalles séparées par des joints. La réalisation correcte de ces derniers est donc une condition essentielle à la pérennité de la voirie.

##### 7.2 / Les différents types de joints

On distingue trois grandes familles de joints : les joints transversaux, les joints longitudinaux et les joints de dilatation.

###### 7.2.1 / Joints transversaux

Ils sont perpendiculaires à l'axe de la route et sont classés en trois catégories :

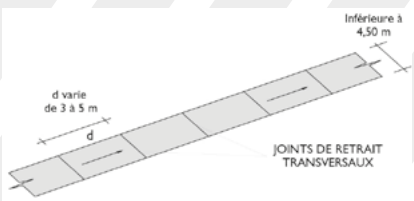
- > les joints de retrait-flexion ;
- > les joints de retrait-flexion goujonnés ;
- > les joints de construction.

Le rôle des joints de retrait-flexion est de réduire les sollicitations dues au retrait et au gradient de température. Ils sont réalisés en créant, sur la partie supérieure du revêtement, une saignée ou une entaille qui matérialise un plan de faiblesse, selon lequel le béton est amené à se fissurer sous l'action des contraintes de traction ou de flexion. Ces joints doivent avoir une profondeur comprise entre un quart et un tiers de l'épaisseur du revêtement et une largeur comprise entre 3 et 5 mm.

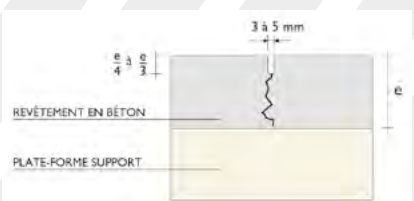
L'espacement optimal des joints dépend du retrait du béton, des caractéristiques de friction de l'infrastructure et de l'épaisseur du revêtement. Le transfert de charges au droit des joints est d'autant mieux assuré que leur espacement est réduit. Toutefois, l'expérience et la pratique ont permis d'établir une corrélation directe entre l'espacement des joints et l'épaisseur du revêtement. L'espacement recommandé est de l'ordre de 25 fois l'épaisseur du revêtement.

Les goujons ont pour rôle d'améliorer le transfert des charges au droit des joints de retrait-flexion. Ils sont utilisés pour les routes à fort trafic. De diamètre compris entre 20 et 30 mm, ils sont installés à mi-hauteur de la dalle, dans le sens longitudinal, et espacés de 0,30 m.

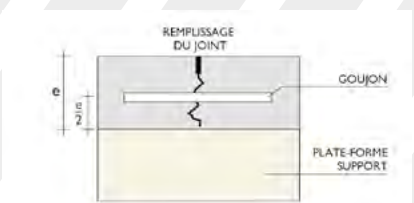
Les joints de construction sont réalisés après chaque arrêt de bétonnage supérieur à une heure. La dalle est retournée à 90 ° pour obtenir un bord franc et solidariser avec la coulée de béton suivante à l'aide de goujons d'un diamètre de 20 à 30 mm, placés à mi-hauteur, dans le sens longitudinal, et espacés de 0,30 m. Dans le cas où un revêtement est mis en œuvre en plusieurs bandes, un joint de construction doit correspondre obligatoirement à un joint de retrait-flexion dans la bande adjacente.



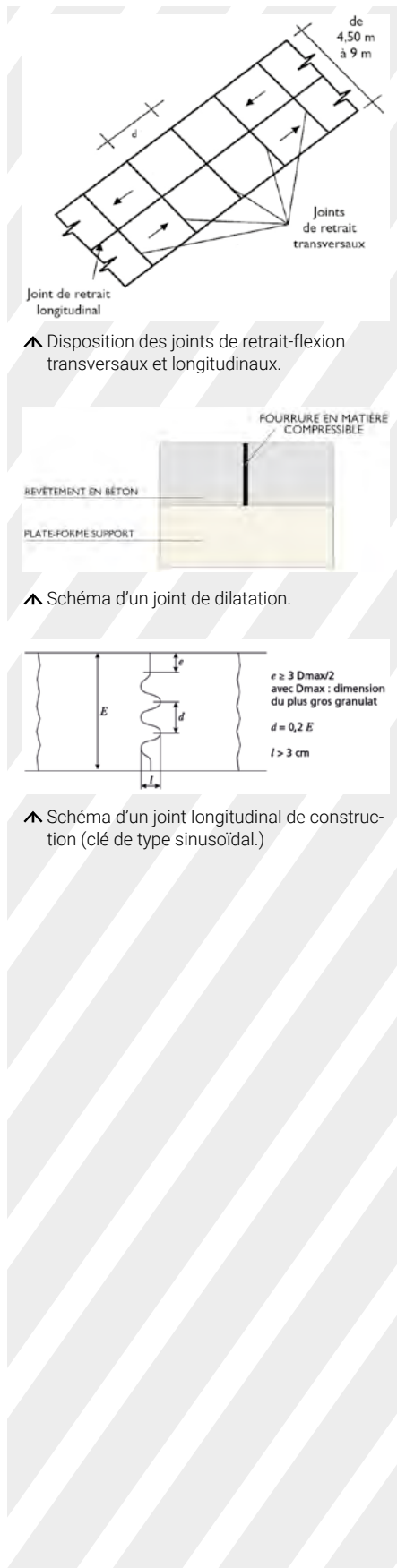
⬆ Schéma de jointement pour une voirie à une voie de circulation.



⬆ Schéma d'un joint de retrait-flexion.



⬆ Schéma d'un joint de retrait goujonné.



Disposition des joints de retrait-flexion transversaux et longitudinaux.

Schéma d'un joint de dilatation.

Schéma d'un joint longitudinal de construction (clé de type sinusoïdal).

## 7.2.2 / Les joints longitudinaux

Ces joints sont parallèles à l'axe de la voirie. Ils ne sont nécessaires que si la largeur du revêtement est supérieure à 4,50 m. Ils sont classés en deux catégories :

- > Les joints longitudinaux de retrait-flexion servent principalement à compenser les contraintes provoquées par le gradient thermique. Ils sont réalisés en créant, dans le revêtement coulé en pleine largeur, une saignée ou une entaille longitudinale, dont les caractéristiques sont similaires à celles des joints de retrait-flexion transversaux.
- > Les joints longitudinaux de construction sont réalisés quand le revêtement est mis en œuvre en plusieurs bandes. Il est recommandé de solidariser les deux bandes adjacentes du revêtement, soit en façonnant une clé constituée de formes conjuguées, soit en utilisant des fers de liaison transversaux pour maintenir l'alignement vertical des bandes adjacentes et maîtriser l'ouverture du joint.

## 7.2.3 / Les joints de dilatation

Le rôle des joints de dilatation est de compenser les variations dimensionnelles des dalles, dues essentiellement à l'élévation de la température. Ils sont requis dans le cas d'un bétonnage hivernal (cf. « *Note de calcul des joints longitudinaux* » à paraître dans *Mémo technique de Routes Info #08*) et dans certains cas particuliers pour séparer complètement la dalle des équipements fixes, comme les regards, les socles de lampadaires, les bâtiments, les approches d'ouvrages d'art, les virages à faible rayon de courbure, etc. Ils constituent une interruption totale du revêtement sur toute son épaisseur. La saignée est remplie d'une fourrure en matière compressible, dont l'épaisseur est comprise entre 10 et 20 mm. Un soin particulier doit être accordé à la réalisation de ces joints.

## 7.2.4 / Disposition des joints

Pour concevoir un schéma de jointoiement, on tiendra compte de certaines règles pratiques, qui sont détaillées ci-après.

- > Les joints de retrait-flexion découpent le revêtement en dalles. Il est préférable de donner à ces dalles une forme carrée ou rectangulaire avec un rapport dimensionnel maximal de 1,5 à 1.
- > Des formes autres que carrées ou rectangulaires sont cependant permises pour adapter le revêtement aux besoins du tracé, à la géométrie de la voirie. Ces formes sont telles qu'elles ne comportent pas d'angle aigu.
- > Des joints de dilatation doivent être exécutés pour isoler le revêtement de certains équipements fixes, comme les regards, les socles de lampadaires, etc.

## 7.3 / Formulation du béton

Les bétons destinés aux aménagements urbains se composent, en principe, de granulats (sable, gravillons), de ciment, d'eau et d'adjuvants. Ils doivent être formulés en vue de posséder trois particularités.

- > Des résistances mécaniques élevées permettant au revêtement de subir, sans dégradation, les sollicitations mécaniques répétées, provoquées par les usagers, ainsi que les sollicitations dues aux gradients thermiques. Compte tenu du mode de fonctionnement des revêtements urbains, les bétons sont caractérisés par la résistance à la traction par flexion. En pratique, l'essai de traction par fendage (norme NF EN 12390-6) est utilisé pour caractériser le béton destiné aux couches de roulement, et l'essai de compression (norme NF EN 12390-3) pour le béton réservé aux couches de fondation. La norme NF P 98-170 « Chaussées en béton. Exécution et contrôle » prévoit six classes de résistance.
- > Une teneur en air occlus permettant au béton de résister aux effets du gel et des sels de déverglaçage. Elle est requise pour tous les bétons routiers et mesurée conformément à la norme NF EN 12350-7. La teneur en air occlus jugée nécessaire pour un béton routier doit être comprise entre 4 et 6 %. Au-dessus de 6 %, la résistance du béton baisse de manière importante. En dessous de 4 %, le béton n'est pas suffisamment protégé. L'air occlus est obtenu grâce à l'adjonction d'un adjuvant entraîneur d'air.
- > Une consistance du béton permettant d'obtenir un bon surfacage du revêtement, c'est-à-dire uni. La consistance du béton est l'une des propriétés requises pour sa mise en place ; le choix est généralement du ressort de l'entreprise exécutant les travaux. Elle est mesurée par l'essai d'affaissement au cône d'Abrams (norme NF P 18-451). C'est la consistance au moment de la mise en œuvre qui doit être prise en considération. On vise, en général, des consistances inférieures à 5 cm, lorsque la mise en œuvre se fait à l'aide d'une machine à coffrages glissants. ■