

AULNAY-SOUS-BOIS

SEINE-SAINT-DENIS (93)



#mieuxcirculer #mieuxvivre #chantier #bétonbiomécanique #pistecyclable



Béton
biomécanique



2 319 m²



Seine-
Saint-Denis

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage

Département de la Seine-Saint-Denis

Maîtrise d'œuvre

Département de la Seine-Saint-Denis

Mise en œuvre du béton

Eurotech Floor

Fournisseur du béton

Lafarge Bétons

Fournisseur du ciment

Lafarge Ciments

PHOTO D'OUVERTURE : La piste cyclable réalisée début 2020 par Eurotech Floor à Aulnay-sous-Bois.

Soucieux de développer les « mobilités douces », le département de la Seine-Saint-Denis souhaite devenir « 100 % cyclable d'ici à 2024 », année des Jeux olympiques de Paris. Il a lancé un ambitieux programme de construction, marché sur lequel les entreprises du béton décoratif sont bien placées. Exemple avec Eurotech Floor et son concept de béton « biomécanique ».

SITUATION

Aulnay-sous-Bois (Seine-Saint-Denis) se situe au nord-est de Paris, à une demi-heure de voiture de la capitale et à 5 km de l'aéroport Roissy-Charles-de-Gaulle. La ville compte 90 000 habitants. Autour du centre ancien (quartier du Vieux-Pays), le sud de l'agglomération accueille des quartiers pavillonnaires, tandis que le nord est occupé par des grands ensembles (notamment le quartier de la Rose-des-Vents, ex-« cité des 3 000 »), des zones industrielles (ancienne usine PSA, parc d'activités Garonor, centre commercial O'Parinor, soit 30 % de l'espace urbain) et des espaces naturels (dont le parc départemental du Sausset et le parc Robert-Ballanger, qui occupent 15 % du territoire de la commune).

SCHÉMA DIRECTEUR DES ITINÉRAIRES CYCLABLES

La Seine-Saint-Denis et la ville d'Aulnay aiment le vélo... Et elles le prouvent !

En septembre 2020, le conseil départemental a adopté un « plan vélo » très ambitieux. Il doit permettre au 93 de devenir « 100 % cyclable d'ici à 2024 », année des Jeux olympiques de Paris. Pour y parvenir, un investissement de 150 millions d'euros a été voté. Il va servir à concrétiser pas moins de 324 projets en cours sur 250 km de voies à aménager. Parallèlement, le département souhaite « développer une culture du vélo au sein de la population ». Pour cela, une organisation spécifique va être mise en place avec pour objectif de « faire du vélo le principal mode de transport du département ».

« Cette stratégie 100 % cyclable est le fruit d'un long travail d'analyse pour concevoir des projets adaptés à chaque route du territoire, explique Stéphane Troussel, le président du conseil départemental. Le travail partenarial engagé depuis des années avec les communes, les établissements publics territoriaux, mais aussi les associations de cyclistes, sera encore renforcé pour assurer le meilleur maillage possible partout en Seine-Saint-Denis. Notre engagement pour le vélo, moyen de transport propre et économique, a gagné en ampleur cette année et ne cessera de croître, jusqu'à ce que toute personne qui le souhaite puisse se déplacer en vélo en toute sécurité dans le département. »



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

ÉTAT DES LIEUX

En 2019, dans le cadre du Plan Mobilité durable du département, 21 km de pistes cyclables avaient déjà vu le jour dans le 93. Début 2020, un autre projet a été réalisé à Aulnay-sous-Bois, le long de l'avenue Suzanne-Lenglen. Un choix logique pour une ville qui a manifesté très tôt son intérêt pour ce mode de locomotion, puisqu'elle s'est dotée d'un schéma directeur des itinéraires cyclables dès 2012.

LE PROJET

Le projet « Suzanne-Lenglen » consistait à prolonger une piste cyclable (2,50 m de large) et une piste piétonne (1,50 m) déjà existantes sur un linéaire de 600 m, avec une pente de 2 % en travers.

Dans ce cas précis, l'ouvrage était à réaliser entre deux espaces verts, à proximité immédiate de végétaux réimplantés dans une terre naturelle et apportée sur place. Outre les fonctionnalités, l'objectif du choix des matériaux et de leur agencement était de donner une unité et une image qualitative à l'ensemble du projet du chemin des Parcs.

Choix du matériau de la structure de chaussée

Solution déjà retenue pour la piste cyclable existante, le béton s'impose, sans concurrence, notamment pour sa solidité et son esthétique.

Choix de la structure de chaussée

Le nouveau cheminement est strictement réservé aux piétons et aux cyclistes. Il n'est pas destiné au trafic de véhicules. La structure est donc constituée d'un revêtement en béton d'épaisseur 12 cm, coulé directement sur une plate-forme support en grave naturelle calcaire 0/31,5, d'épaisseur 15 cm, de portance PF2 (module EV2 compris entre 50 MPa et 80 MPa).

Choix de la finition en béton « bouchardé-piqué » ocre clair et gris clair

> Couleur

Conformément à la demande de la Région, deux teintes de béton sont proposées pour différencier les cheminements piétons et cycles :

- La piste cyclable bidirectionnelle, d'une largeur de 2,5 m, est traitée avec des matériaux ocre clair.
- La bande piétonne, d'une largeur de 1,5 m, est traitée avec des matériaux de couleur gris clair. Cette teinte permet l'harmonisation avec l'enrobé des trottoirs et des carrefours existants.

> Finition

Pour le traitement de surface, le conseil départemental innove par rapport à l'ouvrage existant en retenant une finition piquée, proche du bouchardage, mais permettant d'obtenir une surface plus régulière, tout en offrant une bonne adhérence. Esthétiquement, le changement est peu notable.

Choix de l'entreprise

Dans le cadre d'un marché annuel d'entretien et de poursuite des travaux, le chantier est confié à la Société nouvelle de travaux publics et particuliers (SNTPP), basée à Fontenay-sous-Bois (Val-de-Marne). L'entreprise Eurotech Floor, originaire de la Seine-Saint-Denis (Neuilly-sur-Marne), est retenue pour la réalisation du revêtement en béton. Une première pour cette société et un choix en accord avec la dimension environnementale du projet, qui s'accompagnait de la création d'une promenade plantée. « Chez Eurotech Floor, nous avons fait le choix d'une forte sensibilité à l'environnement en développant une approche que nous avons baptisée "biomécanisation" », explique Marjorie Debonnaire, responsable des opérations commerciales au sein de l'entreprise présidée par Dany Baptista. Membre du Specbea et spécialisée dans les bétons décoratifs au sol, en intérieur comme en extérieur, la société développe de nouveaux procédés « sans produits chimiques et sans rejet » pour réduire l'impact de ses chantiers. « Nous avons mis en œuvre des techniques et des approches innovantes, respectueuses de cette dimension "verte". »

MISE EN ŒUVRE

Le chantier s'est déroulé du troisième trimestre 2019 au premier trimestre 2020.

Il a débuté par une phase de terrassement et de travaux sur les réseaux, suivie de l'installation de candélabres et de nombreuses interventions VRD réalisés par l'entreprise SNTPP (apport de terre végétale, plantations) visant à créer la promenade plantée.

Réalisation de la plate-forme support

Sur un fond de forme bien nivelé et compacté, l'entreprise SNTPP a mis en œuvre une couche de forme en grave naturelle calcaire 0/31,5, d'épaisseur 15 cm dans le but d'atteindre le niveau de portance PF2, exigé par le maître d'œuvre.



▲ La carte des pistes cyclables existantes et en cours de réalisation en Seine-Saint-Denis.



▲ Les deux finitions de béton : ocre clair à gauche et gris clair à droite.

Le coulage du béton a été effectué dans un laps de temps très court : une journée pour le béton gris et une autre pour le béton jaune, soit 2 319 m² mis en œuvre en deux jours.



Formules
&
données

Le béton est fourni par la centrale BPE Lafarge de Pantin. Il a été réalisé avec du ciment Lafarge 25/30. Il s'agit d'un BC3 (classe de trafic inférieure à 150 PL/j/sens) Artevia Roche Tolbiac D22 ocre taupe, sans colorant pour la version grise) et coloré avec la référence jaune de Lafarge, dosée à 4 kg/m³.
Le granulat est un 8/22 silico-calcaire concassé.



⤴ Le tirage du béton au rouleau Striker.
Il n'a pas été vibré pour ne pas faire descendre le granulat, qui doit rester en surface pour le bon aspect visuel de la finition piquée.



⤴ Les joints de retrait-flexion ont été réalisés le lendemain du coulage par sciage sur un tiers de l'épaisseur du béton, tous les 3 ml (piste cyclable) et tous les 1,5ml (voie piétonne).

⊕ Consultez le focus technique sur les pistes cyclables en p. 6.

Phasage du bétonnage

La piste piétonne a été coffrée des deux côtés, puis coulé en une seule fois. Ensuite, Eurotech Floor a décoffré la piste piétonne pour coffrer la périphérie de la piste cyclable. Celle-ci a été coulée en une seule fois. La jonction entre les deux teintes de béton est matérialisée par un joint de construction qui sera scié pour délimiter les deux zones.

Coffrage

Le chantier, très linéaire (à l'exception du contournement d'un des trois massifs en béton soutenant un pylône électrique), a nécessité la pose de 1 800 ml de coffrage (3 x 600 ml).

Fabrication du béton

Le béton est fourni par la centrale BPE Lafarge de Pantin. Il est réalisé avec du ciment Lafarge. Pour confectionner le béton jaune destiné à identifier la piste cyclable, plusieurs planches d'essais sont réalisées afin d'être en parfaite conformité avec l'existant, tant du point de vue de la couleur que du granulat.

Le béton retenu est un béton de chaussée de catégorie BC3, suffisant pour un revêtement d'une piste cyclable, non autorisé à la circulation des véhicules et des poids lourds

- pour la version grise : l'Artevia Roche Tolbiac D22 ocre taupe, sans colorant.
- pour la version jaune : l'Artevia Roche Tolbiac D22 ocre taupe, coloré avec la référence jaune de Lafarge, dosée à 4 kg/m³.

Le granulat est un 8/22 silico-calcaire concassé.

Transport du béton

Le béton est livré par toupie sur le chantier.

Bétonnage

Livré à la pompe (flèche 24/28 m), le béton est fibré et a une consistance S3.

Outre la sensibilité environnementale, les conditions particulières de la mise en œuvre du béton constituent les deux autres singularités de ce chantier.

> Contrainte de durée de mise en œuvre

« La réalisation des bétons décoratifs au sol se fait à la fin du chantier, lorsque toutes les entreprises (VRD, éclairage, terre végétale, etc.) ont terminé leurs travaux, détaille Marjorie Debonnaire. Les différents aléas de chantier compriment bien souvent les délais pour l'applicateur de béton qui arrive à la fin. Eurotech Floor a dû s'adapter à ces contraintes pour ouvrir cette piste en accélérant ces temps d'exécution. La biomécanisation avec une machine de grande envergure (1,50 m de diamètre) nous a permis d'être plus rapides pour la réalisation de la finition piquée et de rendre le chantier à ses utilisateurs. » Le coulage du béton a été effectué dans un laps de temps très court. À savoir : une journée pour le béton gris et une autre pour le béton jaune. Cette contrainte de planning a imposé la mise en œuvre de 2 319 m² de béton en deux jours, avec des coulages se déroulant durant huit ou neuf heures, avec roulement des équipes, pour quatre compagnons. « Un coulage express », commente Marjorie Debonnaire d'Eurotech Floor.

> Contrainte de sécurité

Les voies piétonne et cycliste en construction se situaient à l'aplomb d'une ligne à haute tension. La présence de cette dernière rendait délicate l'utilisation d'une pompe à béton, dont l'usage était pourtant impératif compte tenu des difficultés d'accès. « Le problème a été résolu par l'utilisation de détecteurs de lignes électriques, dotés d'alarme, pour empêcher la création d'un arc électrique en cours de coulage », explique Marjorie Debonnaire.

> Épaisseur

Les bétons gris et jaune ont été mis en œuvre directement sur la plate-forme support, sur une épaisseur de 12 cm, en accord avec la norme pour les voies piétonnes et cyclables.

> Lissage

Le béton a été tiré au rouleau Striker et n'a pas été vibré pour ne pas provoquer la ségrégation du béton, qui doit rester en surface pour le bon aspect visuel de la finition piquée.

> Joints

Des joints de dilatation munis de plats métalliques, avec une fourrure compressible de 2 cm de large, ont été posés avant le coulage tous les 30 ml et sur toute la hauteur du béton. Le garnissage s'est effectué après la finition du béton.

Des joints de retrait-flexion ont été réalisés le lendemain du coulage par sciage sur un tiers de l'épaisseur du béton, tous les 3 ml (piste cyclable) et 1,5 ml (voie piétonne). Pour ne pas épauprer les bords, ils ont été remplis avec un coulis à prise accélérée avant la réalisation de la finition piquée. Ils ont été ensuite rouverts par sciage.

> Réouverture à la circulation

Les futures voies piétonne et cyclable ont été rapidement rouvertes à la circulation des vélos, minimisant la gêne pour les usagers, notamment à proximité d'une station de bus.

Finition

Un mois s'est écoulé avant le traitement de surface en finition piquée.

Cette finition permet de décaper à la fois la couche de laitance en surface et de réaliser une accroche antidérapante par le piquage de la surface. Avec cette finition, on entre un peu plus dans la matière du béton pour dévoiler le granulat sans le déchausser.

Pour la réaliser, Eurotech Floor a utilisé une machine dite « biomécanique », qu'elle a conçue et spécialement mise au point. « C'est une machine sur laquelle s'installe un compagnon qui la télécommande, commente Marjorie Debonnaire. Elle est équipée d'outils diamantés que nous avons adaptés pour la finition piquée comme une bouchardeuse. Elle aspire la poussière produite, sans utilisation d'eau. Les résidus sont récupérés dans des sacs, puis évacués en décharge ou réutilisés dans les fonds de forme ou dans les sous-couches des coulages ultérieurs. Dans la mesure où cette machine pèse environ deux tonnes, il faut attendre que le béton ait atteint une résistance à la pression d'au moins 20 MPa pour la mettre en œuvre. Elle fonctionne grâce à un moteur électrique alimenté par un groupe électrogène. Outre le conducteur de l'engin, deux autres compagnons interviennent. Ce nouvel outil résume bien notre démarche : des chantiers plus respectueux pour la nature et pour les hommes, grâce à une double approche environnementale et ergonomique. C'est notre concept de "biomécanique". »

Quatre jours ont été nécessaires pour réaliser la finition piquée.

Marquage et signalisation

Sur une partie de la nouvelle voie, des bandes structurantes en pavés gris anthracite signalent le contournement des pylônes à haute tension ou marquent les passages piétons. Les pistes disposent d'un marquage et d'une signalétique spécifiques.



⤴ La machine biomécanique destinée à réaliser une finition piquée.



⤴ La voie piétonne (de couleur grise) et la piste cycliste (de couleur jaune).



⤴ Le chantier, très linéaire a nécessité la pose de 1 800 ml de coffrage (3 x 600 ml).



⤴ Une bande structurante en pavé.



⤴ La ligne à haute tension surplombant la piste cyclable et la bande piétonne.



⤴ La piste cyclable et la bande piétonne ont été rapidement ouvertes à la circulation.

Conditions météo

Bien qu'il ait été réalisé en hiver, le chantier de la voie Suzanne-Lenglen n'a pas été perturbé par les conditions météo.

BILAN

Achévé juste avant le confinement contre le Covid-19, ordonné par le gouvernement du 17 mars au 11 mai 2020, le chantier de la voie Suzanne-Lenglen à Aulnay-sous-Bois est symbolique à plusieurs égards : il concrétise l'entrée du département de la Seine-Saint-Denis dans l'ère du « 100 % cyclable » et il souligne la capacité des entreprises spécialisées dans le béton décoratif à développer une offre attrayante sur ce marché prometteur aux exigences environnementales fortes. Des perspectives d'avenir « gagnantes-gagnantes ». ■

EN QUELQUES CHIFFRES

- > **Superficie** : 2 319 m².
- > **Candélabres** : 33
- > **Arbres** : 72 dont 30 déjà plantés
- > **Végétalisation** : 3 750 m² de prairie fleurie et une bande de 1 m de pelouse de trèfle le long de la piste cyclable, de part et d'autre.

LIENS UTILES

> **Conseil départemental de Seine-Saint-Denis**
www.seinesaintdenis.fr

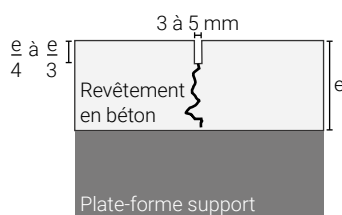
> **Eurotech Floor**
www.eurotechfloor.fr

> **LafargeHolcim**
www.lafarge.fr/lafargeholcim-en-france

> **Infociments Routes**
<https://www.infociments.fr/route>

➤ L'ouvrage a été réalisé entre deux espaces verts, à proximité immédiate de végétaux réimplantés dans une terre naturelle.

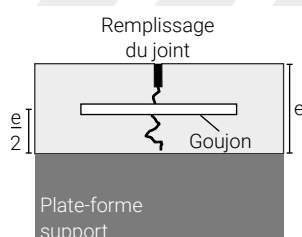




▲ Schéma 1. Schéma d'un joint de retrait / flexion.

Épaisseur du revêtement en béton (cm)	Espacement des joints de retrait/flexion transversaux (m)
12	3,00
14	3,50
16	4,00
18	4,50
20 ou plus	5,00

▲ Tableau 1. Espacement des joints de retrait/flexion en fonction de l'épaisseur de la dalle.



▲ Schéma 2. Schéma d'un joint de construction goujonné.

1 • Les joints

Excepté le Béton Armé Continu où le retrait du béton est contrôlé par l'utilisation d'une nappe d'armatures longitudinales (Cf. Focus de Routes Info # 05), les revêtements en béton non armés nécessitent, pour maîtriser le retrait du béton, de réaliser des joints dont le but est de localiser la fissuration de retrait du béton (phénomène inévitable) de manière précise et déterminée à l'avance et de réduire ainsi les sollicitations dues au retrait et au gradient thermique. Il est réalisé en créant dans le revêtement une discontinuité totale sur toute la hauteur du revêtement (cas du joint de construction et du joint de dilatation) 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 par flexion (cas du joint de retrait). En fait, une voirie en béton se présente comme une succession de dalles séparées par des joints ou des joints/fissures. La réalisation correcte des joints est donc une condition essentielle à la pérennité de la voirie.

1.1/ Les différents types de joints

On distingue trois grandes familles de joints : les joints de retrait/flexion, les joints de construction et les joints de dilatation.

1.1.1/ Joints de retrait/flexion

Leur rôle est de réduire les sollicitations dues au retrait du béton et au gradient de température. Ils sont réalisés en créant à 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 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 (cf. schéma 1).

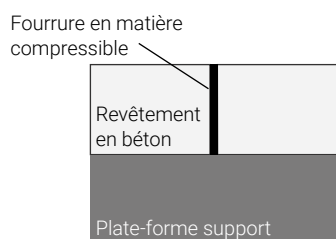
L'espacement optimal des joints dépend du retrait du béton, des caractéristiques de friction de l'infrastructure et de l'épaisseur du revêtement. Le transfert de charges aux droites des joints est d'autant mieux assuré que leur espacement est réduit.

Toutefois, l'expérience et la pratique ont permis d'établir une corrélation directe entre l'espacement des joints et l'épaisseur du revêtement. Le tableau 1 présente les espacements recommandés en fonction des épaisseurs de la dalle en béton.

En outre, les joints de retrait/flexion nécessitent, dans certains cas, d'être goujonnés. Les goujons ont pour rôle d'améliorer le transfert des charges aux droites des joints de retrait/flexion. Les goujons sont conformes à la norme NF EN 13877-3. Leurs dimensions et leurs espacements, fonction de l'épaisseur du revêtement, sont donnés dans le tableau B.2 de l'Annexe B de la norme NF P 98 170.

1.1.2/ Joints de construction

Ils sont réalisés après chaque arrêt de bétonnage supérieur à une heure. La dalle est retaillée à 90°, pour obtenir un bord franc, et solidarisée avec la coulée de béton suivante, à l'aide de goujons (cf. schéma 2). 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 3. Schéma d'un joint de dilatation.

1.1.3/ Les joints de dilatation

Leur rôle est de compenser les variations dimensionnelles des dalles, dues essentiellement à l'élévation de la température. Ils sont requis dans le cas où le bétonnage est réalisé en période hivernale (température ambiante comprise entre 5°C et 20°C au moment de la mise en œuvre de béton) ou dans certains cas particuliers pour séparer complètement la dalle des équipements fixes comme les regards, les socles de lampadaire, les bâtiments, les approches d'ouvrages d'art, les virages à faible rayon de courbure, etc. (Cf. *Note de calcul des joints de dilatation dans le Mémo technique figurant en Annexe de ce Routes Info*).

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 (cf. *schéma 3*). Un soin particulier doit être accordé à la réalisation de ces joints. Ces joints peuvent être équipés de goujons.

2 • Le dimensionnement

Pour une piste cyclable en béton construite en site propre, il n'y a pas en principe de trafic poids lourds ni véhicules légers (les vélos ne comptent pas) et son dimensionnement est alors fixée au minimum d'épaisseur des revêtements béton, soit 12 cm. Mais il ne faut pas perdre de vue que, dans sa conception, une piste cyclable peut être appelée à supporter occasionnellement le passage des véhicules de service ou d'intervention et, en certains points particuliers (croisements avec des voies d'accès à des habitations, à des usines, etc.), un trafic d'accès permanent. Le dimensionnement d'une piste cyclable doit donc tenir compte de ces particularités.

2.1/ Choix de la classe de trafic

Nous distinguons deux domaines :

- En section courante, une piste cyclable ne devrait en principe subir que le passage des vélos (Trafic véhicules ou poids lourds est considéré nul) ou éventuellement le trafic des véhicules de service (trafic véhicules ou poids lourds est occasionnel T7).
- En situation de croisement avec des voies d'accès, une piste cyclable est amenée à subir un trafic permanent dont l'intensité peut varier en fonction de la zone desservie (Trafic T7, T6, T5). En ces points particuliers, la piste cyclable sera dimensionnée comme une structure routière.

2.2/ Détermination de l'épaisseur

Le dimensionnement a été mené en considérant les hypothèses de calcul suivantes :

- période de service : 20 ans ;
- taux de croissance annuel du trafic : 0 % ;
- béton classe BC5 (pour une piste cyclable circulée).

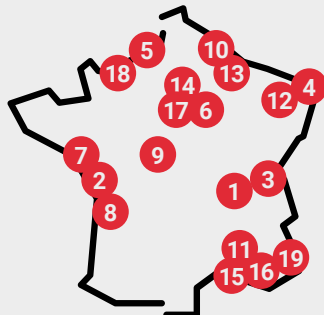
Le tableau 2 constitue une fiche de structures-types pour les pistes cyclables en béton.

→ Tableau 2. Dimensionnement des pistes cyclables en béton.

Nota : Pour une couche de roulement circulée, réalisée avec un béton de classe BC4, il convient d'ajouter 2 cm aux valeurs figurant dans le tableau 2.

Epaisseur du revêtement en béton				
Portance de la plate-forme support	Pistes cyclables non autorisées au trafic de véhicules et de poids lourds. Aucun trafic de Poids Lourds ou de véhicules	Pistes cyclables autorisées à la circulation des poids lourds (P.L) ou de véhicules (Vh) ou en situation de croisement avec des voies d'accès circulées par des poids lourds ou des véhicules (tous véhicules)		
		T7 1 à 2 P.L./j ou 0 à 40 Vh/j	T6 3 à 10 P.L./j ou 41 à 150 Vh/j	T5 11 à 25 P.L./j ou 151 à 750 Vh/j
PF1	12 cm	22 cm	23 cm	24 cm
PF2	12 cm	20 cm	21 cm	22 cm
PF2qs	12 cm	18 cm	19 cm	20 cm
PF3	12 cm	16 cm	17 cm	18 cm

Quelques références de chantiers pistes cyclables en béton



T 50

Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 1 : Conception et dimensionnement

Collection technique, CIMbéton, 2019.

T 51

Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 2 : Mise en œuvre

Collection technique, CIMbéton, 2009.

T 52

Voiries et aménagements urbains en béton. Tome 3 : Cahier des Clauses Techniques Particulières CCTP-Type ; Bordereau de prix unitaire BPU ; Détail estimatif DE

Collection technique, CIMbéton, 2007.

T 53

Espaces urbains en béton désactivé. Conception et réalisation

Collection technique, CIMbéton, 2005.

T 57

Voiries et aménagements urbains en béton. Revêtements et structures réservoirs

Collection technique, CIMbéton, 2007.

T 67

Aménagements décoratifs en matériaux naturels stabilisés aux liants hydrauliques. Caractéristiques techniques et règles de bonne pratique

Collection technique, CIMbéton, 2008.

T 69

Lutter contre l'imperméabilisation des surfaces urbaines. Les revêtements drainants en béton

Collection technique, CIMbéton, 2019.

Les bétons décoratifs

Voiries et aménagements urbains Tome 3 : Les règles de l'art

Specbea, 2019.

Liens utiles

- www.infociments.fr
- www.specbea.com
- www.snbpe.org
- www.idrrim.com
- www.cerema.fr
- www.af3v.org

■ 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, Eurotech Floor et Conseil départemental de Seine-Saint-Denis.

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



Note de calcul des joints de dilatation

1 • Généralités

Afin de déterminer le dimensionnement des joints de dilatation, il est nécessaire de prendre en compte deux phénomènes principaux :

- > Le retrait endogène ou intrinsèque du béton
- > La variation dimensionnelle du béton sous l'effet des variations de température.

1.1/ Le retrait endogène du béton au jeune âge

Ce phénomène est lié à la prise et à l'hydratation du ciment. Il entraîne une contraction du béton sur lui-même, et ce indépendamment de la température ambiante. Selon la formulation du béton, ce retrait est évalué entre 0.04% et 0.05 % (par rapport à la longueur de la dalle en béton).

Ainsi, pour une dalle en béton de 100 m de long, ce retrait est donc compris entre :

$$0.04 \% \times 100 \text{ m} = 0.04 \text{ m, soit } 4 \text{ cm}$$

Et

$$0.05\% \times 100 \text{ m} = 0.05 \text{ m, soit } 5 \text{ cm.}$$

Ce qui peut être traduit selon la formule générale (1) :

$$\Delta L_1 = L Re \quad (1)$$

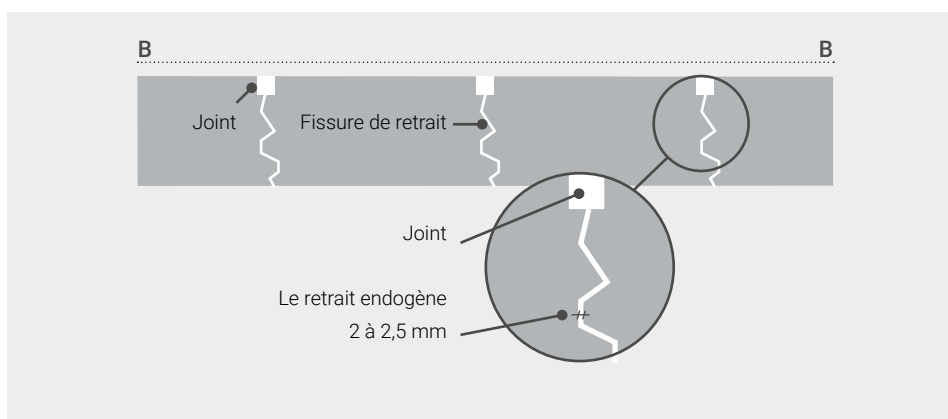
ΔL_1 La variation de longueur de la dalle liée au retrait endogène du béton au jeune âge. Elle est toujours négative.

L Longueur de construction de la chaussée.

Re Pourcentage de retrait endogène (compris entre 0,04 % et 0,05%).

Ce retrait se traduit par une fissuration anarchique, relativement régulière du béton. Afin de maîtriser cette fissuration anarchique, on réalise, au jeune âge, une amorce de fissuration ou joint par sciage du revêtement sur 1/4 à 1/3 de l'épaisseur du revêtement. Cette amorce de fissure est réalisée suivant un pas donné (en général tous les 5 m pour une dalle de 20 cm d'épaisseur). Ainsi le retrait (endogène) de la chaussée est réparti entre les différents joints (*cf. schéma 1*).

Pour une dalle de 5 mètres, le retrait endogène - donc l'ouverture de la fissure - sera compris entre 2 et 2,5 mm et est indépendant de la température.



↗ Schéma 1. Dalle de béton : représentation schématique du retrait endogène.



1.2/ La variation dimensionnelle du béton sous l'effet des variations de température

Le béton connaît des variations de longueur sous l'effet des variations de sa température.

La variation de longueur ΔL_2 d'une bande de béton, selon la variation de température, est donnée par la formule (2) :

$$\Delta L_2 = L \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \quad (2)$$

ΔL_2 La variation de longueur de la dalle liée à la dilatation ou la contraction du béton sous l'effet des variations de température. Elle peut être positive ou négative.

L Longueur de construction de la dalle.

α Coefficient de dilatation thermique du béton, constant et égal à 10^{-5} .

$\Delta \theta$ variation de température du béton.

La variation de température $\Delta \theta$ doit être prise comme la différence entre la température du béton la plus extrême (la plus élevée ou la plus basse) et la température du béton au moment du bétonnage, donc à sa mise en œuvre.

ΔL_2 peut être positive si $\Delta \theta$ est positive (température extrême observée supérieure à la température de bétonnage)

ΔL_2 peut être négative si $\Delta \theta$ est négative (température extrême observée inférieure à la température de bétonnage).

2 • Dimensionnement des joints de dilatation

Ainsi, la variation de longueur de la dalle béton est la résultante des deux formules (1) et (2). Ceci donne la relation (3).

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 \quad (3)$$

ΔL La variation de longueur totale.

Il est à noter que :

> chaque dalle de 5 mètres de longueur fonctionne séparément.

> le retrait endogène est réparti au niveau de chacun des joints de retrait. Il en est de même pour la contraction ou la dilatation thermique. Dans le cas d'une contraction thermique, ΔL_2 est négative et comme ΔL_1 est toujours négative, il s'ensuit que ΔL est négative. Les joints de retraits-flexion sont donc ouverts. En revanche, dans le cas d'une dilatation thermique, ΔL_2 est positive, et comme ΔL_1 est toujours négative il s'ensuit que le signe de ΔL dépend des valeurs relatives de ΔL_1 et ΔL_2 (cf. schéma 2) :

- $\Delta L_2 < \Delta L_1$ La dilatation thermique est inférieure au retrait endogène, les joints restent ouverts et il n'y a pas besoin de joints de dilatation.
- $\Delta L_2 = \Delta L_1$ La dilatation thermique est égale au retrait endogène, chacun des joints de retrait se retrouve alors fermé. Il n'y a pas besoin dans ce cas de réaliser des joints de dilatation.
- $\Delta L_2 > \Delta L_1$ La dilatation thermique excède le retrait endogène, on assiste à un déplacement des extrémités de la chaussée. D'où la nécessité d'installer des joints de dilatation pour reprendre cette variation de longueur. Le dimensionnement du joint de dilatation E_j se calcule selon la formule (4) :



$$Ej = \Delta L \times 1/\Delta m \quad (4)$$

Ej Largeur totale des joints de dilatation.

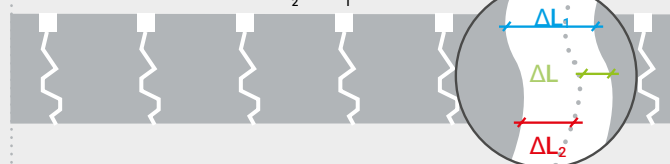
Δm Taux de compressibilité du mastic de joint de dilatation.

1. RETRAIT ENDOGÈNE

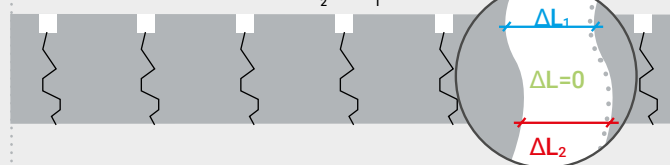


- > Fissuration répartie
- > Ouverture des joints de 2 à 2,5 mm

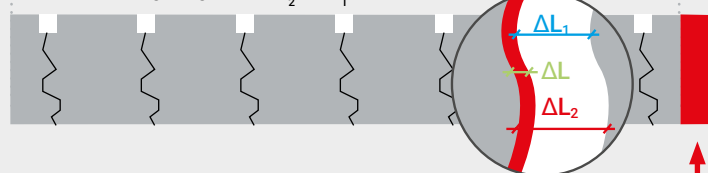
2. DILATATION FAIBLE : $\Delta L_2 < \Delta L_1$



3. DILATATION MODÉRÉE : $\Delta L_2 = \Delta L_1$



4. DILATATION FORTE : $\Delta L_2 > \Delta L_1$



↗ Schéma 2. Dalle de béton : représentation schématique du cumul du retrait endogène et de la dilatation thermique.

Excès de dilatation : se cumule en fin de dalle

EXEMPLE

- Longueur de la Dalle de béton : 100 m
- Espacement joint de retrait : 5 m
- Température de bétonnage : 10°C
- Température extrême observée au niveau d'un revêtement sur la région : 65°C
- Retrait endogène du béton : - 0,04%
- Coefficient de dilatation thermique du béton $\alpha = 10^{-5}$
- Δm : 25 %

CALCUL

$$\Delta L_1 = L \text{ Re} = 100 \times (-0,04\%) = -0,04 \text{ m}$$

soit - 4 cm

$$\Delta L_2 = L \cdot \alpha \cdot \Delta \theta = 100 \times 10^{-5} \times (65 - 10)$$

$$= 55 \times 10^{-3} = 0,055 \text{ m soit } 5,5 \text{ cm}$$

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 = -4 + 5,5 = 1,5 \text{ cm}$$

$$Ej = \Delta L \times 1/\Delta m = 1,5 \times 1/0,25 = 6 \text{ cm}$$

Il faut donc réaliser 3 joints de dilatation de largeur 2 cm chacun pour encaisser la dilatation du béton selon les hypothèses retenues dans l'exemple.