

Guide pratique Les joints : règles de l'art et dispositions constructives pour revêtements et ouvrages linéaires en béton de ciment



Guide pratique

Les joints : règles de l'art et dispositions constructives pour revêtements et ouvrages linéaires en béton de ciment



SPECIALISTES de la **C**HAUSSÉE
en **B**ETON et des **A**MÉNAGEMENTS

Remerciements

À la mémoire de **Charles PAREY**[†] et **Jean CHAUCHOT**^{††} qui nous ont beaucoup appris et souvent soutenu, ainsi que **Daniel GROB**^{†††} et **Alain DEPETRINI**^{††††} sans qui ce document ne serait pas ce qu'il est.

Le présent document a été établi pour le compte du syndicat des **SPÉ**cialistes de la **Chaussée** en **BÉ**ton et des **Aménagements** (SPECBEA) par le Groupe de Travail constitués des experts suivants :

Joseph ABDO / CIMbéton

Jean Maurice BALAY / IFSTTAR

Yves CHARONNAT / SPECBEA

Edwin CONSTANS / SOCOTRAS

Alain DEPETRINI / SPECBEA

Frédéric GRATESSOLLE / EIFFAGE TP Béton à plat

Daniel GROB / SPECBEA

Cyril HENRI / PROFIL 06

Gilles LAURENT / SPECBEA

Jean-Pierre MARCHAND / Route et Conseil

Jean-Louis NISSOUX / SPECBEA, animateur

Jean-Marc POTIER / SNBPE

Ludovic BAROIN / VIABéton Consult

Serge LE CUNFF / STAC-DGAC

Florence PERO / SPECBEA

ont été associés à la mise au point finale.



Saint Tropez - Villa Anthemis – mars 2014

[†] 1933- 2005, Directeur adjoint du LCPC (1972-1982), Directeur du SERT, Service des Etudes, de la Recherche et de la Technologie (1982-1988), Directeur Technique puis Directeur Général Adjoint de SCETAUROUTE (1988-1999),

^{††} 1926 - 2013, Directeur de Gailledrat, 1990-1995, ancien Président du SPECBEA,

^{†††} 1951- 2013, Directeur de Gailledrat, 1995-2000, ancien Président du SPECBEA,

^{††††} 1943 - 2014, Ingénieur Civil des Ponts et Chaussées 1966, de 1968 à 1997, diverses responsabilités chez SOLETANCHE, BOUYGUES et CHANTIERS MODERNES, Secrétaire général de 1997 à 2011 du SPECBEA.

1. Résumé

Le SPECBEA a considéré qu'il n'existait pas en France d'ouvrage récent, regroupant les informations à la fois « pratiques » et « scientifiques » sur le besoin, la conception et le dimensionnement, la réalisation, le matériel et les matériaux des joints de [chaussées](#) et plus généralement des ouvrages linéaires en [béton de ciment](#). Bien sûr, tous les ouvrages descriptifs ou réglementaires concernant les routes ou les pistes en béton de ciment, de certains de leurs usages particuliers tels que ronds-points, abordent de façon plus ou moins détaillée, des joints de ces ouvrages.

Il est utile de disposer d'un document unique, traitant de façon aussi complète que possible des joints de tous les revêtements ou ouvrages linéaires en béton, c'est-à-dire, de tous les ouvrages de section constante, réalisés soit manuellement ou mécaniquement entre coffrages fixes, soit en une ou plusieurs passes d'une machine assurant simultanément la densification, le moulage puis quasi instantanément, le démoulage du béton de ciment.

L'ouvrage « les joints : règles de l'art et dispositions constructives », rappelle :

- les différents types d'ouvrages concernés : bordures, caniveaux, glissières, fils d'eau, canaux d'évacuation ou d'irrigation, etc.
- les différents type de chaussées en béton : en dalles goujonnées ou non, en BAC, en béton armé à dalles longues, les pistes et voies de circulation aéroportuaires, les supports de voies ferrées (tramway, trains, bus guidés, ...), etc. et leur utilisations principales : rues, routes, places, trottoirs, etc.
- les différentes sollicitations de ces ouvrages (trafics et charges).

Il traite notamment :

- de la nécessité de localiser les discontinuités induites par les retraits du béton de ciment,
- de la nécessité des joints de construction (fin d'ouvrage, arrêt de fin de journée, de fin de semaine, passage d'ouvrage d'art, etc.),
- de l'éventualité de joints dans les fondations de chaussées en béton,
- de la conception et de l'exécution des joints et autres discontinuités des chaussées en béton de

ciment à destination routière, aéroportuaire, zone de manutention et stockage portuaire, voie de tramway, et plus généralement tout ouvrage en béton linéaire coulé en place.

Enfin l'ouvrage propose des solutions techniques pouvant être transposées en prescriptions contractuelles dans le cadre de consultations des entreprises ou des réponses de celles-ci.

L'ouvrage est destiné :

- aux entreprises (chef de chantier et conducteur de travaux notamment),
- aux bureaux d'études (publics et privés),
- à la maîtrise d'œuvre et à la maîtrise d'ouvrage (publique ou privée).



Toulon - Hôpital St Anne

2. Objectifs du document

L'objectif du présent document est de décrire la conception et l'exécution des joints et autres discontinuités des chaussées en béton de ciment à destination routière, aéroportuaire, zone de manutention et stockage portuaire, voie de tramway, et plus généralement tout ouvrage en béton linéaire coulé en place, manuellement ou mécaniquement.

Ce document intéresse principalement les personnes responsables de l'exécution des travaux sur le terrain, voire les exécutants ; il intéresse aussi les personnes responsables de la définition des travaux, des choix techniques et de l'évaluation des coûts. Ce document se veut prioritairement à destination des entreprises (chef de chantier, conducteur de travaux), mais aussi des bureaux d'études (publics et privés), et de la maîtrise d'œuvre.

Ce document essaye de proposer des solutions techniques pouvant être transposées en prescriptions contractuelles.

Les ouvrages d'art dont il est question ici sont les revêtements ou ouvrages linéaires en béton y compris les giratoires : routes, rues, mais aussi places, bordures, caniveaux, etc. Il s'agit de tous les ouvrages de section constante même si cette section peut changer de place en place, réalisés manuellement ou mécaniquement entre coffrages fixes, ou en une ou plusieurs passes d'une machine assurant simultanément la densification, le moulage puis quasi instantanément, le démoulage du béton de ciment. Le document ne traite pas des revêtements en matériaux traités aux liants hydrauliques compactés pendant l'exécution de

joint dans ce type de revêtement peut se référer aux prescriptions du présent document.

Les principaux types de joints selon leur positionnement sont les suivants (Figure 1) :

- perpendiculairement au sens du trafic on trouve les joints transversaux. Ils peuvent être de retrait, de construction, ou de dilatation.
- parallèlement au sens du coulage du béton, généralement le sens du trafic, on trouve les joints longitudinaux. Ils peuvent être de retrait, de construction ou de dilatation.

Toutes les variantes de ces joints selon la destination du revêtement sont aussi examinées.

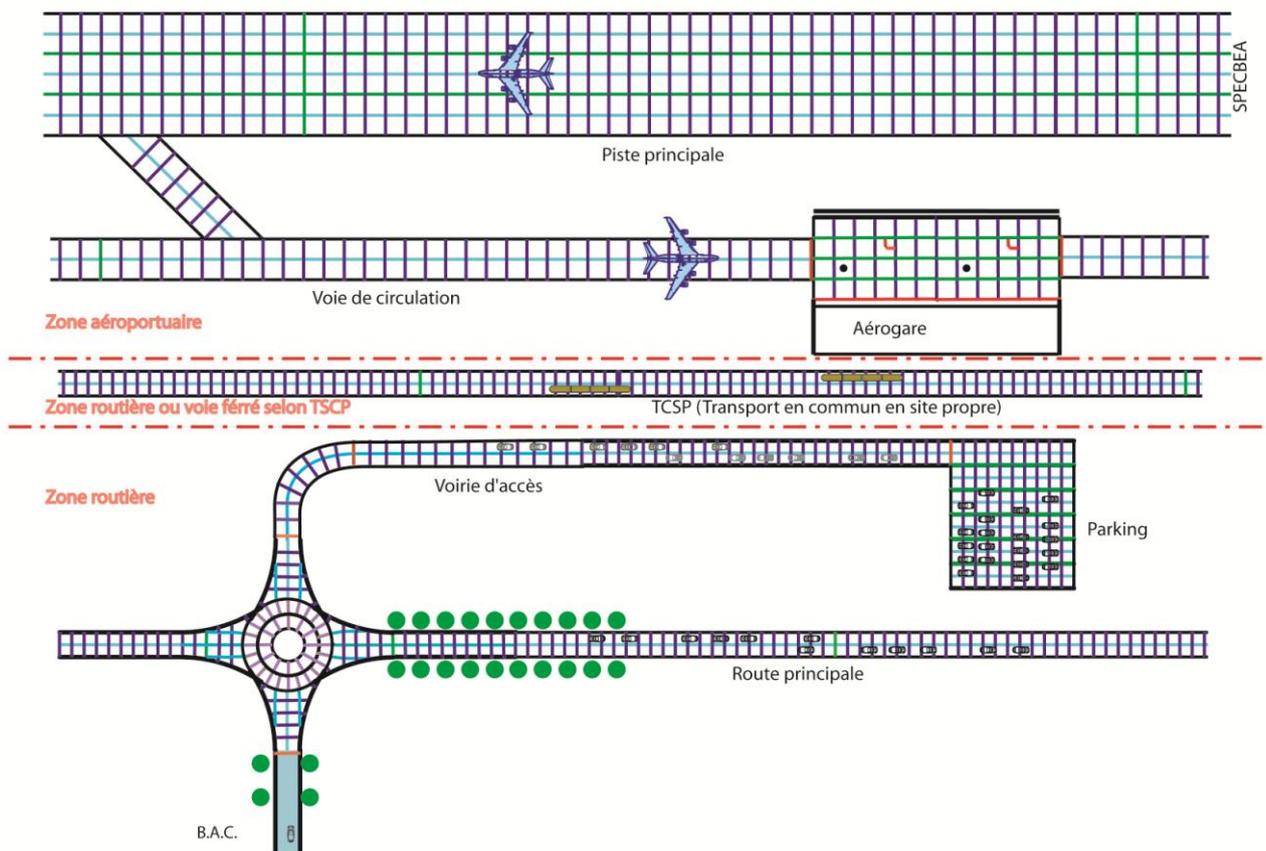


Figure 1- Différents types de joints

Attention, il s'agit d'un schéma de principe ; il est indispensable de consulter les fiches spécialisées notamment en ce qui concerne les joints transversaux des giratoires

- joint de construction (Chapitre 4), — joint longitudinal de retrait* (Chapitre 3.II),
- joint transversal de retrait* (Chapitre 3.I), — joint de dilatation (Chapitre 5)

* par rapport au sens de mise en œuvre

AVANT PROPOS	5
1. RESUME	5
2. OBJECTIFS DU DOCUMENT	5
CHAPITRE 1. POURQUOI DES JOINTS ?	10
CHAPITRE 2. CALEPINAGE.....	11
2.I. POURQUOI DOIT-ON OPTIMISER LES DIMENSIONS ET LA FORME DES DALLES NON ARMEES ?	11
2.I.1. Pourquoi moins de 25 fois l'épaisseur ?.....	11
2.I.2. Pourquoi plus de 1,5 m ?.....	11
2.I.3. Pourquoi éviter les angles aigus ?.....	11
2.II. CALEPINAGE - REGLES PRATIQUES.....	12
CHAPITRE 3. JOINTS DE RETRAIT	13
3.I. JOINTS TRANSVERSAUX.....	13
3.I.1. Types de joints.....	13
3.I.1.1 Joints de retrait sciés non goujonnés	14
3.I.1.2 Joints de retrait sciés goujonnés	15
3.I.1.3 Joints de retrait moulés dans le béton frais	16
3.I.2. Aspects techniques.....	17
3.I.2.1 Le sciage : matériel, période d'intervention, etc. création de l'amorce de fissuration sciée	17
3.I.2.2 Implantation géométrique des joints	18
3.I.2.3 Garnissage des joints : produits, matériel, etc.	19
3.I.2.4 Goujon : nature, forme, protection, mise en place, etc.	20
3.I.2.5 Choix de la section du produit d'étanchéité des joints de retrait	21
3.I.3. Autres ouvrages	22
3.I.3.1 Glissières de sécurité	22
3.I.3.2 Bordures, fil d'eau, caniveau à fente, etc.	23
3.II. JOINTS LONGITUDINAUX.....	24
3.II.1. Types de joints.....	24
3.II.1.1 Joints longitudinaux sciés	24
3.II.1.2 Joints longitudinaux moulés dans le béton frais	25
3.II.2. Aspects techniques.....	26
3.II.2.1 Le sciage : matériel, période d'intervention, etc.	26
CHAPITRE 4. JOINTS DE CONSTRUCTION	27
4.I. INTRODUCTION	27
4.II. JOINTS TRANSVERSAUX.....	28
4.II.1. Joints de fin de journée de chaussées en dalles avec ou sans goujons	28
4.II.2. Joints de BAC coffrés	29
4.II.3. Joints de BAC en béton retardé.....	30
4.III. JOINTS LONGITUDINAUX.....	31
4.III.1. Entre deux chaussées en dalles.....	31
4.III.2. Entre deux chaussées de structures différentes (béton/béton ou béton/enrobé).....	32

CHAPITRE 5. JOINTS DE DILATATION	33
5.I. JOINTS TRANSVERSAUX.....	33
5.I.1. Joints de dilatation transversaux	33
5.I.2. Joints d'extrémité de BAC, joint de dilatation.....	34
5.I.2.1 Réduction du déplacement de l'extrémité (culée d'ancrage, Figure 59)	35
5.I.2.2 Joints de chaussée à très fort souffle	36
5.I.2.3 Répartition sur plusieurs joints	37
5.I.3. Raccordement avec des structures souples bitumineuses ou semi-rigides.....	38
5.I.4. Raccordement de deux structures en béton.....	39
5.II. TRAITEMENT DES EMERGENCES	40
CHAPITRE 6. ADAPTATION AUX DIFFÉRENTS OUVRAGES	42
6.I. INTRODUCTION	42
6.II. VOIES INTERURBAINES ET VOIES PRINCIPALES URBAINES	43
6.II.1. Carrefours giratoires	43
6.II.2. Carrefours et raccords à des structures différentes.....	44
6.II.3. Entrées/sorties	45
6.II.4. Joint longitudinal entre chaussée et bordure ou barrière de sécurité	46
6.II.5. Béton de ciment mince collé (BCMC).....	47
6.III. VOIRIES SECONDAIRES ET TERTIAIRES URBAINES	48
6.III.1. Joint longitudinal entre chaussée et bordures de trottoir	48
6.III.2. Joint longitudinal entre chaussée et fil d'eau	49
6.III.3. Joints décoratifs ou architecturaux.....	49
6.IV. REVETEMENTS AEROPORTUAIRES	50
6.IV.1. Pistes, voies de circulation, parking, etc.	50
6.IV.2. Balisage lumineux encastrés	51
6.V. VOIES DE TRAMWAY ET VOIES FERREES EN GENERAL.....	52
6.VI. AIRES DE STOCKAGES MULTIMODALES ET PORTUAIRES	53
CHAPITRE 7. JOINTS RESULTANT D'OPERATION D'ENTRETIEN OU DE TRAVAUX DIVERS	54
7.I. INTRODUCTION	54
7.II. RECONSTRUCTION PARTIELLE DE DALLE	55
7.III. TRANCHES DANS DES REVETEMENTS EN BETON DE CIMENT	56
CHAPITRE 8. PARTICULARITES DES OUVRAGES EN BETON DE CIMENT	57
8.I. COMMENT EXPLIQUE-T-ON L'APPARITION SYSTEMATIQUE DE FISSURES ?.....	57
8.I.1. Le retrait endogène, irréversible et permanent	57
8.I.2. Les dilatations (ou retraits) thermiques et/ou hygrométriques réversibles et intermittents	58
8.II. QUELS SONT LES OBSTACLES AU RETRAIT LIBRE, A LA DIMINUTION DES DIMENSIONS DE L'OUVRAGE ?	58
8.III. AUTRE FAÇON DE MAITRISER LES CONSEQUENCES DES RETRAITS : LE BETON ARME CONTINU.....	60

8.IV. POURQUOI DOIT-ON OPTIMISER LES DIMENSIONS ET LA FORME DES DALLES NON ARMEES ?	61
8.IV.1. Pourquoi moins de 25 fois l'épaisseur ?.....	62
8.IV.2. Pourquoi plus de 1,5 m ?.....	63
8.IV.3. Pourquoi éviter les angles aigus ?	63
8.V. POURQUOI DES JOINTS DE CONSTRUCTION ?.....	63
8.VI. FAUT-IL DES JOINTS POUR TOUS LES OUVRAGES ?	63
8.VII. QUELLES SONT LES SOLlicitATIONS DES OUVRAGES CIRCULES ?	64
8.VIII. FAUT-IL DES JOINTS DANS LES FONDATIONS EN MATERIAUX TRAITES AUX LIANTS HYDRAULIQUES ?.....	66
8.IX. PARTICULARITES DES JOINTS DE RETRAIT	66
8.IX.1. Réalisation de l'amorce de fissuration	66
8.IX.1.1 Moulage des joints	66
8.IX.1.2 Sciage des joints	67
8.IX.2. Fonctionnement des joints au passage des charges	68
8.IX.2.1 Transfert de charge	69
8.IX.2.2 Engrènement des granulats	70
8.IX.2.3 Dispositifs d'amélioration du transfert de charge	71
8.IX.2.4 Joints de retrait-flexion inclinés	72
8.IX.2.5 Intervalle variable entre joints de retrait-flexion	73
8.IX.2.6 Fondations traitées	74
8.IX.3. Cas particulier des joints longitudinaux - Transfert de charge.....	75
8.IX.3.1 Joints longitudinaux avec goujons	76
8.IX.3.2 Joints longitudinaux conjugués avec fers de liaison	77
8.IX.4. Choix des « clefs » des joints longitudinaux conjugués en fonction des propriétés rhéologiques du béton frais.....	78
8.IX.4.1 Facilité et qualité d'exécution des « clefs » et moulabilité du béton	78
8.IX.4.2 Granulats	79
8.IX.4.3 Adjuvants	80
8.IX.4.4 Vibreurs internes	80
8.IX.4.5 Conclusion	80
BIBLIOGRAPHIE.....	81
GLOSSAIRE.....	82
INDEX.....	88



Bordure en béton de ciment – Type d'ouvrage traité dans ce guide

Chapitre 1. POURQUOI DES JOINTS ?

Tous ces revêtements ou ouvrages linéaires en béton, les chaussées notamment, ont une forme en plan limitée par des bords qui constituent de fait des joints entre le béton de ciment et les abords de l'ouvrage. Lorsque la surface de l'ouvrage (sa longueur et/ou sa largeur) est importante, les propriétés du béton de ciment et du support de l'ouvrage, entraînent dès la construction et pendant des mois voire des années, l'apparition de discontinuités, de fissures, qui le divisent en dalles irrégulières d'environ 20 à 25 m² pour les épaisseurs les plus courantes des ouvrages traités ici (Figure 2).

Il y a quatre raisons à la réalisation systématique des joints sur les revêtements en béton destinés à être circulés par des charges généralement agressives :

1. localiser et maîtriser la fissuration induite par les retraits du béton de ciment (hydratation du ciment et surtout thermique et hygrométrique) empêchés par le frottement sur le support ;
2. réduire les épaufrures de surface au passage de charges en rendant la surface de la fissure

orthogonale à la surface de roulement à son voisinage ;

3. faciliter la mise en place et l'entretien d'une étanchéité de surface des revêtements ainsi construits ;
4. assurer le transfert de charge entre les dalles ou la dilatation de la chaussée (cas du BAC notamment).

En l'absence de circulation lourde (voies piétonnes ou cyclables, trottoirs non circulés, etc.), on peut ne pas faire de joints : il faut pour cela que le maître d'ouvrage et les utilisateurs soient prêts à accepter une fissuration irrégulière et que le support soit adapté à l'absence d'étanchéité : il doit être insensible à l'eau (sous nos climats humides) ou être particulièrement drainant ([béton drainant](#), graves très creuses, etc.). Il faut surtout, l'eau de ruissellement n'étant pas captée en surface, qu'elle soit recueillie sous la structure et évacuée conformément aux obligations de la Loi n°83-630 du 12 juillet 1983 relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement, dite Loi BOUCHARDEAU (2).

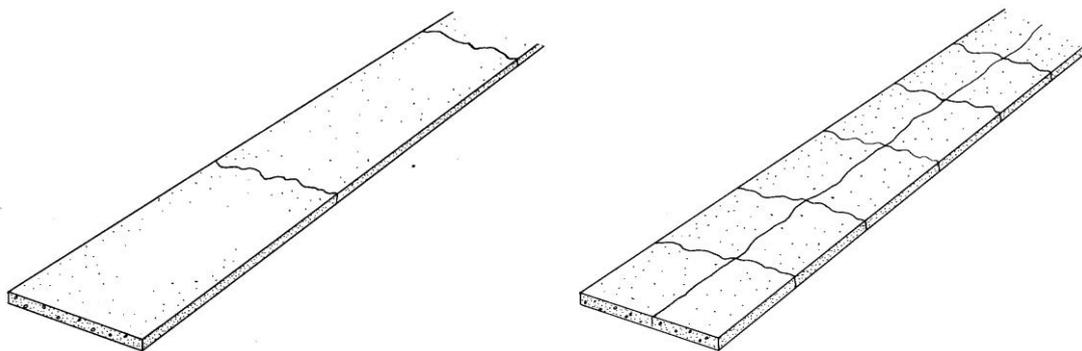


Figure 2- Fissuration "naturelle" d'un revêtement en béton de ciment sans joint ; extrait de (1)

Chapitre 2. CALEPINAGE

Le calepinage est l'opération qui consiste à déterminer l'emplacement de tous les joints de l'ouvrage en béton que l'on va réaliser ; il s'agit d'optimiser les dimensions et la forme des dalles surtout lorsqu'elles ne sont pas armées, ce qui est le cas le plus fréquent des ouvrages visés par le présent document.

2.1. Pourquoi doit-on optimiser les dimensions et la forme des dalles non armées ?

L'expérience et la pratique des revêtements et ouvrages linéaires en béton a permis de fixer les règles principales suivantes :

- **espacement maximum des joints ≤ 25 fois l'épaisseur de la dalle (soit par exemple 3 m pour une dalle de 12 cm, 5 m pour une dalle de 25 cm) ;**
- **espacement minimum des joints : 1,5 m ;**
- **angles de coins de dalle $\geq 75^\circ$.**

2.1.1. Pourquoi moins de 25 fois l'épaisseur ?

Comme expliqué en 8.IV.1, les variations de température de l'air ambiant, des différentes couches de chaussée et du massif support, conduisent à des déformations des dalles : lorsque le haut est plus chaud que le bas, gradient dit « positif », la dalle se déforme, elle devient convexe ; vice-versa, gradient dit « négatif », elle devient concave.

Dans le cas où le haut de la dalle est comprimé et le bas tendu (gradient positif), au passage d'une charge, la tension qu'elle provoque en bas de couche s'ajoute à la tension due au gradient positif. Cette tension est proportionnelle à l'intensité du gradient mais dépend aussi des dimensions de la dalle relativement à son épaisseur.

Il a été défini une « longueur critique » de dalle au-delà de laquelle des fissures systématiques apparaissent au passage répété des charges lourdes (3).

Pour protéger le revêtement de l'effet négatif du passage des charges lourdes lorsque le gradient thermique est fortement positif (journées très ensoleillées), il est préférable que la longueur des dalles soit inférieure à cette longueur critique. Les calculs de longueur critique réalisés pour des

gradients fréquents, les bétons utilisés et les épaisseurs courantes en France, conduisent à des valeurs de 20 à 40 fois l'épaisseur ; un compromis a été trouvé pour fixer la règle à 25.

2.1.2. Pourquoi plus de 1,5 m ?

On considère qu'une dalle dont la *longueur* (dimension parallèle à l'axe de la chaussée) serait inférieure à 1,5 m et dont la *largeur* est celle de la voie (3,5 à 4 m) ne fonctionnerait plus en dalle mais en poutre, et ne résisterait plus assez au passage des charges lourdes en se rompant *longitudinalement*.

2.1.3. Pourquoi éviter les angles aigus ?

Comme indiqué plus haut, les gradients thermiques négatifs sont nettement moins dangereux que les positifs à l'exception notable des bords de dalles : la dalle devenant concave, les bords se relèvent et une partie de la dalle fonctionne en « console ». Cette situation se produit aux bords libres (limites latérales du revêtement) et aux joints transversaux dont le transfert de charge est faible. Le coin de dalle augmente la sensibilité aux gradients négatifs : la section résistante est la diagonale sous la charge ; cette section est d'autant plus faible que l'angle est aigu (Figure 3).

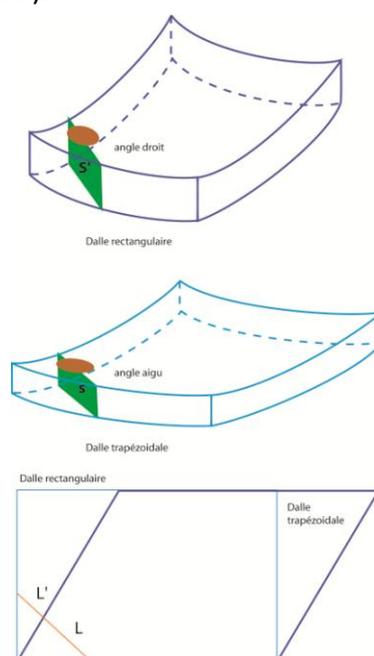


Figure 3- La section tendue sous la charge est plus faible en bas dans l'angle aigu de la dalle en "losange"

$$L' > L \text{ donc}$$

$$S' = L' \times e > S = L \times e$$

e = épaisseur de la dalle, L et L' longueur de la section sous la charge, S et S' section sous la charge

2.II. Calepinage - Règles pratiques

Le calepinage désigne l'opération qui consiste à établir le plan des joints du revêtement à construire, tant dans les zones courantes que dans les zones particulières : abord d'ouvrage particulier, présence d'émergences (voir 2.II), carrefours (Figure 4), intersections (Figure 5), etc. Idéalement le choix de l'emplacement de ces émergences dès le projet de construction devrait être coordonné avec le calepinage des futurs joints.

Ce plan devra tenir compte des règles suivantes :

- espacement maximum des joints ≤ 25 fois l'épaisseur de la dalle (soit par exemple 3 m pour une dalle de 12 cm, 5 m pour une dalle de 25 cm) ;
- espacement minimum des joints : 1,5 m ;
- angles de coins de dalle $\geq 75^\circ$.

En perpendiculaire au sens du trafic on trouve les joints transversaux. Ils peuvent être de retrait flexion, de construction, ou de dilatation.

En parallèle au sens du coulage du béton, généralement le sens du trafic, on trouve les joints longitudinaux. Ils peuvent être de retrait flexion, de construction ou de dilatation.

En chaussée routière, il n'y a, en principe, pas de joints de dilatation, en raison des retraites les plus courants des bétons routiers, des périodes de réalisation des chaussées, et des conditions climatiques françaises.

Les joints transversaux sont à priori perpendiculaires à l'axe de la chaussée, sauf pour chaussée à trafic lourd ou ils sont inclinés à 15° et en présence d'ouvrage (passage inférieur, viaduc) où l'inclinaison dépendra de l'ouvrage.

La plus grande dimension des dalles ne doit en principe pas dépasser $25 \times$ l'épaisseur. Pour des dalles carrées, on peut augmenter le ratio jusqu'à 30. Pour des chaussées spécifiques (tunnel, canal, station-service...), il faut ramener le ratio à 20. Néanmoins, la plus grande longueur de dalle ne doit pas dépasser 7,50 m.

Au droit des joints longitudinaux de retrait, les joints transversaux ne doivent pas être en décalage (continuité du joint d'une dalle à l'autre). Si un tel décalage est nécessaire, il faut réaliser un joint longitudinal de construction.

Les joints longitudinaux ne doivent pas se trouver sous une bande de roulage des véhicules ni si possible sous la future signalisation horizontale.

Les ouvrages fixes (caniveaux, regards...) seront obligatoirement entourés de joint de dilatation, et les joints qui se seraient trouvés au plus proche, seront déplacés pour coïncider avec ces ouvrages.

Enfin, le calepinage tiendra compte de passages canalisés de charges particulières par leur agressivité (poids, nature des bandages, etc.) en évitant de placer des joints longitudinaux

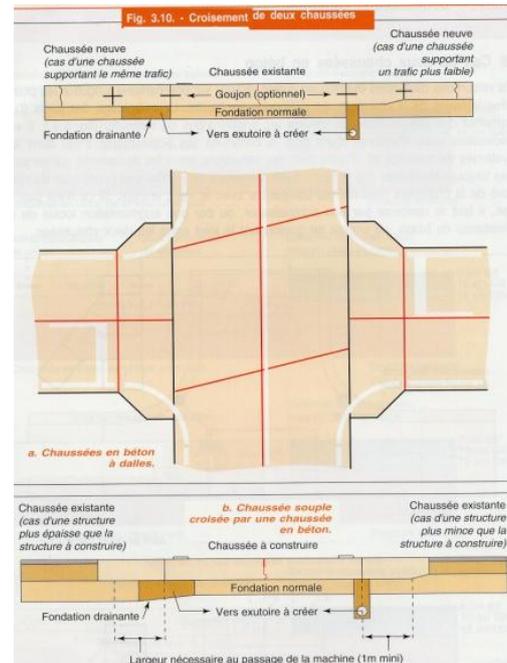


Figure 4- Exemple d'un calepinage des joints d'un carrefour à niveau entre deux chaussées en béton de ciment ; extrait de (5).

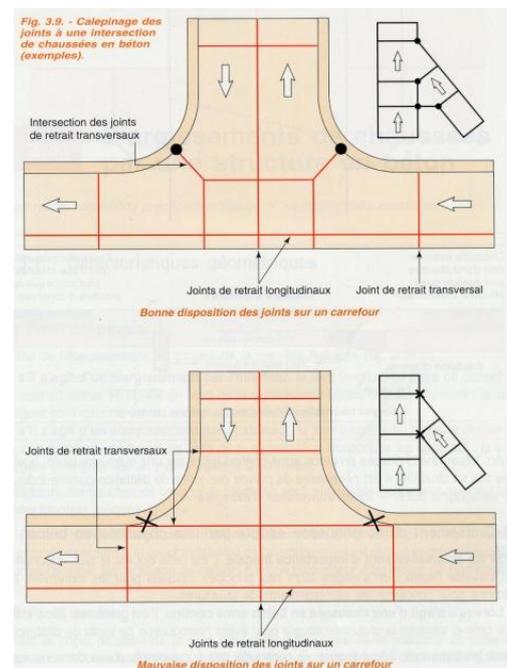


Figure 5- Exemple d'un calepinage des joints d'une insertion d'une chaussée en béton sur une autre chaussée en béton ; extrait de (5).

notamment, sous ou au voisinage de ces charges : aéroport (voir 6.IV), plates-formes multimodales (voir 6.VI).

Pour les chaussées circulaires des giratoires, les dalles ayant une forme trapézoïdale, la préparation du plan de calepinage est une opération essentielle. Ces règles sont indiquées en 6.II.1.

Chapitre 3. JOINTS DE RETRAIT

3.1. Joints transversaux

3.1.1. Types de joints

Domaine d'emploi

Tous les revêtements en béton de ciment présentent une fissuration naturelle dite de retrait thermique qui va se produire quelques heures après la mise en œuvre du béton et qui va évoluer pendant la durée de vie de la chaussée.

Il faut maîtriser cette fissuration et éviter des ruptures anarchiques préjudiciables au bon fonctionnement de la chaussée. Dans ce but on localise les fissures à des endroits choisis en créant une réduction de section, une amorce de rupture appelée joint. Cette entaille est réalisée par sciage ou par moulage, ou en introduisant dans le béton frais un dispositif physique.

La création de joint va permettre en le colmatant d'assurer son étanchéité et son entretien ultérieur. Notons que pour les chaussées en béton armé continu (BAC), ce sont les aciers placés dans la dalle qui maintiennent fermées la microfissuration qui se produit lors de la prise du béton. Dans ce cas la

fissuration n'est pas localisée comme dans le cas des chaussées en dalles.

Selon le trafic poids lourds supporté par la chaussée (en PL par jour et par sens de circulation), plusieurs procédés sont envisageables.

- Joint moulé ou interposition de dispositif physique dans le béton frais, pour des voies piétonnes, zone de stationnement de véhicules légers, voirie agricole et voie de lotissement. Ceci n'exclue pas l'utilisation de joints sciés ;
- Joint de retrait scié mais non goujonné, dès qu'il y a circulation notable de poids lourds (5 à 10) et jusqu'à 300 PL/jour ;
- Joint de retrait scié et goujonné à partir de 300 PL/jour.

Les fiches 3.1.1.1, 3.1.1.2 et 3.1.1.3 ci-après décrivent les procédés de réalisation des différents joints, les matériaux à utiliser et l'entretien à réaliser.

Références

- Norme NF P 98-170 Chaussée en béton de ciment (4)
- Guide technique chaussée en béton SETRA-LCPC (5)



Crau - SCEA Les Mesclances

3.1.1.1 Joints de retrait sciés non goujonnés

Réalisation, Méthodologie d'exécution (Figure 7)

Implantation

Trafic < 300 PL/J : perpendiculaire à l'axe

Trafic > 300 PL/J : en biais de 15° / axe (Figure 8)

Sciage

Largeur : 5 mm (3 mm avec des lames spéciales)

Profondeur : de 1/5 de l'épaisseur (granulats calcaires) à 1/4 de l'épaisseur (granulats siliceux), jusqu'à 1/3 sur joints goujonnés

Élargissement pour garnissage

Largeur : 10 mm

Chanfrein : 5 x 5

Nettoyage avant garnissage

À l'eau sous pression pour éliminer la laitance du sciage et les corps étrangers

À sec pour dépeussier

Garnissage

Peut-être omis pour quelques PL/jour

Mise en place d'un fond de joint rond adapté à la largeur du logement

Application d'un primaire d'accrochage sur la partie intérieure de la gorge du joint si la fiche technique du produit le recommande

Application du produit de garnissage en respectant les épaisseurs prescrites par les fabricants

Les moyens

Rendement

500 ml environ/jour/pour 2 scies mono-lame classique et une équipe de 3 personnes

Temps de remise en service

Produit à chaud : ½ heure

Produit à froid : 4 heures à température ambiante de 20 °C

Produits (marques déposées par leurs propriétaires respectifs)

Produit à chaud pour les domaines routiers : Accoplast VSK, Flexochape, Compojoint JF, Sedrafer 1401 (liste non exhaustive)

Produit à froid pour les domaines sensibles aux agressions chimiques (aéroports, canaux, stations-service) : Accoplast USB, Resimast 200, Colpor 200 PF, Saba Sealer Feld (liste non exhaustive)

Matériel

Scie à sol thermique (Figure 6)

Fondoir à bain d'huile pour produit à chaud

Répandeuse pour produit à froid

Entretien

Tous les 6 à 10 ans selon le trafic

Dégarnissage des restants de l'ancien joint avec un soc de dégarnissage adapté sur un tracteur (Figure 9)

Sciage des bords pour nettoyer le béton du produit antérieur

Nettoyage à sec par brossage métallique

Mise en place d'un fond de joint rond adapté à la largeur

Application d'un primaire d'accrochage sur la partie intérieure de la gorge du joint

Application du produit de garnissage en respectant les épaisseurs prescrites par les fabricants

Références

- Norme NF P 98-170 Chaussée en béton de ciment (4)
- Norme NF EN 14188-2 produits de colmatage à froid (6)
- Norme NF EN 14188-1 produits de colmatage à chaud (7)



Figure 6- Sciage d'un joint transversal

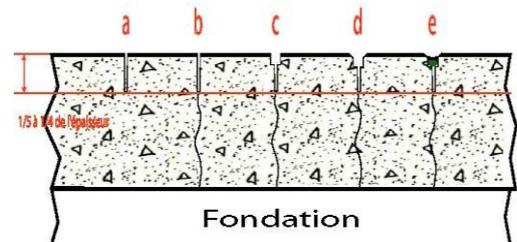
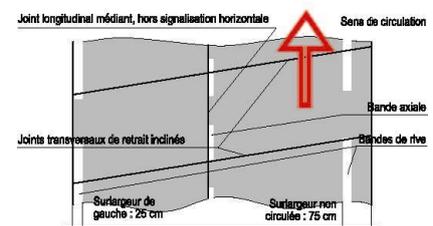


Figure 7- Étapes de la création d'un joint :

- a- amorce de fissuration, largeur 5 mm
- b- fissure provoquée et localisée par l'amorce
- c- élargissement à 10 mm, constituant le logement du produit d'étanchéité
- d- logement chanfreiné à 45°,
- e- fond de joint et produit d'étanchéité

Chaussée unidirectionnelle



Chaussée bidirectionnelle

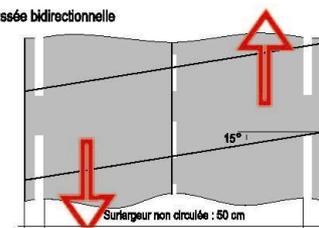


Figure 8- Joints inclinés de 15° ; dans le cas de chaussées monovoies à sens unique, les joints sont sciés perpendiculairement à l'axe de la voie



Figure 9- Tracteur avec soc pour dégarnissage de joints

3.1.1.2 Joints de retrait sciés goujonnés

Domaine d'emploi

À partir d'un trafic supérieur à **300 poids lourds/J/sens** (milieu de classe T1).

Méthodologie d'exécution

Sciage et garnissage au droit des goujons selon fiche 3.1.1.1.

Les goujons sont placés horizontalement, dans le sens longitudinal de la voie parallèlement à l'axe de la chaussée, et situé à mi épaisseur de la couche de béton.

Les dimensions des barres et leur diamètre sont fixés dans la norme NF P98-170 à l'annexe C et rappelés ci-après :

Épaisseur de la dalle en cm	Diamètre des goujons en cm	Longueur des goujons en cm	Espacement des goujons en cm
13 à 15	2	40	24
16 à 20	2,5	45	30
21 à 28	3	45	30
29 à 40	4	50	40

Qualité des aciers, résistance en traction > 250 MPa (cf. NF EN 13877-3). D'autres matériaux que l'acier sont utilisés dans certains cas particuliers : boucle de comptage, conditions climatiques sévères, etc. Goujons revêtus au moins sur la moitié de leur longueur par un film bitumineux ou plastique.

Les moyens

Les goujons sont disposés sur un support métallique appelé panier (fer HA8 minimum), et fixés par ligaturage sur le support manufacturé en usine ou sur le chantier. Les paniers (Figure 10, Figure 11) sont immobilisés sur la couche support par des tas de béton frais ou fixés par cloutage lorsque le support le permet.

Pour permettre l'alimentation frontale de la machine à coffrage glissant (MCG), les paniers sont posés à l'avancement après déchargement des camions et avant passage de la MCG.

On peut aussi utiliser un alimentateur latéral de béton et poser les paniers à l'avance.

Dans les deux cas, il faut éviter que les paniers puissent se déformer ou se déplacer au passage de la machine, détruisant ainsi le parallélisme des goujons avec la surface et l'axe du revêtement : résultat un joint « bloqué » qui se doublera probablement d'une fissure.

Enfin il existe des machines fixées à l'arrière de la table de la MCG, permettant la mise en place des goujons avec une légère vibration du béton frais (Figure 12).

Réalisation du sciage et produits de colmatage des joints

Idem fiche 3.1.1.1; utilisation exclusive de produits à chaud conformes à la norme NF EN 14188-1.

Entretien

Identique à la fiche 3.1.1.1.

Références

- Norme NF P 98-170 Chaussée en béton de ciment (4)
- Norme NF EN 13877-3 Chaussées en béton - Partie 3 : spécifications relatives aux goujons (7)
- Norme NF EN 14188-1 Produits de colmatage à chaud (8)
- Guide technique chaussée en béton SETRA-LCPC (5)



Figure 10- Premier exemple de panier à goujons, qui est fixé sur la fondation



Figure 11- Second exemple de panier à goujons, qui est fixé sur la fondation

Entre le premier et le deuxième goujon de chaque panier (photo du bas), on distingue les barres de renfort qui permettent le transport et la mise en place des paniers. Sur la photo inférieure, ces barres longitudinales au niveau des goujons doivent être coupées juste avant le passage du béton devant la MCG, pour éviter qu'elles bloquent la fissuration ce qui n'est pas le cas des barres des paniers de la photo du haut qui se trouvent au niveau de l'interface revêtement/fondation.



Figure 12- Dispositif à l'arrière de la MCG pour introduire les goujons dans le béton frais

On voit à gauche le rouleau de mortier poussé par une lisseuse dont le rôle est d'effacer les traces de l'insertion.

3.1.1.3 Joints de retrait moulés dans le béton frais

Domaine d'emploi

Espace non circulé ou peu circulé (1 PL/j en moyenne) type trottoir, piste cyclable, parking pour véhicules légers, voirie de lotissement à faible trafic ou agricole. L'avantage est le (très) faible coût et l'inconvénient principal, un uni médiocre limitant son emploi aux très très faibles trafics.

Fonction du joint (rappel)

Localiser la fissuration de retrait hydraulique du béton.

Description du joint

Le joint généralement en plastique, possède une languette qui est détachée après mise en œuvre dans le béton frais. Sa largeur est de l'ordre de 5 mm et sa hauteur de l'ordre de 40 mm (Figure 14).

Méthodologie d'exécution

Dès que le béton frais est réglé et taloché, le joint est introduit jusqu'à la languette et le béton est à nouveau taloché sur le joint (Figure 13). Le béton peut alors être terminé par l'enduit de cure ou le désactivant selon l'aspect de surface recherché. Dans le cas où le profilé comporte une languette supérieure détachable, elle est retirée une fois le béton durci : son empreinte forme le logement du produit d'étanchéité.

Les joints sont mis en place selon le calepinage préétabli et les règles définies en 2.II.

Matériaux

Joint plastique en barre de 2 m ou plus. Le matériau se coupe aisément à l'égoïne ou la scie à métaux. Notons que pour des raisons architecturales, ce type de joint peut être remplacé par une languette en bois imputrescible ou par des pavés.

Précautions particulières

Le calepinage doit être précis et réfléchi avant le début de la mise en œuvre du béton (voir 2.II). Les joints sont perpendiculaires à l'axe de la chaussée.

Entretien

Ce type de joint ne s'entretient pas. S'il est trop dégradé et que l'étanchéité ou la pérennité de la chaussée n'est plus assurée, le remplacement se fait en sciant au droit du joint sur la largeur et sa profondeur pour l'extraire et de réaliser un joint traditionnel avec produit de colmatage conforme à la fiche 3.1.2.3.

Références

Voie et aménagement urbain en béton, Cimbéton (9)



Figure 13- Réalisation d'un joint moulé dans le béton frais

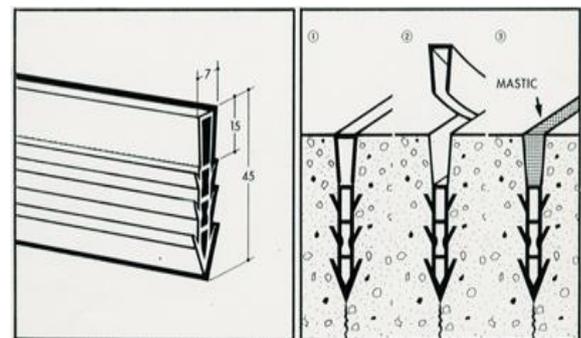


Figure 14- Profilé en PVC pour réaliser un joint moulé. En haut, sans réserve pour produit d'étanchéité ; en bas, avec

3.1.2. Aspects techniques

3.1.2.1 Le sciage : matériel, période d'intervention, etc. création de l'amorce de fissuration sciée

a) Implantation

Les points de marquage sont implantés de part et d'autre de la dalle béton. Cette opération est en principe effectuée par un géomètre (voir 3.1.2.2).

b) Traçage

Entre ces points, le scieur effectue le tracé du joint à la surface de la dalle, et à la peinture (voir 3.1.2.2).

c) Sciage

C'est une opération importante et complexe dans la réalisation des structures en dalle béton. Suivant les différents paramètres, comme météo, nature des agrégats, qualité et dosage du ciment, mode de bétonnage..., le scieur appréciera le moment opportun de sciage, ni trop tôt pour ne pas épauffer le béton, ni trop tard pour ne pas risquer la fissuration anarchique de la dalle béton. En principe cette opération se situe entre 6 et 36 heures après le bétonnage. Il s'avère donc souvent nécessaire que cette opération se fasse la nuit; il faut alors anticiper les nuisances sonores que cela peut engendrer en prévenant les riverains notamment ou en décalant les horaires de bétonnage.

Pour assurer une bonne fissuration, l'amorce sciée doit avoir entre 3 et 5 mm de largeur, et la profondeur doit être comme indiqué dans les fiches précédentes. Le nombre et la puissance des scies seront adaptés au linéaire journalier à scier.

d) Aspiration des laitances

Pour ne pas polluer le béton frais, les laitances de sciage seront immédiatement aspirées et évacuées, soit directement à la source avec des scies équipées (Figure 16), soit par aspirateur séparé.

e) Contrôle et traitement ultérieur de l'amorce

Durant la phase de durcissement du béton on observera journallement et visuellement l'ouverture de l'amorce par fissuration (Figure 17) ;

Après durcissement du béton, et pour permettre la mise en place du produit de garnissage, cette amorce sera élargie aux dimensions respectant les capacités de dilatation du produit d'étanchéité choisi (voir 3.1.2.5), et chanfreinée : 3 à 5 mm à 45° (Figure 18) – cette opération peut être omise sur les chaussées routières à faible trafic.



Figure 15- Sciage de l'amorce de fissuration
Le sciage doit « déboucher » de chaque côté de la dalle ; si cela n'est pas possible (présence de bordure par exemple) on scie au maximum possible



Figure 16- Scie équipée d'un aspirateur à laitance de sciage



Figure 17- Fissuration sous l'amorce moulée ou sciée



Figure 18- Chanfreinage du logement du produit d'étanchéité

3.1.2.2 Implantation géométrique des joints

À partir des plans de calepinage d'exécution réalisés par l'entreprise et approuvés par le maître d'ouvrage, le géomètre procède au marquage sur le bord des dalles des futurs sciages des joints de retrait. Cette opération s'effectue sur béton frais, à l'avancement de la machine de mise en œuvre. À l'aide d'une pointe métallique, le départ du futur sciage est indiqué par une faible empreinte, un rappel à la bombe de peinture sur la tranche de la dalle permet au scieur, surtout de nuit, de localiser cette marque. À l'aide de ces deux traces, le scieur procède à une matérialisation de futur sciage à l'aide d'un cordeau imbibé de peinture, quand le passage à pied sur la dalle le permet (Figure 19).

Cette opération de matérialisation préalable au sciage permet conjointement de constater la « maturité » du béton pour d'une part tester sa capacité à recevoir une scie sans trace et d'autre part pour valider l'heure probable de sciage.

Concernant la localisation géométrique du marquage, deux hypothèses :

- Soit le projet est totalement géo-référencé, auquel cas l'implantation s'effectue en XY coordonnées Lambert, à partir du plan de calepinage lui-même géo-référencé validé par les bureaux de contrôle et approuvé par le maître d'ouvrage ;
- Soit l'opération est en système géométrique indépendant ; dès lors l'implantation s'effectue en XY dans un système local, mais toujours à partir du plan de calepinage précité.

Cette implantation s'effectue à l'aide d'un tachéomètre électronique (Figure 20), soit avec un GPS (Figure 21), la précision requise est de l'ordre du cm, ce qui permet de satisfaire aux tolérances de réalisation des joints de l'ordre de ± 3 cm.

Cette opération s'effectue sur les tracés linéaires de chaussée routière ou autoroutière. De même sur les pistes ou parkings aéroportuaires, le procédé est le même. Toutefois, sur parkings, afin d'assurer un parfait alignement des joints, un contrôle est assuré latéralement par une visée à l'aide d'un théodolite sur toutes les bandes primaires ; les joints des bandes de remplissage se raccordant, bien évidemment, géométriquement aux joints des dalles primaires.

Parfois, lors de cette opération d'implantation, il était conjointement demandé au géomètre de numérotter les dalles sur le béton frais à l'aide de pochoirs, mais cette pratique se perd un peu avec la géolocalisation.

Enfin, cette opération d'implantation de joints peut être cumulée avec un relevé altimétrique du bord de dalle afin d'en vérifier sa conformité avec le projet. Les nouvelles technologies de saisies géométriques, permettant d'avoir sur la canne dotée d'un prisme, un ordinateur, donnent la possibilité à la fois d'implanter mais aussi de contrôler la géométrie de l'ouvrage.

À l'issue de la réalisation complète de l'ouvrage, un récolement de chaque angle de dalle est effectué géométriquement, permettant de confirmer l'adéquation de la réalisation avec le plan de calepinage d'exécution approuvé.



Figure 19- Marquage du joint au cordeau



Figure 20- Tachéomètre électronique



Figure 21- théodolite GPS

3.1.2.3 Garnissage des joints : produits, matériel, etc.

Domaine d'emploi

Étanchéité des joints des revêtements en béton de ciment coulé en place des routes, autoroutes, piste aéroportuaire, voies de circulation d'aéronefs, aires de stationnement ou de stockage, aires multimodales, et plus généralement, tout ouvrage coulé en place circulé, mais aussi devant être étanche par fonction : caniveau, fil d'eau, etc.

Fonction

Le produit de garnissage assure une double fonction :

1. Assurer l'étanchéité aux eaux de pluie et de ruissellement ;
2. Éviter l'entrée de corps durs (gravillons essentiellement) dans le joint lorsqu'il est ouvert par de basses températures, qui en feraient éclater les lèvres lorsque le joint serait refermé par de plus fortes températures, voire provoquer un flambement de structures minces notamment.

Produits

Les types de produits de garnissage sont les suivants :

- **produit bitumineux coulé à chaud** : Ces produits admettent une élongation maximale de 25%. Ils ne sont pas ou peu résistants aux agressions chimiques (fuel, kérosène...). Ils peuvent être utilisés dans des joints de dalles béton routières, entre des pavées, le long des joints de rails en pose élasto-plastique, entre béton et enrobé, et dans les fissures sur béton et enrobé.
- **produit élastomère coulé à froid** : Ce sont très souvent des bi composants qui ont de bonnes caractéristiques élastiques. Ils admettent une dilatation maximale du joint jusqu'à 35%. Suivant leur nature ils sont résistants aux diverses agressions chimiques. Leur utilisation est réservée aux surfaces bétonnées. Ils s'appliquent toujours avec un primaire d'accrochage et nécessitent le chanfreinage des lèvres de l'élargissement (Figure 7, d).
- **produit profilé préformé** : Ce sont des profilés élastomère préformé qui tiennent par compression dans le logement du joint. Ils admettent une dilatation maximale jusqu'à 30%. Ils sont très peu résistants aux agressions chimiques et ne tolèrent pas le contact avec les pneus. La gorge du joint doit obligatoirement être chanfreinée. Ces profilés tenant par compression, ils requièrent une très grande précision de la largeur de gorge. Les points singuliers comme les croisements de joints et les épaufrures sont très difficile à maîtriser. Leur utilisation est réservée aux surfaces bétonnées. Ils s'appliquent sans primaire d'accrochage, bien que certains fabricants proposent des résines de collage.

Réalisation

Exemple de pose avec un produit coulé à chaud :

1. pose d'un fond de joint (Figure 22),
2. garnissage par injection du produit qui est réchauffé dans un fondoir (Figure 23, Figure 24).



Figure 22- Pose du fond de joint



Figure 23-Garnissage d'un joint



Figure 24- Garnissage d'un joint (détail)

3.1.2.4 Goujon : nature, forme, protection, mise en place, etc.

Domaine d'emploi

Amélioration du transfert de charge aux joints des revêtements en béton de ciment coulé en place des routes, autoroutes, piste aéroportuaires, voies de circulation d'aéronefs, aires de stationnement ou de stockage, aires multimodales, et plus généralement, tout ouvrage coulé en place susceptible d'être circulé par des charges lourdes (routières) ou très lourdes (aéroportuaires, multimodales).

Caractéristiques

Les goujons doivent être conformes à la norme NF EN 13877-3. Il s'agit de barres d'acier cylindriques et lisses, dont la résistance à la traction est au moins 250 MPa.

Les goujons doivent être rectilignes, dépourvus de bavures, calamine, corrosion, ou autres irrégularités pouvant les empêcher de glisser facilement dans leurs logements ; en particulier, les extrémités doivent être sciées et non cisailées, de manière à éviter toute protubérance par rapport au diamètre nominal de la barre. Ils sont généralement livrés en paniers métalliques qui seront posés et fixés devant l'atelier de bétonnage (Figure 25).

Pour les travaux en France, les diamètres et longueurs des goujons sont conformes à ceux indiqués en 3.1.1.2. Les tolérances sur les diamètres sont conformes à la norme NF EN 10060, et les tolérances sur les longueurs sont de ± 10 mm.

Afin d'empêcher l'adhérence avec le béton et faciliter le glissement, les goujons doivent être revêtus d'un mince film bitumineux ou plastique sur au moins la moitié de leur longueur.

Protection contre la corrosion

Il s'agit le plus souvent du même film qu'indiqué précédemment, appliqué sur toute la longueur du goujon (Figure 26). Néanmoins, et pour des cas particuliers, bords de mer par exemple, on peut utiliser d'autres revêtements protecteurs pour lesquels on dispose de références locales (galvanisation, peinture époxy), ou même réaliser les goujons en aciers inoxydables ou autres matériaux de rigidité voisine, résistant aux agents agressifs locaux.

Références

- Norme NF P 98-170 Chaussée en béton de ciment (4)
- Norme NF EN 13877-3 Chaussée en béton – Partie 3: spécifications relatives aux goujons (8)
- Norme NF EN 10060 Ronds laminés à chaud - Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions (10)

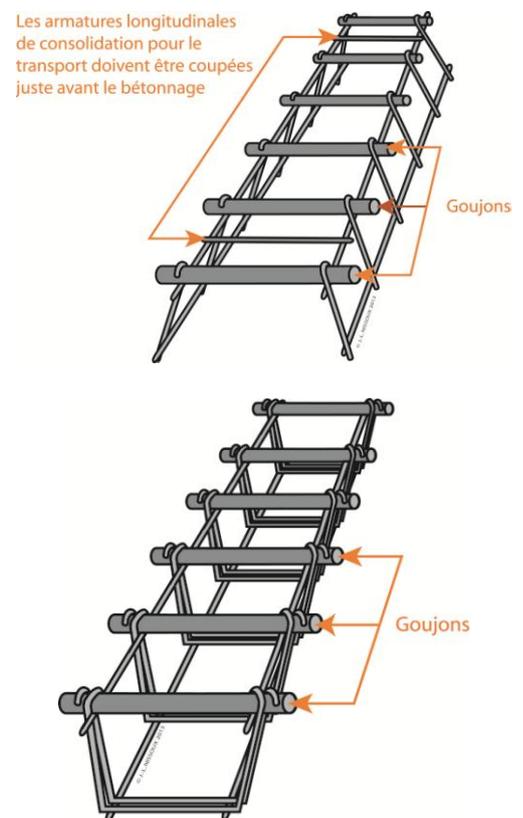


Figure 25- Schémas de deux types de panier à goujon

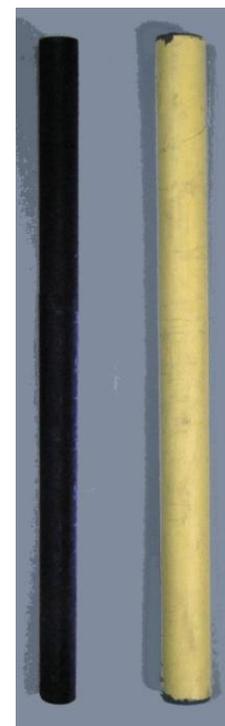


Figure 26- Exemple de goujons protégés de la corrosion par un film de bitume (à gauche) et un film de PVC (à droite)

3.1.2.5 Choix de la section du produit d'étanchéité des joints de retrait

- a) Le calepinage se fera suivant 2.II.
- b) L'amorce de fissuration se fera suivant 3.1.2.1.
- c) Le logement doit recevoir le produit d'étanchéité qui lui-même aura comme fonction :
 - d'assurer l'étanchéité aux eaux de pluie et de ruissellement,
 - d'empêcher la pénétration de substances toxiques,
 - d'éviter la pénétration de corps dur qui empêchent la libre dilatation des dalles.

Pour garder ces fonctions pérennes, il sera nécessaire de surveiller le vieillissement de ces produits et de prévoir le cas échéant leur remplacement.

d) Le logement est fait par sciage, sur l'amorce de fissuration (joints de retrait flexion), ou sur le joint sec (joints de construction), ou sur le corps de joint (joints de dilatation - Figure 27). Les laitances de sciage devront être immédiatement aspirées et évacuées.

e) Le chanfreinage des bords supérieur du logement atténue sensiblement l'effet bord vif, qui est très sensible au roulage des véhicules. Il est conseillé sur 3 à 5 mm de profondeur et avec un angle de 45°.

f) Le fond de joint évite le collage du produit sur la face inférieure du logement. Le collage sur 3 faces risque d'entraîner un déchirement en coin du produit de garnissage.

g) Le dimensionnement du logement doit permettre la dilatation de la dalle, ainsi que du produit de garnissage dans la limite de sa tolérance de dilatation. Le Tableau 1 donne un exemple de dimensions de réservoirs pour des mastics coulés à chaud.

Tableau 1 Joint de retrait-flexion - Dimensions du réservoir pour un mastic coulé en place

Intervalle entre joints (m)	Dimension du réservoir	
	Largeur (mm)	Profondeur minimale (mm)
4,5 ou moins	6	13
6	12	13
7,5	13	13

h) Le garnissage du logement doit se faire sur un béton suffisamment résistant (entre 60 et 70 % de la résistance finale) et ayant déjà rendu la majorité de son eau de gâchage, généralement après 28 jours. Le garnissage avant 7 jours est à proscrire.

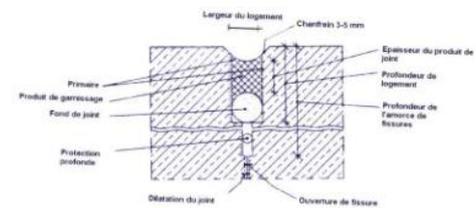


Image 1 : Produit à chaud dans joint de retrait flexion

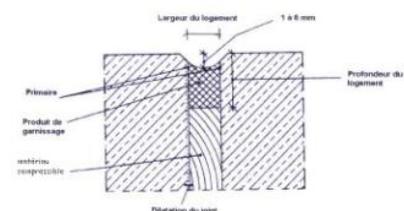


Image 2 : Produit à chaud dans joint de dilatation

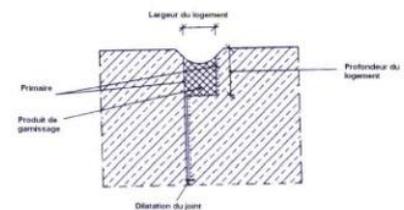


Image 3 : Produit à chaud dans joint de construction

Figure 27- Réservoir du produit d'étanchéité selon différents types de joints

3.1.3. Autres ouvrages

3.1.3.1 Glissières de sécurité

Lorsqu'il est toléré l'apparition de fissures transversales, les **joint de retrait-flexion** ne sont pas réalisés. On laisse la glissière se fissurer sous l'effet du phénomène de retrait du béton pour créer une succession d'éléments imbriqués les uns dans les autres.

Lorsque les maîtres d'ouvrage n'acceptent pas la présence de fissures aléatoires sur les ouvrages, pour des raisons esthétiques ou d'environnement agressif : forte et fréquente présence de sels de déverglaçage et de gel, ce choix doit être exprimé dans le cahier des charges de manière explicite. Le retrait du béton doit alors être contrôlé et localisé ; c'est le rôle des **joint de retrait**.

On réalise une entaille soit dans le béton frais, soit dans le béton durci jeune par sciage.

Exécution des joints

Dans le premier cas, le béton est découpé avec une « scie » à main par exemple (Figure 28) et une plaque métallique ou plastique est introduite pour empêcher un éventuel collage des lèvres de béton frais.

Dans le second cas, cette entaille doit avoir une profondeur comprise entre 4 et 5 cm et une épaisseur comprise entre 3 et 5 mm. L'entaille est réalisée avec une scie à main (Figure 29) ou une machine spéciale (Figure 30), sur tout le périmètre accessible de la glissière. L'entaille peut dans certain cas (protection contre les infiltrations de produit de déverglaçage notamment) devoir être élargie à 8 mm x 20 mm et garnie avec un produit d'étanchéité.

En aucun cas les fers longitudinaux ne sont coupés.

Les joints de retrait doivent être réalisés à intervalles réguliers. D'usage, l'espacement entre deux joints est de l'ordre de 3 à 5 mètres.

Il faut noter qu'un joint pratiqué dans une glissière n'entraîne aucune discontinuité de la résistance mécanique de l'ouvrage puisque, au droit du joint comme au droit des fissures « naturelles », la tortuosité de la fissure et son engrènement assurent la continuité structurelle de l'ouvrage.



Figure 28- Sciage manuel du béton frais pour la réalisation d'un joint dans une barrière de sécurité

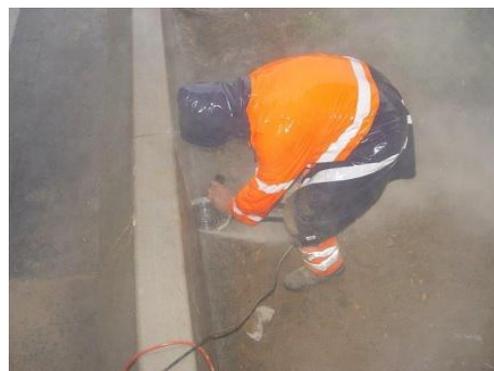


Figure 29- Sciage du joint avec une scie à main



Figure 30- Machine spéciale pour scier les joints de GBA

Ci-dessous, détail



3.1.3.2 Bordures, fil d'eau, caniveau à fente, etc.

Pour ces ouvrages et lorsqu'il est toléré l'apparition de fissures transversales, les **joint de retrait-flexion** ne sont pas réalisés. On laisse l'ouvrage se fissurer sous l'effet du phénomène de retrait du béton pour créer une succession d'éléments imbriqués les uns dans les autres. Lorsque les Maîtres d'Ouvrage n'acceptent pas, pour des raisons esthétiques la présence de fissures aléatoires sur les ouvrages, ce choix doit être exprimé dans le cahier des charges de manière explicite. Le retrait du béton doit alors être contrôlé et localisé ; c'est le rôle des **joint de retrait**.

Les joints de retrait sont exécutés pour contrôler le phénomène de retrait hydraulique du béton (Figure 31). Ils ont pour but de localiser la fissuration de manière précise et déterminée à l'avance, et de réduire ainsi les sollicitations dues au retrait et au gradient thermique. Comme pour les revêtements, ils sont réalisés en créant dans l'ouvrage 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. Cette entaille doit avoir une profondeur comprise entre 4 et 5 cm et une épaisseur comprise entre 3 et 5 mm.

Les joints de retrait doivent être réalisés à intervalles réguliers. D'usage, l'espacement entre deux joints est de l'ordre de 3 à 5 mètres (Figure 32).

Il faut noter qu'un joint pratiqué dans une bordure n'entraîne aucune discontinuité de la résistance mécanique de l'ouvrage puisque, sous le joint et au droit de celui-ci, la tortuosité de la fissure et son engrènement assurent la continuité structurelle de l'ouvrage et le transfert des charges.

Exécution des joints

Les joints peuvent être réalisés de deux façons distinctes : soit à la truelle sur béton frais au fur et à mesure du coulage – c'est la méthode dite « au fer » –, soit sur béton jeune par sciage à un moment précis de sa prise, dans les deux cas selon un calepinage déterminé à l'avance (Figure 33).

Références

- Extrait du guide pratique Bordures en béton extrudé, SPECBEA, juin 2013 (11)



Figure 31- Joint de retrait/flexion dans une bordure de trottoir



Figure 32- Joints à intervalles réguliers dans un fil d'eau



Figure 33-Sciage d'un joint de retrait/flexion dans une bordure de trottoir avec une scie manuelle

3.II. Joints longitudinaux

3.II.1. Types de joints

3.II.1.1 Joints longitudinaux sciés

Réalisation, méthodologie d'exécution

Implantation

Tous les revêtements en béton de ciment mis en œuvre en plus de 6 m de large en une seule fois, ou entre chaque voie de circulation si plus de 1 voie. Éviter l'emplacement de la future signalisation horizontale (Figure 34).

Sciage

Largeur : 5 mm (3 mm avec des lames spéciales)

Profondeur : de 1/5 de l'épaisseur (granulats calcaires) à 1/4 de l'épaisseur (granulats siliceux) et 1/3 pour les joints goujonnés

Élargissement pour garnissage

Largeur : 10 mm, Chanfrein : 5 x 5

Nettoyage avant garnissage

À l'eau sous pression pour éliminer la laitance du sciage et les corps étrangers

À sec pour dépoussiérer

Garnissage

Peut être omis pour quelques PL/jour

Mise en place d'un fond de joint rond adapté à la largeur du logement du produit d'étanchéité

Application d'un primaire d'accrochage sur la partie intérieure de la gorge du joint si la fiche technique du produit le recommande

Application du produit de garnissage en respectant les épaisseurs prescrites par les fabricants

Les moyens

Rendement

500 ml environ/jour pour une scie mono-lame classique

Temps de remise en service

Produit à chaud : ½ heure

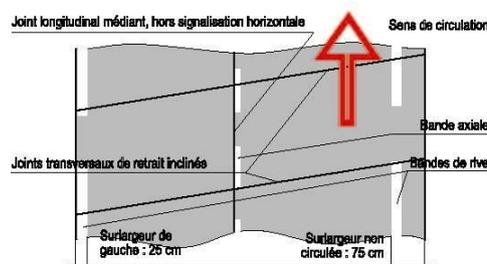
Produit à froid : 4 heures à température ambiante de 20 °C

Produits (marques déposées par leurs propriétaires respectifs)

Produit à chaud pour les domaines routiers : Accoplast VSK, Flexochape, Compojoint JF, Sedrafer 1401 (liste non exhaustive)

Produit à froid pour les domaines sensibles aux agressions chimiques (aéroports, canaux, stations-service) : Accoplast USB, Resimast 200, Colpor 200 PF, Saba Sealer Feld (liste non exhaustive)

Chaussée unidirectionnelle



Chaussée bidirectionnelle

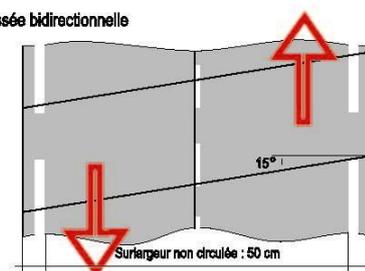


Figure 34- Exemple d'implantation des joints longitudinaux en France sur chaussée unidirectionnelle

Matériel

Scie à sol thermique

Fondoir à bain d'huile pour produit à chaud

Répandeuse pour produit à froid

Entretien

Tous les 6 à 10 ans selon le trafic

Dégarnissage des restants de l'ancien joint avec un soc de dégarnissage adapté sur un tracteur (Figure 9)

Sciage des bords pour nettoyer le béton du produit antérieur

Nettoyage à sec par brosse métallique

Mise en place d'un fond de joint rond adapté à la largeur

Application d'un primaire d'accrochage sur la partie intérieure de la gorge du joint

Application du produit de garnissage en respectant les épaisseurs prescrites par les fabricants

Références

- Norme NF P98-170 Chaussée en béton de ciment (4)
- Norme NF EN 14188-2 Produits de colmatage à froid (6)
- Norme NF EN 14188-1 Produits de colmatage à chaud (7)

3.II.1.2 Joints longitudinaux moulés dans le béton frais

Domaine d'emploi

Tous les revêtements en béton de ciment mis en œuvre en plus de 6 m de large en une seule fois, ou entre chaque voie de circulation si plus de 1 voie.

Éviter l'emplacement de la future signalisation horizontale (Figure 34).

Description du joint

On met à profit la capacité des machines à coffrage glissant à mouler une section constante : on place une lame de section appropriée sous la plaque d'extrusion depuis l'avant (zone où le béton sous vibration est plastique et moulable) jusqu'à la fin de la plaque (zone où le béton est démoulé). On moule ainsi l'amorce de fissuration (Figure 35).

Méthodologie d'exécution

L'amorce de fissuration est réalisée simultanément à la mise en place du béton. Lorsque la formule de béton est optimisée, il y a peu de risque que l'amorce se referme. Par précaution, dans le cas d'une fondation en **béton maigre** ou d'une voirie à faible trafic, on peut introduire du produit de cure ou une émulsion de bitume dans la rainure moulée pour qu'elle joue son rôle même si les bords se rejoignent ; dans le cas d'une voie rapide ou d'une autoroute, on peut introduire dans la rainure moulée un produit en bande pour éviter que l'amorce ne s'affaisse (Figure 36 et Figure 37).

Le logement du produit de colmatage peut éventuellement être scié ultérieurement.

Matériaux

Le dispositif de colmatage est mis en œuvre avant la mise sous circulation de la voie de préférence ce qui évite un nettoyage plus important du joint.

Un fond de joint est obligatoirement disposé pour que l'épaisseur du produit de colmatage n'excède pas **10 mm**. Pour des trafics très faibles, les joints peuvent ne pas être garnis ; pour les trafics faibles le produit de colmatage peut être mis en œuvre à froid, correspondant à la norme NF EN 14188-2, et pour les trafics moyens à forts il doit être réalisé à chaud avec des produits conformes à la norme NF EN 14188-1.

Entretien

L'entretien de l'étanchéité des joints colmatés doit impérativement être réalisé entre 6 et 10 ans selon le contexte et l'agressivité du trafic. Le joint est re-scié sur 8 mm de largeur et sur au moins 20 mm de profondeur, le fond de joint ancien est de ce fait enlevé. On procède alors au brossage des lèvres et au renouvellement de l'opération de colmatage, avec fond de joint et produit d'étanchéité.

Références

- Norme NF P98-170 Chaussée en béton de ciment (4)
- Norme NF EN 14188-2 Produits de colmatage à froid (6)
- Norme NF EN 14188-1 Produits de colmatage à chaud (7)

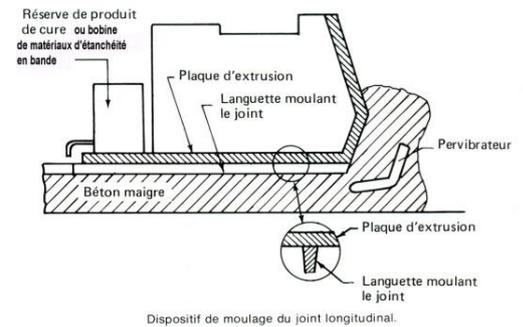


Figure 35- Schéma du dispositif de moulage du joint longitudinal par mise en place d'une réservation sous la plaque d'extrusion, dans la zone de vibration du béton



Figure 36- Avant de la machine à coffrage glissant avec l'introduction d'un treillis faisant office de fer de liaison, et bande de mousse dans l'amorce de fissuration moulée du joint longitudinal



Figure 37- Introduction d'une bande de mousse dans l'amorce de fissuration moulée du joint longitudinal

3.II.2. Aspects techniques

3.II.2.1 Le sciage : matériel, période d'intervention, etc.

a) Implantation

Les points de marquage sont implantés sur l'axe médian ou entre les futures voies ; cette opération est en principe effectuée par un géomètre (voir 3.I.2.2).

b) Traçage

Entre ces points le scieur effectue le tracé du joint à la surface de la dalle, et, à la peinture indélébile (voir 3.I.2.2).

c) Sciage

C'est l'opération la plus importante et la plus complexe dans toute la philosophie d'une dalle béton. Suivant les différents paramètres, comme météo, nature des granulats, nature et dosage du ciment, mode de bétonnage..., le scieur appréciera le moment opportun de sciage, ni trop tôt pour ne pas épauffer le béton, ni trop tard pour ne pas risquer la fissuration anarchique de la dalle béton. En principe cette opération se situe entre 6 et 36 heures après le bétonnage. Il s'avère donc souvent nécessaire que cette opération se fasse la nuit; il faut alors anticiper les nuisances sonores que cela peut engendrer en prévenant les riverains notamment.

Pour assurer une bonne fissuration, l'amorce sciée doit avoir entre 3 et 5 mm de largeur, et la profondeur doit être comme indiqué dans les fiches précédentes, notamment en 3.I.1.1 (Figure 40). Le nombre et la puissance des scies seront adaptés au linéaire journalier prévu à scier. Il est aussi possible d'utiliser des scies spécifiques (Figure 38).

d) Aspiration des laitances

Pour ne pas polluer le béton frais, les laitances de sciage seront immédiatement aspirées et évacuées, soit directement à la source avec des scies équipées, soit par aspirateur séparé (Figure 39).

e) Contrôle et traitement ultérieur de l'amorce

Durant la phase de durcissement du béton on contrôlera journallement l'ouverture par fissuration de l'amorce (Figure 40).

Après durcissement du béton, et pour permettre la mise en place du produit de garnissage, cette amorce sera élargie aux dimensions respectant les capacités d'élongation du produit d'étanchéité choisi (voir 3.I.2.5).



Figure 38- Machine spécifique pour scier le joint longitudinal



Figure 39- Scie avec aspirateur à laitance de sciage intégré



Figure 40- Sciage sur un tiers de l'épaisseur et fissure sous l'amorce

Chapitre 4. JOINTS DE CONSTRUCTION

4.1. Introduction

En matière routière, les joints de construction sont principalement les limites latérales de la chaussée (joints longitudinaux), et les arrêts divers (joints transversaux) : début et fin de la section construite, arrêts de fabrication et/ou de mise en œuvre (fin de journée ou de semaine), panne de matériel, singularité de l'ouvrage (pont, croisement d'une chaussée existante...). Il en est pratiquement de même pour les bordures, caniveaux, glissières coulés en place.

En matière d'aménagement urbain, pour des raisons esthétiques ou signalétiques, il peut y avoir en plus, des joints entre divers bétons colorés ou de textures différentes.

Le cas particulier des joints de début et de fin de section de béton armé continu (BAC) est à signaler. Le BAC est une structure de revêtement en béton

de ciment dont la fissuration n'est pas localisée mais régulièrement répartie au moyen d'armatures longitudinales en acier (voir 8.III). Dès que la section dépasse de l'ordre de 500 m de longueur, les extrémités et le centre se comportent différemment sous l'effet des variations thermiques et hygrométriques :

- le centre ne se déforme ni ne se déplace ; il est le siège de variations de contraintes dans le béton et l'acier,
- les extrémités en revanche, se dilatent et se contractent en frottant sur leur support, ce qui peut provoquer des « ouvertures » du joint d'extrémité de plusieurs centimètres après quelques années de service (Figure 41).

De ce fait les joints dits d'extrémité sont en réalité des ouvrages pouvant être complexes lorsqu'on cherche à « bloquer » ces dilatations/contractions.



Figure 41- Glissement d'une extrémité libre de BAC mise en évidence par le striage transversal de surface : environ 5 cm



Lycée Frédéric Mistral, Arles- GPAA Nantes Parvis en béton désactivé

4.II. Joints transversaux

4.II.1. Joints de fin de journée de chaussées en dalles avec ou sans goujons

Produits

Un panneau de coffrage en bois ou en métal aux dimensions du joint, les cales pour fixer le panneau. Les goujons ou fers de liaison éventuels fixés sur le coffrage (Figure 42).

Matériel

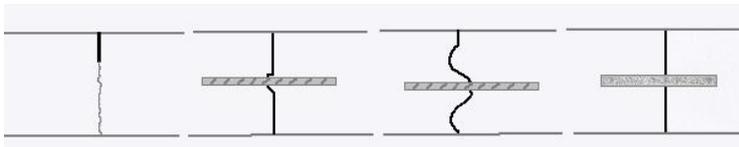
Le matériel de bétonnage manuel ; penser à la masse, au vibreur, à la lisseuse manuelle et au pulvérisateur manuel de produit de cure, ainsi qu'à la règle pour le contrôle de planéité.

Méthodologie

Ne pas rajouter un joint à la chaussée : le positionner à l'emplacement prévu pour un joint de retrait (Figure 43).

Il faut installer un dispositif d'amélioration du transfert de charge : soit goujons (voir 3.I.2.4), soit une rainure ou une sinusoïde dans le coffrage. Dans ce cas, il est indispensable d'introduire des fers de liaison dès que le trafic PL est significatif.

Joint transversal sans transfert de charge	Joints transversaux à transfert de charge		
	sciés ou coffré plan	liaisonné rainuré	liaisonné sinusoïde



Insister sur la vibration du béton contre le coffrage sur son épaisseur totale. Le béton réalisé à la main pour ces joints d'arrêt peut être surdosé en ciment (+20 kg) pour travailler à résistance constante notamment sur aéroports ; en effet la mise en œuvre manuelle nécessite d'utiliser un béton plus plastique qu'à la machine et ceci est généralement obtenu en rajoutant de l'eau et l'énergie de vibration est inférieure que celle de la machine malgré les précautions habituelles.

Contrôler la planéité obtenue avec une règle de 4 m.

Le lendemain apporter le même soin à la vibration le long du joint décoffré et protégé par du produit de cure ou une émulsion de bitume.

Temps de remise en service : 2 jours

Remarque : Le joint sera traité comme les joints de retrait du reste de la chaussée, notamment, l'amorce sera élargie par sciage (Figure 44).

Rendement

Environ 6 mètres à l'heure, soit un joint de 3 mètres de large en une demi-heure avec 3 personnes.



Figure 42- Schéma du coffrage d'un joint transversal de construction (fin de journée)



Figure 43- Réalisation d'un joint transversal de construction

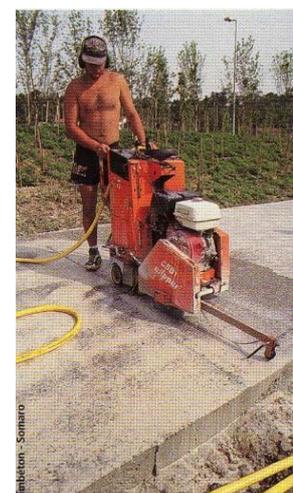


Figure 44- Sciage du joint

4.II.2. Joints de BAC coffrés

Domaine d'emploi

Toutes les interruptions de bétonnage prévues (fin de journées ou fin de semaine) ou imprévues (pannes de machines ou rupture de stock entraînant l'arrêt de l'atelier de mise en œuvre) à l'exclusion des extrémités de sections lorsque la section n'est pas destinée à être prolongée en BAC à court terme.

Réalisation

Les opérations ci-dessous sont illustrées Figure 48 :

- 1- Coffrage métallique (cornière par exemple, voir détail Figure 45) au-dessus des armatures longitudinales ;
- 2- Coffrage en grillage métallique sous les armatures longitudinales ;
- 3- Armatures longitudinales complémentaires (1 à 1,5 m) optionnelles ;
- 4- Contreplaqué assurant la protection des armatures des débordements de béton lors du dégagement de la MCG et permettant ensuite le déplacement des ouvriers assurant la finition ;
- 5- Béton mis en place à la main et pervibré entre chaque armature (Figure 46) ;
- 6- Résultat après démontage du coffrage métallique (Figure 47).

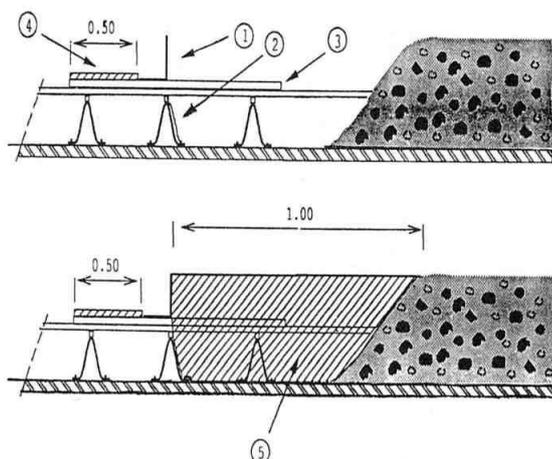


Figure 48- Joint transversal d'arrêt de bétonnage

Ce joint est utilisé en cas d'interruption prolongée du chantier: en fin de journée notamment ou en fin de semaine lorsque des "joints" en béton retardé sont utilisés chaque jour.

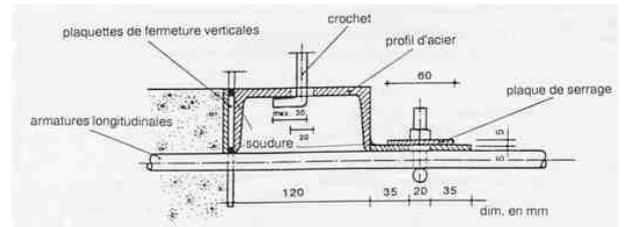


Figure 45- Exemple de coffrage métallique transversal



Figure 46- Mise en place manuelle du béton; les ouvriers circulent sur les armatures protégées par des panneaux

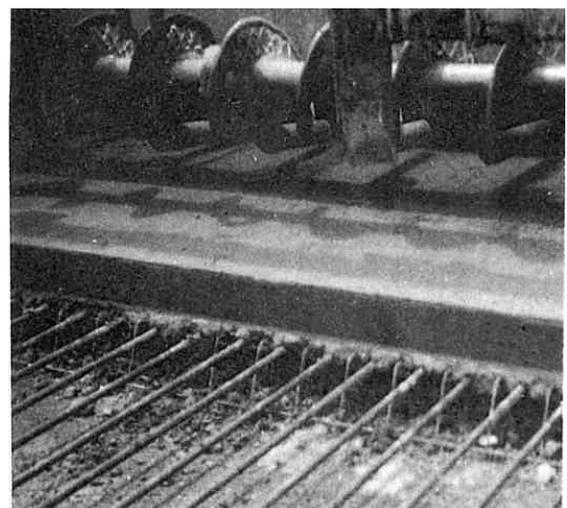


Figure 47- Résultat

Le joint a été décoffré. La MCG avancera jusqu'à ce que le joint apparaisse à la fin de la plaque d'extrusion. La mise en place du béton recommencera puis le "gap" entre le joint et le nouveau revêtement (environ 1/2 plaque d'extrusion) sera réalisé manuellement

4.II.3. Joints de BAC en béton retardé

Domaine d'emploi

Toutes les interruptions de bétonnage prévues (fin de journées) à l'exclusion des interruptions imprévues (pannes de machines ou rupture de stock entraînant l'arrêt de l'atelier de mise en œuvre) et des extrémités de sections lorsque la section n'est pas destinée à être prolongée en BAC à court terme.

Produits

Tous les produits de la section courante plus le retardateur et 40 mètres de planches de coffrage.

Matériel

Le matériel de mise en œuvre de la section courante.

Méthodologie

La réalisation d'un joint retardé comporte 3 phases :

- **PHASE 1**, la veille : essais in situ durant le bétonnage 2 heures pour 1 chef et 3 hommes ;
- **PHASE 2**, nettoyage de la machine réalisation : en temps masqué dans l'arrêt du chantier ;
- **PHASE 3**, mise en place du béton retardé.

La **PHASE 1** est un ensemble d'**essais** : il faut tester une formule en tout point identique à celle du chantier en cours dans laquelle on a ajouté le retardateur. Le test se fait à l'heure prévue d'arrêt de chantier et s'analyse à l'heure prévue de redémarrage. Il faut réaliser 4 à 6 dosages test dans des dalles témoins de 2 x 2 mètres, c'est-à-dire 4 par temps frais ou 6 par temps chaud, avec la même puissance de vibration que celle du chantier et la même protection de surface (Figure 49).

Si l'échantillon est bien choisi, le lendemain le moins dosé en retardateur a fait prise et le plus dosé se vibre.

Choisir le dosage le plus faible permettant une vibration normale.

Refaire la **PHASE 1** si les conditions changent.

La **PHASE 2** commence lors de la dernière gâchée normale qui doit être mise en œuvre en vidangeant et en évacuant l'excès de laitance de l'avant du moule, et en vidangeant les différents tapis d'approvisionnement.

Puis il faut avancer la machine de façon à dégager le bac de vibration afin d'avoir une fin de béton normal perpendiculaire à l'axe de la chaussée à l'entrée du moule. Impérativement bien nettoyer la machine (avec un balai par exemple) pour enlever tout le béton normal des vis, des vibreurs etc.

Noter à la peinture sur les bas cotés la limite des 2 bétons, pour que les maçons ne talochent pas un béton avec l'autre (Figure 51).

La **PHASE 3** est la **réalisation du béton retardé** (Figure 50) **et l'arrêt du bétonnage** :

1. Utiliser le moins possible de béton retardé: 4 à 7 m³ pour 2 voies ;
2. Ne pas mélanger béton normal et béton retardé ;
3. S'assurer que les aiguilles vibrantes ne sont plus dans le béton et par sécurité pour repartir le lendemain, le béton doit être complètement sous la table ;
4. Enfin, il faut mettre un film plastique sur le devant de la machine pour maintenir le béton retardé dans un environnement confiné ;
5. Pour tout problème de chantier raisonner comme si le béton retardé était la première gâchée du matin.

Rendement

2 heures pour les planches d'essai

Temps de remise en service : 2 jours.

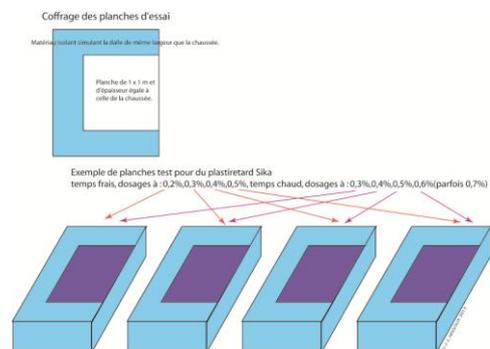


Figure 49- Essai in situ de quatre dosages de retardateur

Les dalles sont protégées thermiquement sur trois côtés pour simuler l'extrémité de chaussée en attente du redémarrage du coulage ;



Figure 50- Mise en place du béton retardé

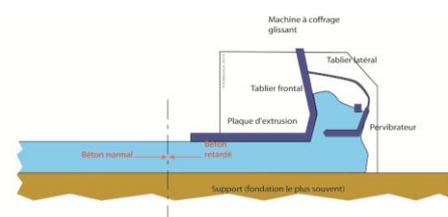


Figure 51- Schéma de principe du joint pendant la mise en place du béton retardé

4.III. Joints longitudinaux

4.III.1. Entre deux chaussées en dalles

Domaine d'emploi

La construction soit au cours d'une même opération, soit à plusieurs années d'intervalle, d'un élargissement d'une chaussée en béton de ciment à joints goujonnées ou non, d'une piste ou d'une aire de stationnement ou de tout aménagement réalisé en bandes adjacentes de plus de 15 m de large, chaque bande de plus de 5 m de large comportant aussi des joints longitudinaux de retrait.

Description du joint

Il s'agit généralement d'un joint conjugué ne comportant pas de dispositif d'amélioration du transfert de charge.

Si les joints transversaux de l'aménagement comportent des goujons, le joint de construction comportera au minimum des fers de liaison s'il s'agit d'un joint conjugué (une « clé » préexiste réalisée comme indiqué Figure 54, voir Figure 52). Sinon, en l'absence de clé, et dans les cas de charges très lourdes ou très fréquentes, il comportera des goujons (voir Figure 53).

La clé et les fers de liaison ou les goujons (sans clé) peuvent avoir été posés dans l'aménagement élargi (construction dans le cadre de la même opération par exemple) ou scellés dans des forages (élargissement plusieurs années après la mise en service).

Méthodologie d'exécution

Si nécessaire, les fers de liaison ou les goujons sont scellés dans des forages horizontaux de diamètre légèrement plus grand pour permettre leur introduction facile avec le produit de scellement.

Ensuite, le béton est mis en œuvre à la MCG ou à la main ; l'ensemble ou le haut du joint près de la surface est protégé par une pulvérisation de produit de cure par exemple, afin de limiter l'adhérence du nouveau béton sur l'ancien, et jouer ainsi le rôle d'amorce de fissuration.

Le « réservoir » du produit d'étanchéité est scié après durcissement du béton si nécessaire.

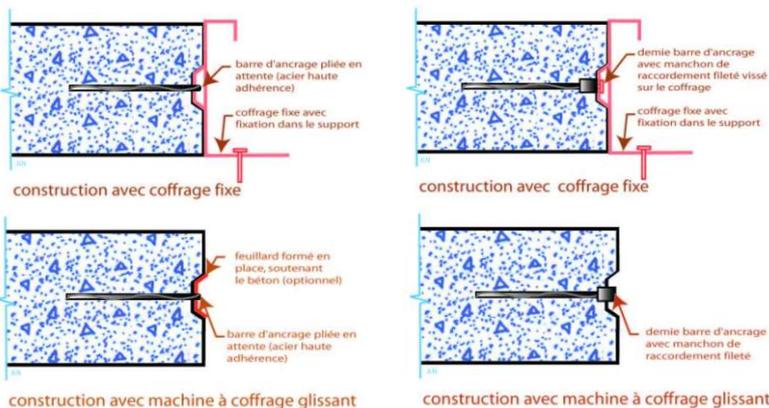


Figure 54- différentes façons de réaliser une clé trapézoïdale dans un revêtement

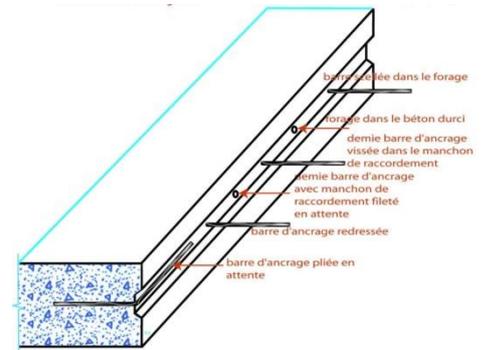


Figure 52- Trois méthodes de pose de barres d'ancrage dans un joint longitudinal

- La première de bas en haut, est bien adaptée à la mise en place de bandes adjacentes lors d'une même opération ;
 - Les deux premières de bas en haut, sont d'autant moins fiables que la durée séparant la mise en place des deux bandes adjacentes est grande : les barres cassent au dépliage, les manchons sont bouchés ou corrodés ;
- La troisième méthode est bien adaptée à une durée longue avant pose de la bande supplémentaire (élargissement par exemple) ou, ponctuellement pour pallier les défaillances des deux autres méthodes.



Figure 53- élargissement d'un revêtement ne comportant pas de clé: celle-ci a été remplacée par des goujons

4.III.2. Entre deux chaussées de structures différentes (béton/béton ou béton/enrobé)

Les deux structures sont généralement séparées par un joint préformé mis en place sur la structure existante au moment de la réalisation de l'autre.

La Figure 55 montre le cas d'une structure neuve en béton réalisée le long d'une structure ancienne en béton conservée. Le procédé est applicable dans la plupart des cas : structure neuve bitumineuse le long d'une structure ancienne en béton conservée, structure neuve en béton le long d'une structure

ancienne bitumineuse conservée. Parfois le joint préformé peut avantageusement être remplacé par une couche d'accrochage (émulsion de bitume) pulvérisée sur le flanc de la structure conservée.

Néanmoins, ce procédé ne permet pas d'assurer un quelconque transfert de charge entre les deux structures : il faut bien vérifier que ce transfert n'est pas nécessaire ni ne le deviendra.

Dans tous les cas, l'étanchéité n'est pas assurée : il faut la réaliser en sciant le logement du produit d'étanchéité à cheval sur les deux structures (voir 3.1.2.1), puis en le remplissant (voir 3.1.2.3).



Figure 55- Bande de mastic bitumineux préfabriquée, déroulée contre la paroi verticale constituée par un ancien béton qui sera maintenu, afin d'éviter des fissures de sympathie dans un élargissement ou une réparation

5.1. Joints transversaux

5.1.1. Joints de dilatation transversaux

Domaine d'emploi

Routes, autoroutes, pistes aéronautiques, aires de stockage, etc. dont une extrémité ou un bord libre est situé au voisinage immédiat d'une autre chaussée ou d'un ouvrage (Figure 56), immeuble, etc. qu'il est nécessaire de protéger contre la poussée de la chaussée en béton lorsque celle-ci se dilate. Ce peut être aussi le cas lors de bétonnage par temps froid.

Fonction du joint (rappel)

Le joint de dilatation transversal a pour fonction d'absorber la dilatation de la chaussée par déformation de sa partie compressible, afin qu'aucun effort ne soit transmis au-delà de ce joint.

Description du joint

Il s'agit en fait d'un joint transversal de construction avec goujons (voir 4.II.1) dans lequel on introduit une épaisseur suffisante de matériau compressible (élastique et durable) verticalement entre les deux dalles adjacentes au joint (Figure 57).

Contrairement aux joints de construction qui peuvent être inclinés comme les joints sciés, les joints de dilatation sont toujours perpendiculaires à la chaussée.

Méthodologie d'exécution

En premier lieu, sur la partie de la chaussée réalisée en premier (chaussée précédent ou dalle d'approche de l'ouvrage par exemple), on réalise un joint de construction goujonné.

Après décoffrage, on introduit contre la face verticale de la dalle le matériau compressible dont l'épaisseur est de l'ordre de 1 à 2 cm : mousse de polyéthylène à pores fermés par exemple, de densité comprise entre 55 et 60 kg/m³ (Figure 58). Cette "planche" de matériau compressible comporte évidemment le passage des goujons déjà en place. La "planche" s'arrête à environ 2 cm de la surface de la chaussée et est complétée d'une languette qui, une fois l'autre dalle coulée, sera enlevée pour permettre de mettre en place l'étanchéité (ou le polyéthylène est brûlé sur 2 cm).

Généralement il y a plusieurs plaques de matériau compressible sur la largeur de la chaussée. Il faut alors traiter les points particuliers que sont la jonction entre deux plaques de matériau compressible ainsi que la jonction entre la plaque et les goujons. Il faut assurer une étanchéité parfaite au niveau de ces jonctions en les garnissant de plâtre par exemple, pour qu'il n'y ait pas de fuite de béton. Si malgré cela il y a des fuites, le béton entre les plaques ou entre les plaques et les goujons, doit être éliminé avant le coulage de la dalle suivante.

Matériaux

En dehors du béton du revêtement et du produit d'étanchéité utilisés pour le reste du chantier, il faut disposer de goujons et d'un coffrage adapté, ainsi que du matériau compressible : il s'agit mousse de polyéthylène à pores fermés par exemple, de densité comprise entre 55 et 60 kg/m³.

Précautions particulières

L'ouverture des joints de dilatation (l'épaisseur de la "planche") doit être adaptée à la température d'exécution : l'ouverture doit être plus importante lorsque la chaussée est réalisée l'hiver que si elle est réalisée l'été.

Entretien

Comme tous les joints de chaussée, l'étanchéité doit être entretenue régulièrement afin d'éviter l'entrée d'eau ainsi que l'accumulation de matériau incompressible en période froide qui fait perdre au joint sa fonction en réduisant sa déformabilité et provoque l'éclatement du béton en surface lors des périodes chaudes ultérieures.

Les joints : règles de l'art et dispositions constructives

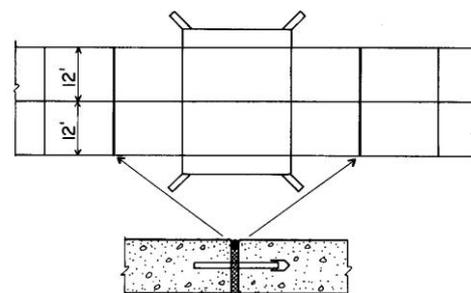


Figure 56- Exemple de joints de dilatation protégeant un passage inférieur (PI) sur route ou autoroute

La coupe montre la zone compressible sur toute l'épaisseur de la chaussée, les goujons avec leur extrémité protégée pour leur permettre de se déplacer lorsque le joint de dilatation se comprime.



Figure 57- Planche compressible et goujons pour coffrage d'un joint de dilatation¹

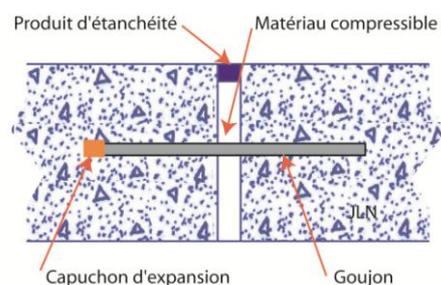


Figure 58- Coupe d'un joint de dilatation

qui montre : la zone compressible sur toute l'épaisseur de la chaussée, les goujons avec une de leur extrémité protégée pour leur permettre de se déplacer lorsque le joint de dilatation se comprime, l'étanchéité au-dessus du matériau compressible

¹ tout corps de joint plus dur que ce qui est défini ci-dessus (peuplier, bois tendre, voire certains isorels), amène de sérieux problèmes de dilatation.

5.1.2. Joints d'extrémité de BAC, joint de dilatation

Les joints dits d'extrémité sont en réalité des ouvrages plus ou moins complexes selon que l'on cherche à réduire le déplacement de l'extrémité du BAC (culée d'ancrage), à mettre en place un joint de

chaussée à très fort souffle, ou à répartir ce déplacement sur plusieurs joints pour que chacun ait un comportement sous trafic voisin de celui des joints de dilatation classiques.



Autres applications traitées dans le présent document

en haut à gauche : LBA,

en haut à droite : MVL muret de montagne,

en bas : expérimentation de substitution de béton au ballast d'une ligne à grande vitesse (LGV)

5.1.2.1 Réduction du déplacement de l'extrémité (culée d'ancrage, Figure 59)

Préparation

Terrasser les poutres
Réaliser un béton de propreté en fond de fouille

Armatures

Afin d'assurer une qualité de réalisation optimum, il est préférable de faire préfabriquer les armatures des poutres en usine.

Bétonnage

Le bétonnage des poutres se fait manuellement et doit être réalisé juste avant celui de la chaussée afin qu'il n'y ait pas de reprise de bétonnage (Figure 60).

Précautions de réalisation

Bien vérifier la position et la fixation des armatures à la nappe d'armatures longitudinales.

Lors du bétonnage, prévoir deux ateliers de vibration pour que cette opération se fasse rapidement et de manière soignée. L'espacement entre les armatures étant réduit (environ 12-13 cm), cette étape est longue et fastidieuse.

Matériel nécessaire

Pelle ou camion grue pour la manutention des armatures avec élingues
Calle à béton
Vibreux pneumatique diamètre 80 mm
Compresseur de 3 000 l, minimum

Personnel nécessaire

Mise en place des armatures : Une équipe de 2 personnes qualifiées pour réaliser les ligatures des armatures. Prévoir 2 poutres par équipe et par jour.

Bétonnage : Prévoir une équipe de 3 personnes : 1 pour répartir le béton et 2 pour le vibrer.

Durée de réalisation

La préparation et la mise en place des armatures : 3 jours avec une équipe de pose d'armature.

Le bétonnage se fait en même temps que celui de la chaussée. Il faut donc prévoir un renfort de 3 personnes lors de la réalisation de cet ouvrage. Prévoir entre deux et trois heures pour cette opération.

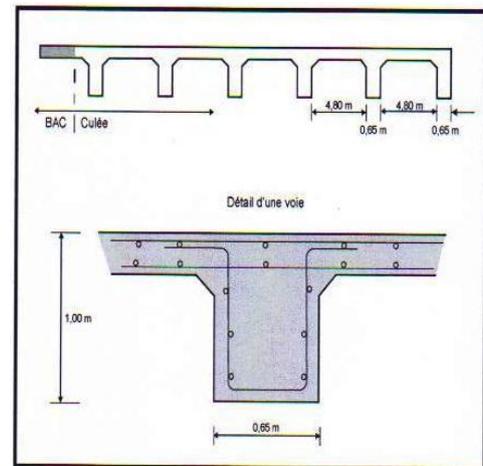


Figure 59- Schéma de principe d'une culée d'ancrage
C'est la masse de sol contenu entre les voiles verticaux sous le revêtement, en frottant, qui absorbe la quasi-totalité des efforts de traction lorsque le revêtement se contracte, réduisant le déplacement de l'extrémité libre au déplacement habituel au droit d'un joint de dilatation.



Figure 60- Réalisation d'une culée d'ancrage
Au premier plan on peut voir la nappe d'armatures longitudinales du BAC, puis les armatures du premier voile, puis en arrière-plan le deuxième voile

5.1.2.2 Joints de chaussée à très fort souffle

Ce type d'ouvrage est complexe à réaliser et il est conseillé de faire appel à une entreprise spécialisée notamment en joints routiers pour ouvrage d'art : c'est en effet des joints de ce type qui sont utilisés.

Le joint choisi de type OA devra disposer d'un avis technique du SETRA (CEREMA DTITM).

La figure suivante montre deux coupes d'extrémités à base de joint type TOMRA JOINT (Figure 61). D'autres exemples peuvent être trouvés en Belgique ou aux États-Unis.

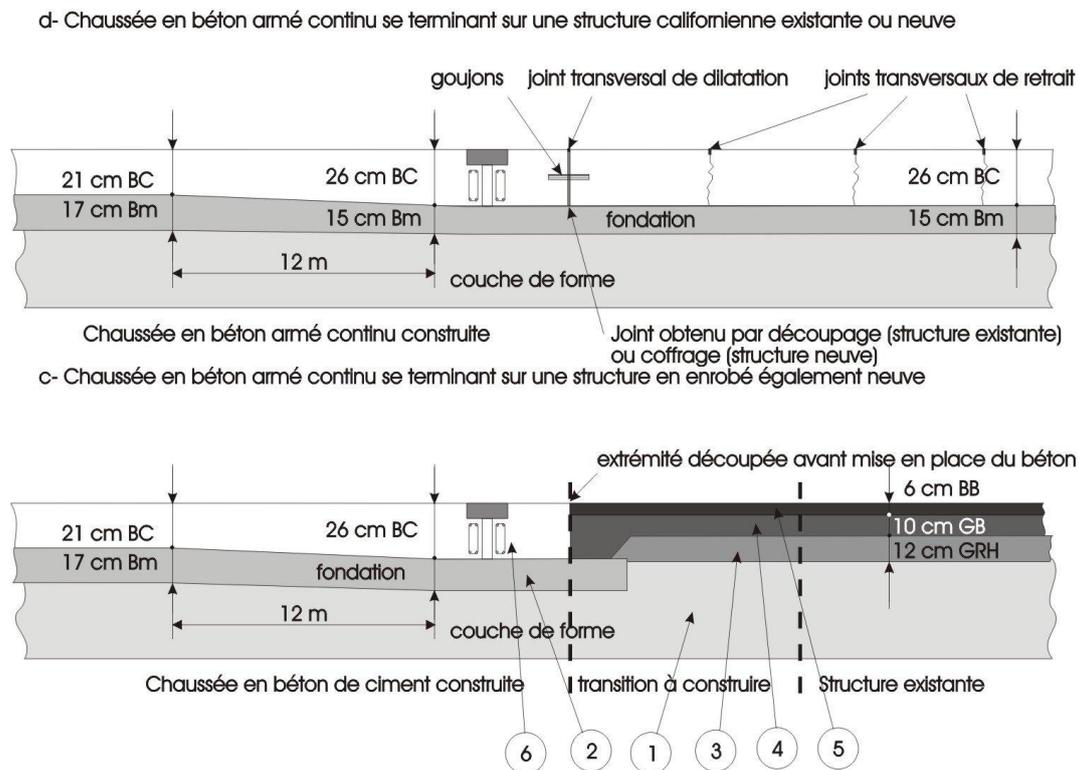


Figure 61- Exemple de deux extrémités de revêtement en BAC: en haut se raccordant sur un revêtement en béton à dalles, et en bas, sur un revêtement en matériaux bitumineux

- | | | |
|--|---|--|
| ① Couche de forme | - | ② Couche de fondation du revêtement rigide |
| ③ Couche de fondation du revêtement souple | - | ④ Couche de base du revêtement souple |
| ⑤ Couche de roulement du revêtement souple | - | ⑥ Dalle de transition réalisée en dernier |

5.1.2.3 Répartition sur plusieurs joints

Préambule

Il s'agit de répartir sur au moins 2 joints, les déplacements d'extrémité estimés ; le dispositif permet la traction des dalles pour éviter qu'un joint se ferme dès les premières chaleurs et que l'autre récupère tous les déplacements futurs (Figure 62). Il est nécessaire de favoriser le glissement des deux dalles sur le support : film épais de bitume, double polyane graissé, etc.

Cet ouvrage demande une réalisation particulièrement soignée pour fonctionner correctement et une équipe de maçons qualifiés.

Équipe

1 chef d'équipe et 4 maçons

Rendement

2 dalles d'extrémité préparées et coulées de 8 m de large environ par jour. Bien évidemment, suivant la largeur de mise en œuvre le nombre réalisé par jour peut varier.

Matériel et fourniture

Matériau compressible type isorel mou pour réaliser le corps des joints de dilatation

Bois de coffrage

Gaine plastique type électrique \varnothing 20 mm

Plat métallique 100 x 10 mm préparé suivant l'espacement des aciers du chantier

Rondelle métallique diamètre 20 mm

Silicone, Produit de cure, produits pour améliorer le glissement

Matériel de bétonnage : aiguille vibrante pneumatique \varnothing 80, compresseur, règle, taloche et pulvérisateur pour produit de cure

Scie circulaire, poste à souder

Procédure de réalisation

1. Mettre en place l'isorel mou contre la tranche du béton zone A.
2. Assurer l'étanchéité entre les aciers et l'isorel avec du silicone.
3. Améliorer le glissement des dalles.
4. Mettre en place les tubes PVC sur chaque filant. Ils devront tous présenter la même longueur. Apporter un soin particulier à cette opération.
5. Coffrer le pourtour de la dalle. Le coffrage de la zone B devra être percé pour laisser les aciers dépasser (Figure 63).
6. Fixer le plat métallique sur la face interne du coffrage.
7. Assurer l'étanchéité entre les aciers, les tubes PVC et le plat métallique avec du silicone (Figure 64).
8. Couler le béton.
9. Souder les rondelles métalliques à l'extrémité des armatures longitudinales.

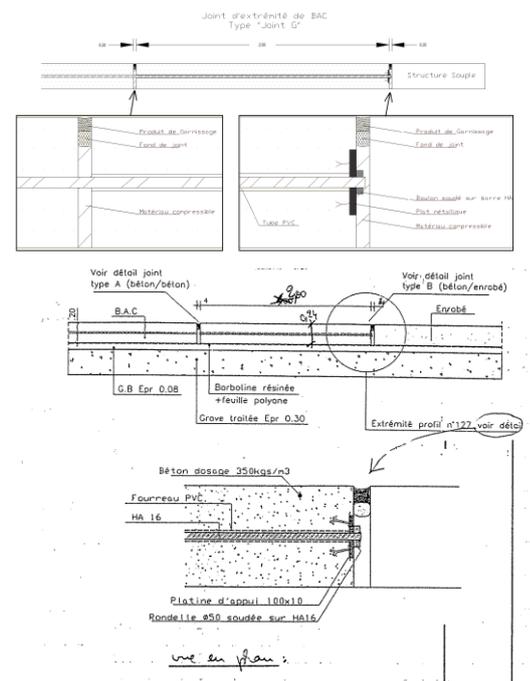


Figure 62- Schéma de principe du dispositif d'extrémité libre de BAC permettant de répartir le déplacement sur plusieurs joints de dilatation



Figure 63- Réalisation du joint de la Figure 62

On peut voir les armatures longitudinales passant dans des tubes insérés dans le béton et la mise en place du coffrage du joint transversal.



Figure 64- Dalle coffrée prête à être coulée

5.1.3. Raccordement avec des structures souples bitumineuses ou semi-rigides

Domaine d'emploi

Routes, autoroutes, pistes aéronautiques, aires de stockage, etc. sur lesquelles le joint de construction constitue l'interface entre deux structures différentes.

Fonction du joint (rappel)

Raccordement d'extrémité de chaussées en béton de ciment à joints avec ou sans goujons, et BAC, avec des structures souples ou semi-rigides qui assurent le reste de l'itinéraire, ou qui croisent la route en béton, ou encore qui constituent l'accès à une aire en béton de stationnement (aéroport) ou de stockage (plateforme multimodale).

Description du joint

Il s'agit d'un joint "franc" : le revêtement en béton de ciment est réalisé contre la couche de base et la couche de roulement de la structure adjacente (Figure 65). Dans le cas des revêtements à joints avec ou sans goujons, il est précédé d'un joint de dilatation (voir 5.1.1). Dans le cas de revêtement en BAC, il est précédé d'un joint d'extrémité spécifique à ce revêtement (voir 5.1.2).

Méthodologie d'exécution

La structure adjacente au béton comprend une zone de transition à construire avant de terminer le revêtement en béton de ciment. Cette zone permet de rattraper les différences d'épaisseur des structures au niveau de la couche de forme.

En premier lieu, la fondation de la structure adjacente est prolongée sur celle du revêtement en béton jusqu'à 0,5 à un mètre de l'emplacement définitif du joint.

En second lieu, la couche de base est réalisée jusqu'à environ 0,5 m au-delà de l'emplacement définitif du joint.

En troisième lieu, il est fait de même pour la couche de roulement.

En quatrième lieu, la couche de roulement et la couche de base sont sciées à l'emplacement définitif du joint.

Enfin, le revêtement en béton de ciment est réalisé entre le joint de dilatation ou le joint d'extrémité de BAC, et la structure sciée.

Matériaux

Les matériaux nécessaires sont ceux des structures adjacentes.

Précautions particulières

L'ouverture des joints de dilatation et dans une moindre mesure celle des joints d'extrémité de BAC doit être adaptée à la température d'exécution : l'ouverture doit être plus importante lorsque la chaussée est réalisée l'hiver que si elle est réalisée l'été.

Entretien

Comme tous les joints de chaussée, l'étanchéité doit être entretenue régulièrement afin d'éviter l'entrée d'eau ainsi que l'accumulation de matériau incompressible en période froide qui fait perdre au joint sa fonction en réduisant sa déformabilité et provoque l'éclatement du béton en surface lors des périodes chaudes ultérieures.

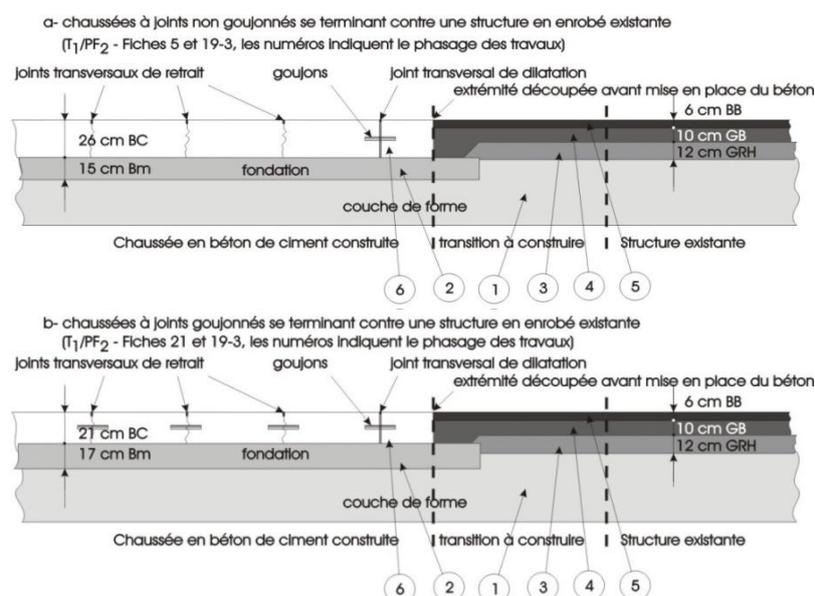


Figure 65- Exemple de deux extrémités de revêtement en dalles sans (en haut) ou avec (en bas) goujons se raccordant sur un revêtement en matériaux bitumineux

- ① Couche de forme - ② Couche de fondation du revêtement rigide
- ③ Couche de fondation du revêtement souple - ④ Couche de base du revêtement souple
- ⑤ Couche de roulement du revêtement souple - ⑥ Dalle de transition réalisée en dernier

5.1.4. Raccordement de deux structures en béton

Domaine d'emploi

Routes, autoroutes, pistes aéronautiques, aires de stockage, etc. sur lesquelles il constitue l'interface entre deux structures en béton différentes (le plus souvent, d'âge différent).

Fonction du joint (rappel)

Raccordement d'extrémité de chaussées en béton de ciment à joints avec ou sans goujons, et BAC, entre elles dans la continuité d'un itinéraire, ou qui se croisent, ou encore qui constituent l'accès à une aire en béton de stationnement (aéroport) ou de stockage (plate-forme multimodale).

Description du joint

Il s'agit d'un joint dilatation (voir 5.1.1). Dans le cas de revêtement en BAC, il est précédé coté BAC, d'un joint d'extrémité spécifique à ce revêtement (voir 5.1.2) (Figure 66).

Dans le cas d'un croisement, la continuité de la chaussée supportant le plus de trafic est assurée, et la chaussée qui supporte le plus faible trafic est interrompue. Le joint longitudinal de construction de la première structure peut constituer le joint de dilatation, mais il est préférable d'éloigner ce joint du bord de la structure la plus chargée.

Méthodologie d'exécution

Généralement une des deux structures préexiste.

S'il s'agit de BAC, il y a déjà un joint d'extrémité. Un joint de dilatation (voir 5.1.1) est réalisé à l'extrémité libre du BAC et l'autre structure est mise en place à partir de ce joint. Il peut être nécessaire de prévoir une zone de quelques mètres pour rattraper une éventuelle différence d'épaisseur.

Si la structure préexistante n'est pas en BAC, un joint de dilatation est réalisé et la nouvelle structure est mise en œuvre comme précédemment ; si cette nouvelle structure est en BAC, à 3 ou 4 m du joint de dilatation, on réalise un joint d'extrémité (voir 5.1.2).

Matériaux (éventuellement)

Les matériaux nécessaires sont ceux des structures adjacentes.

Précautions particulières (éventuellement)

L'ouverture des joints de dilatation et dans une moindre mesure celle des joints d'extrémité de BAC doit être adaptée à la température d'exécution : l'ouverture doit être plus importante lorsque la chaussée est réalisée l'hiver que si elle est réalisée l'été.

Entretien (éventuellement)

Comme tous les joints de chaussée, l'étanchéité doit être entretenue régulièrement afin d'éviter l'entrée d'eau ainsi que l'accumulation de matériau incompressible en période froide qui fait perdre au joint sa fonction en réduisant sa déformabilité et provoque l'éclatement du béton en surface lors des périodes chaudes ultérieures.

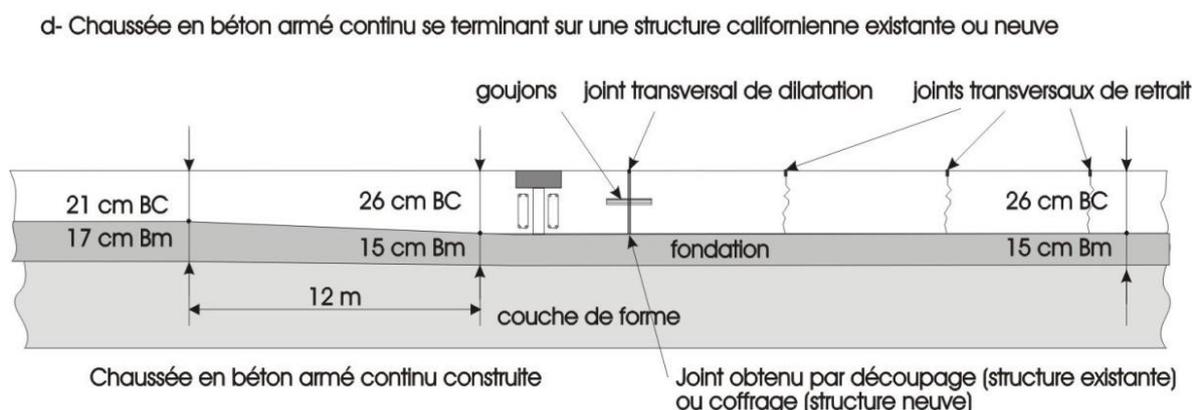


Figure 66- Exemple de revêtement en BAC se raccordant à un revêtement en dalles non goujonnées

5.II. Traitement des émergences

Domaine d'emploi

Idéalement le choix de l'emplacement de ces émergences dès le projet de construction devrait être coordonné avec le calepinage des futurs joints.

Les spécifications de la présente fiche s'appliquent à la gestion de tous les obstacles qui peuvent s'inscrire dans la chaussée en béton, à savoir :

- * Bouches d'égout,
- * Regards,
- * Chambres de réseaux divers,
- * Massifs de support de signalisation verticale ou de porte caténaire (voie de TCSP par exemple),
- * Bouches d'alimentation en kérosène (aéroports).

Principe de fonctionnement

Tout obstacle qui est introduit dans une bande de béton constitue un point dur empêchant la liberté de déplacement de celle-ci. Aussi, afin que les différents efforts résultant de phénomène tel que la dilation, ou les multiples déformations engendrés sous les effets de la circulation ne soient pas contrariés, il est indispensable d'isoler ces obstacles par la réalisation d'une réservation et d'un joint de dilatation. Dans le cas contraire, une fissure risque d'apparaître à la jonction avec l'émergence.

Conception

Plusieurs cas peuvent se présenter :

- a) Soit l'obstacle se trouve dans un angle de dalle. Alors, par le calepinage, il est possible de faire coïncider certains bords de la réservation avec les bords de dalles (Figure 67 et Figure 70),
- b) Soit l'obstacle se situe en milieu de chaussée. Alors, par le calepinage, il est possible de placer la réservation entre quatre dalles (Figure 68),
- c) Soit l'obstacle se situe intégralement dans la dalle. Alors une réservation complète doit être réalisée (Figure 69),
- d) Soit l'obstacle se situe en bord de voie. Alors, par le calepinage, il est possible de placer la réservation entre deux dalles (Figure 71).

Dans tous les cas, il est impératif de respecter :

- un entourage de béton entre l'ouvrage et les bords de la réservation de 25 cm minimum ;
- une largeur de béton de 50 cm également entre le bord de la réservation et le bord de la dalle.

Enfin certaines émergences sont de taille suffisamment faible pour être mise en place dans un carottage : signalisation verticale, balisage lumineux aéroportuaire (voir 6.IV.2).

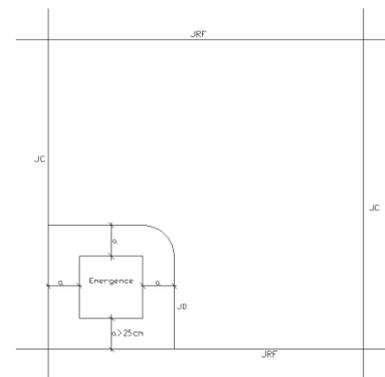


Figure 67- L'émergence se trouve dans un angle de dalle; ou plus précisément, le calepinage a été fait de telle sorte que l'émergence soit dans un angle de dalle

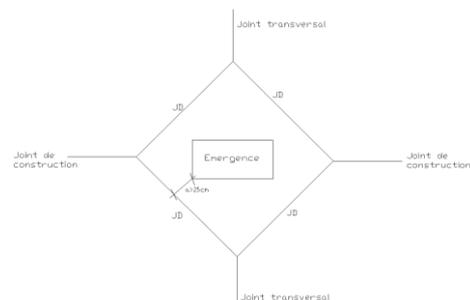


Figure 68- Le calepinage a été fait de telle sorte que l'émergence se trouve à la jonction de quatre dalles

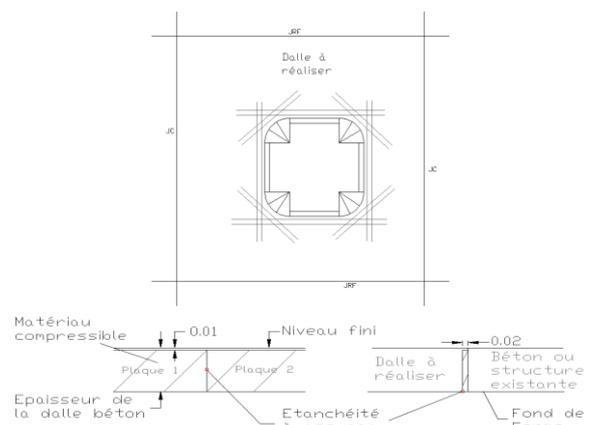
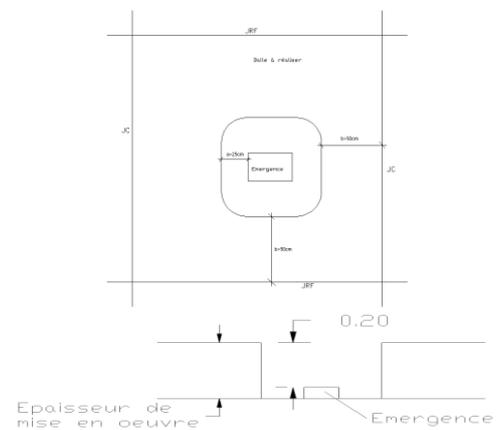


Figure 69- Le calepinage a été fait de telle sorte que l'émergence soit en pleine dalle (réservation complète)

5.II. Traitement des émergences (suite)

Méthodologie de réalisation

Dans le cas d'une mise en œuvre à la machine à coffrages glissant, afin d'assurer un nivellement parfait de la dalle béton, les différents obstacles ne doivent pas être réglés à la cote finie mais au moins 2 cm en dessous afin de permettre le passage des vibreurs.

- 1- Mise en place des coffrages métalliques ou bois. Les flancs doivent être lisses. Les angles ne sont pas à 90° mais réalisés à l'aide de quart de rond afin d'éviter la propagation de fissures.
- 2- Mise en place des armatures au pourtour de la réservation.
- 3- Vérification de la conformité du nivellement du coffrage.
- 4- Bétonnage de la dalle.
- 5- Décoffrage de la réservation.
- 6- Mise à la cote finale de l'émergence.
- 7- Mise en place d'un matériau compressible sur les flancs de la réservation.
S'assurer de l'étanchéité parfaite du matériau compressible.
S'assurer que les plaques de matériau compressible soient réglées 1 à 2 cm sous le niveau fini afin que les maçons puissent parfaitement raccorder la réservation et la dalle de béton.
- 8- Bétonnage manuel de la réservation.
- 9- Au bout de 28 jours, élargissement de la partie supérieure du joint et garnissage conformément au 3.1.1.1.



Figure 70- Vues d'une émergence en coin de dalle: bouches d'avitaillement d'aéronefs dans un revêtement de stationnement sur un aéroport

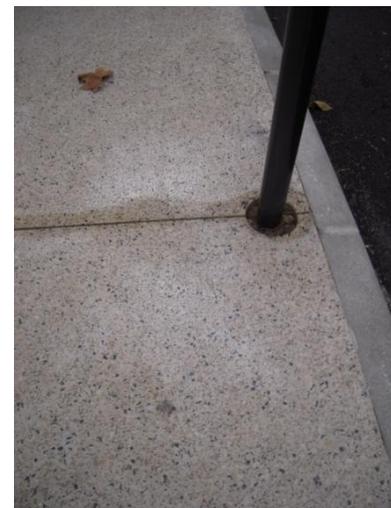


Figure 71- Dans le cas de ce poteau de signalisation verticale sur un trottoir en béton, il n'y a pas eu de réservation mais carottage au-dessus de sa fondation et de l'arrivée de son alimentation électrique. Le calepinage a localisé un joint de retrait au droit de ce carottage pour éviter une fissure.
Ci-dessous, cas d'une bouche d'égout à cheval sur un joint en briques d'un trottoir en béton



Chapitre 6. ADAPTATION AUX DIFFÉRENTS OUVRAGES

6.1. Introduction

Il s'agit de passer en revue les particularités de toutes les utilisations des revêtements et ouvrages linéaires en béton de ciment, pouvant avoir une incidence sur les joints : forme, dimensions, emplacements, nature, etc.



Exemples de type d'ouvrage traité ici : caniveau technique en U
à gauche en bord de voirie
à droite en tunnel

6.II. Voies interurbaines et voies principales urbaines

6.II.1. Carrefours giratoires

Pour les chaussées circulaires des giratoires et les dalles ayant une forme approximativement trapézoïdale (Figure 74), la préparation du plan de calepinage est une opération essentielle.

Les règles générales (voir 2.II) s'appliquent avec quelques contraintes supplémentaires (12).

Ces règles sont illustrées dans le premier schéma de dalle ci-après.

a = valeur minimum de la plus petite dimension : $\geq 1,5$ m

b = valeur maximum de la plus grande dimension :

- 5 m pour une dalle d'épaisseur 20 cm;
- 4 m pour une dalle d'épaisseur 16 cm;
- 3 m pour une dalle d'épaisseur 12 cm

h = largeur d'une voie de circulation, soit 3 à 4 m

α = pour les forts trafics, valeur recommandée $\leq 75^\circ$

Dans le cas où cette disposition ne serait pas possible, un ferrailage peut renforcer les angles de dalle.

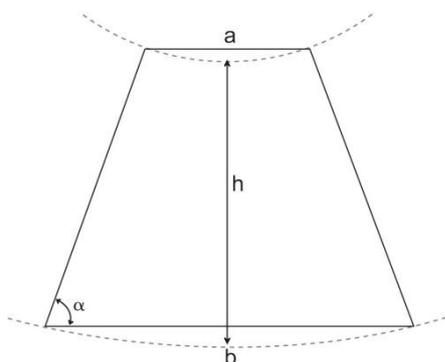


Figure 74- Dalle courbe de giratoire et son approximation trapézoïdale

À partir de ces règles on utilise la procédure illustrée ci-contre pour tracer le calepinage du giratoire (Figure 72). Si le giratoire comporte plusieurs voies, les joints transversaux des différentes voies doivent être dans le prolongement les uns des autres (Figure 73).

Si l'application de l'une des règles ci-dessus ne le permet pas, il faut réaliser un joint de construction voire de dilatation entre les voies ce qui permet des espacements différents entre les voies.

Si la structure du giratoire est mince (dalles à joints goujonnés, BAC) les entrées/sorties doivent comporter une dalle de transition goujonnée, ou une surépaisseur (voir 6.II.3).

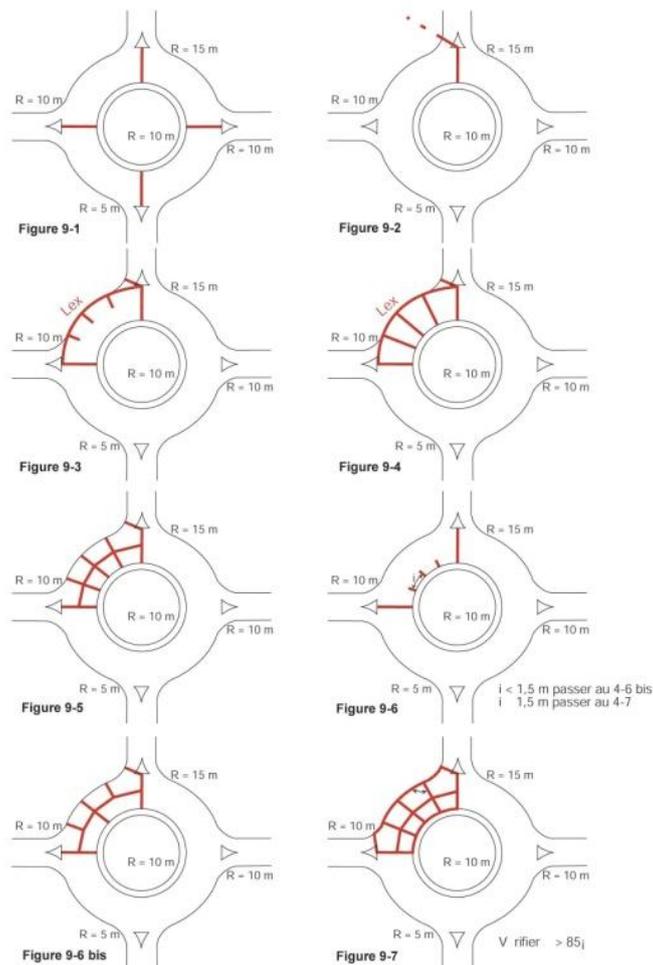


Figure 72- Procédure de tracé du calepinage

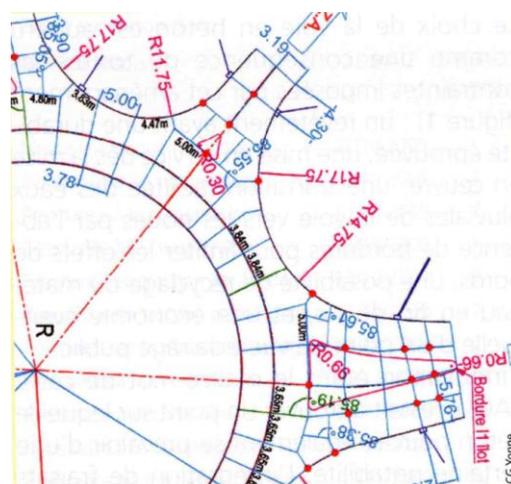


Figure 73- Exemple de calepinage de chaussée béton en dalles sur un giratoire

6.II.2. Carrefours et raccordements à des structures différentes

En France, l'usage systématique de surlargeur non circulée éloignant le bord libre droit du trafic lourd, permet de réduire l'épaisseur des chaussées à joints goujonnés ou en BAC du fait de la présence quasi permanente d'un transfert de charge élevé. Les carrefours à niveau et les extrémités avec changement de structure de chaussée sont des

situations où le bord libre est circulé par toutes les charges.

L'extrémité doit être dimensionnée comme une chaussée à joints non goujonnés (voir 5.1.2.2), (Figure 75) ; il en est de même des bords de la chaussée dans un carrefour dont le trafic traversant est de même ordre de grandeur que le trafic circulant sur la voie en béton de ciment (Figure 76).

c- Chaussée en béton armé continu se terminant sur une structure en enrobé également neuve

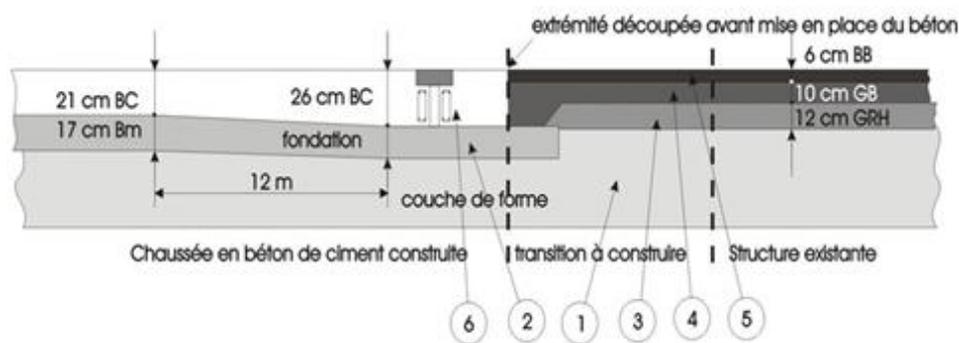


Figure 75- Revêtement en BAC se raccordant sur un revêtement bitumineux

Ces dispositions sont identiques lorsqu'un revêtement en BAC croise un revêtement bitumineux préexistant.

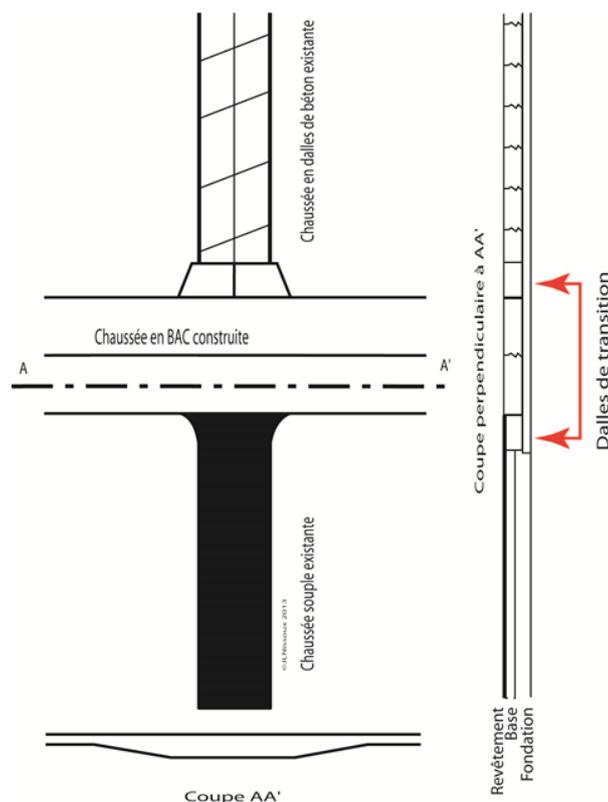


Figure 76- Adaptation locale de l'épaisseur du BAC dans un croisement

6.II.3. Entrées/sorties

En France, l'usage systématique de surlargeur non circulée éloignant le bord libre droit du trafic lourd, permet de réduire l'épaisseur des chaussées à joints goujonnés ou en BAC du fait de la présence quasi permanente d'un transfert de charge élevé.

Les entrées/sorties sont les endroits où le bord libre est circulé systématiquement :

- si le trafic qui entre ou qui sort est très inférieur à celui de la voie dont il est issu, il n'y a généralement pas de disposition particulière à prendre (on doit juste vérifier que le bord circulé a une épaisseur supérieure à celle d'une chaussée à joints non goujonnés prévue pour le trafic entrant ou sortant),
- si le trafic qui entre ou qui sort est voisin de celui de la voie dont il est issu alors il faut prendre des dispositions afin de « corriger » localement le dimensionnement du bord en traitant les risques de pompage liés à une éventuelle présence d'eau. Plusieurs solutions existent dans l'ordre de leur prise en compte du risque de pompage :
 - dalle de transition à joints goujonnés en particulier le joint avec la voie principale (Figure 77),
 - fondation rigidifiée ou surépaisseur locale (Figure 78), béton armé ou haute performance avec ou sans fibres.

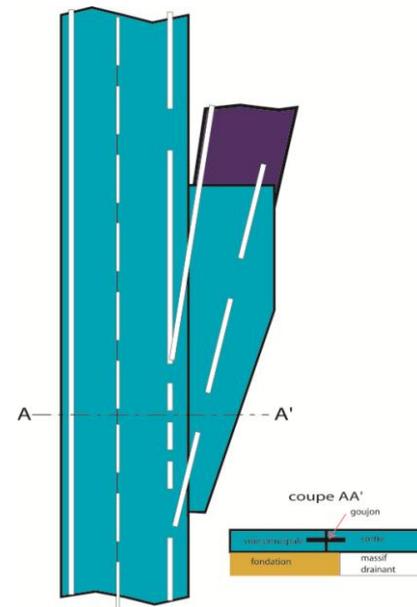


Figure 77- Dalle de transition à joint goujonné

Le joint entre le revêtement principal et la dalle de transition sur la bretelle d'entrée ou de sortie, comporte des goujons ou une clé et des fers de liaison. La fondation est de préférence drainante et la continuité des évacuations des eaux de surface et drainées est assurée.

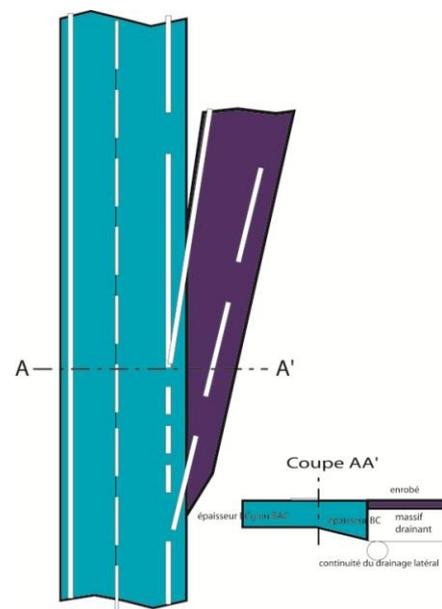


Figure 78- Surépaisseur locale

Le bord du revêtement principal est "épaissi" sur la longueur de l'insertion. La continuité des évacuations des eaux de surface et drainées est assurée.

6.II.4. Joint longitudinal entre chaussée et bordure ou barrière de sécurité

Chaque fois que cela est possible, il vaut mieux réaliser la bordure en même temps que le revêtement de la chaussée (voir 6.III.1).

Lorsque la bordure préexiste, il faut assurer l'étanchéité entre elle et le revêtement.

La préférence doit aller à un sciage d'élargissement de la fissure de retrait entre béton et bordure généralement en pierre, pour mettre en place un joint d'étanchéité comme un joint de construction classique (Figure 79), en lieu et place d'une bande compressible ou d'un joint préformé sur toute l'épaisseur de la chaussée.

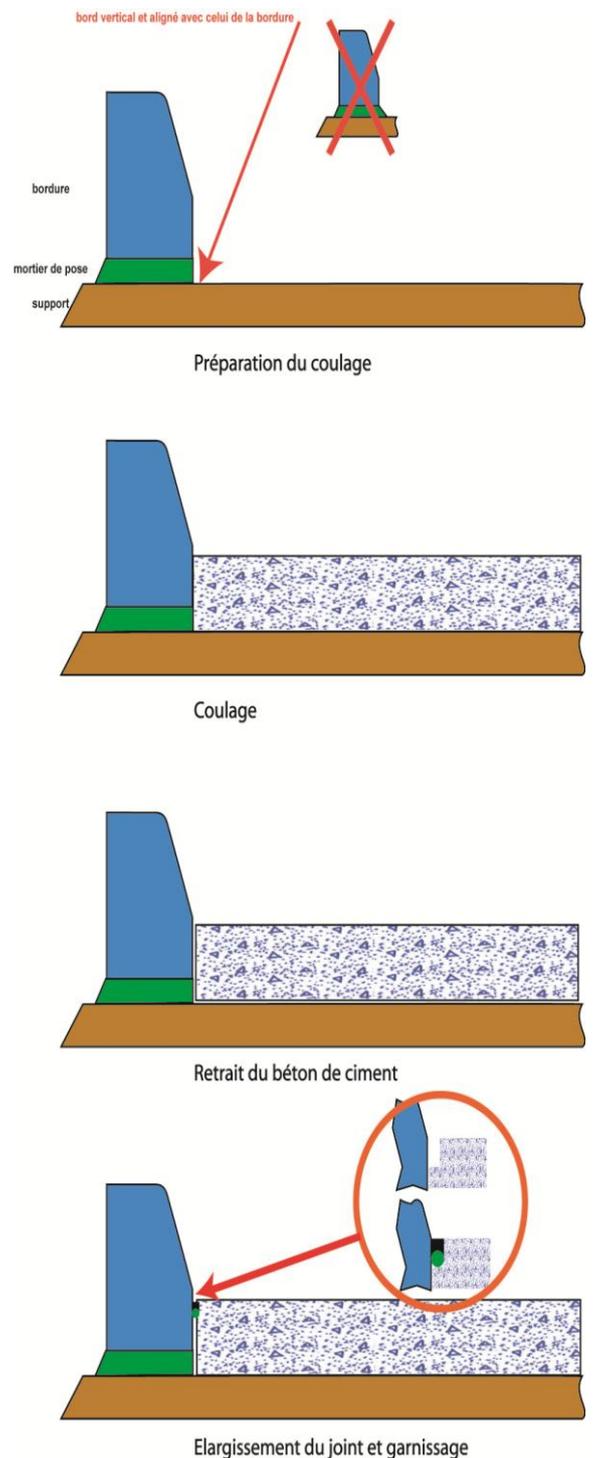


Figure 79- Principales opérations du coulage du revêtement entre bordures de trottoir

6.II.5. Béton de ciment mince collé (BCMC)

Cette structure est peu adaptée à des trafics très importants, notamment en giratoire.

Le **BCMC** fait l'objet d'un calepinage particulier : les joints sont espacés d'un mètre environ.

Pour les réaliser, on utilise un matériel spécifique « SOFF CUT™ » (scie spécifique à lame fine opérant sur béton peu durci), (Figure 80).

Ces joints ne comportent pas d'étanchéité.

Maillage des joints

- Espacement des joints : carré de côté égal à 15 fois l'épaisseur de la dalle béton,
- Profondeur du joint : entre 1/4 et 1/3 de l'épaisseur du BCMC,
- Largeur du joint : entre 1 et 2 mm.



Figure 80- Matériel de sciage spécifique au BCMC

6.III. Voiries secondaires et tertiaires urbaines

6.III.1. Joint longitudinal entre chaussée et bordures de trottoir

Si le revêtement en béton est réalisé en premier, il faut proposer d'intégrer partiellement ou totalement la bordure dans le coulage de la chaussée.

La bordure totalement intégrée est réalisée avec une machine à coffrage glissant dont le moule comporte la bordure (Figure 83).

La bordure partiellement intégrée est réalisée avec une machine à bordure et est coulée sur le béton de la chaussée préalablement munis de fers en attente introduits dans le béton frais (Figure 81).

Dans ces deux cas, il n'y a pas de joint longitudinal entre le revêtement et la bordure.

Si le revêtement est réalisé après la pose ou le coulage des bordures, entre les bordures, il faut veiller à ce que le mortier de pose ou le support de la bordure coulé en place soit bien à la verticale de la bordure et n'empiète pas sur la dalle en réduisant localement l'épaisseur (Figure 82).

Le joint longitudinal de construction obtenu après coulage du revêtement entre les bordures doit être élargi et étanché sauf dans le cas de très faible trafic et de faible pluviométrie (voir 6.II.4).

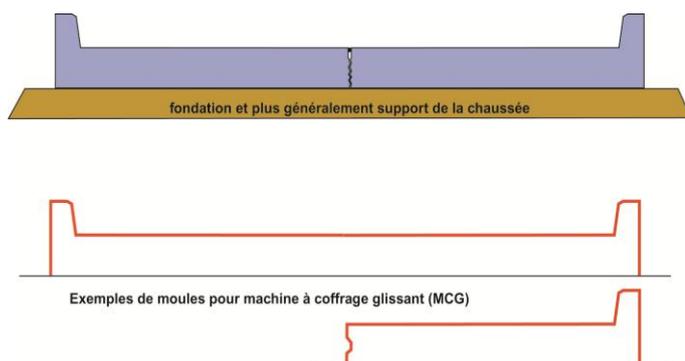


Figure 83- Bordure de trottoir intégrée au revêtement et coulée en même temps ; exemple de moules pour réaliser ce bétonnage (en bas)

Le moule est monté sur une MCG.

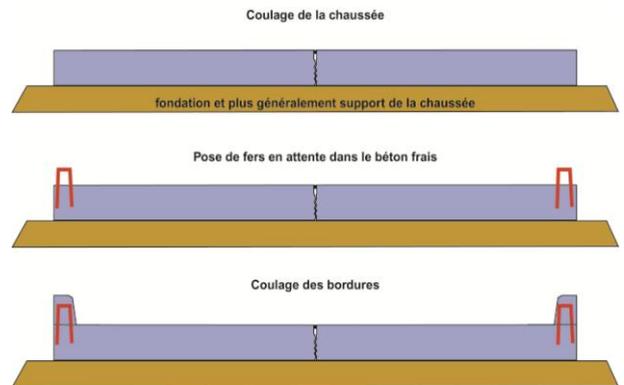


Figure 81- Bordure partiellement intégrée au revêtement

Schéma des principales opérations, en haut. Lors du coulage du revêtement, insertion d'aiguilles métalliques pour solidariser la future bordure coulée en place (photo en bas).

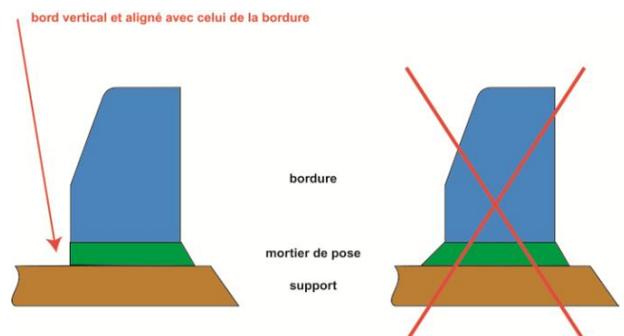


Figure 82- Le mortier de pose ou le support de la bordure coulé en place est éventuellement retillé à la verticale de la bordure et n'empiète pas sur la dalle en réduisant localement l'épaisseur

6.III.2. Joint longitudinal entre chaussée et fil d'eau

Les principes sont les mêmes que dans le cas des bordures :

- intégrer de préférence le fil d'eau à la dalle en coulant le tout en une seule fois (absence de joint longitudinal dans ce cas),
- idéalement, mettre des fers de liaison en attente dans le premier ouvrage coulé si on coule en deux ou plusieurs fois (Figure 84),
- avoir un mortier de pose à bord droit à la verticale du fil d'eau préfabriqué posé avant le coulage de la dalle.

Le joint longitudinal de construction obtenu après coulage du revêtement contre le fil d'eau doit être élargi et étanché sauf dans le cas de très faible trafic et de faible pluviométrie (voir 6.II.4).



Figure 84- Coulage du fil d'eau central

6.III.3. Joints décoratifs ou architecturaux

Les architectes proposent souvent de souligner les joints en les traitants avec des matériaux différents : briques (Figure 87), galets, bois (Figure 85), etc.

Ces bandes généralement de 10 à 20 cm, sont souvent réalisées avant le coulage des dalles.

Là encore, il est indispensable que les bords de ces bandes soient verticaux et plans pour éviter toute sous-épaisseur des futures dalles (Figure 86).

Généralement ces joints ne comportent pas d'étanchéité car ils concernent des revêtements sans trafic notable.



Figure 85- Joints en bois
dans le cas présent ils sont en bois sur toute l'épaisseur de la dalle

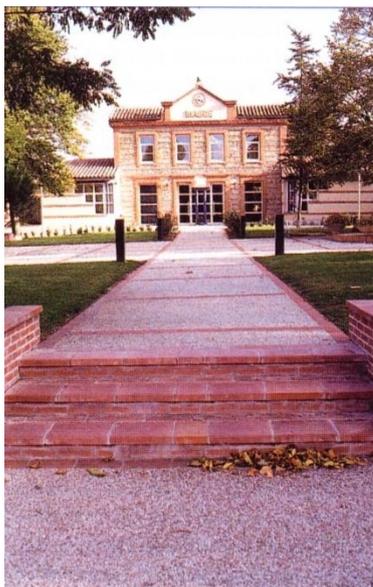


Figure 87- Exemple de joints en briques locales

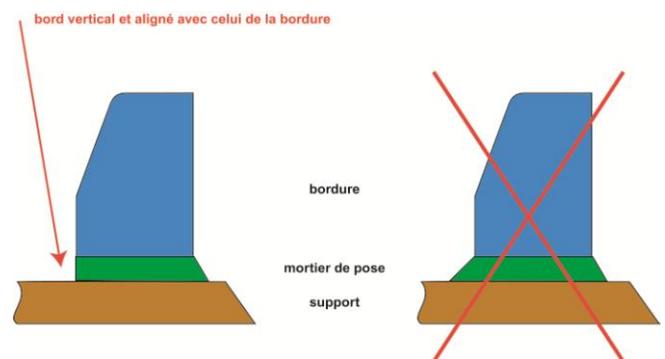


Figure 86- Le mortier de pose ou le support de la bordure coulée en place est éventuellement retaillé à la verticale de la bordure et n'empiète pas sur la dalle en réduisant localement l'épaisseur

6.IV. Revêtements aéroportuaires

6.IV.1. Pistes, voies de circulation, parking, etc.

Les revêtements aéroportuaires se différencient des revêtements routiers notamment :

1. par la charge par roue qui peut être très élevée (plus de 200 kN-20 t) et la pression de gonflage (plus de 1 MPa-10 bar),
2. par la vitesse des aéronefs qui voisine 300 km/h notamment à l'atterrissage.

Ces conditions favorisent la production d'éclats de béton par l'épaufrage des bords de joints au passage des charges ; les réacteurs, assez proches du revêtement, sont d'énormes aspirateurs et particulièrement sensibles aux impuretés solides qu'ils pourraient ingérer ainsi.

Pour limiter ce risque, les joints sciés de revêtements aéroportuaires sont chanfreinés (Figure 88, Figure 89).

En outre les produits de garnissage doivent être résistants au kérosène et au glycol dans les zones d'utilisation de ces produits.

Pour le reste, les spécifications des joints de revêtement aéroportuaire sont identiques à celles des joints de chaussées objets des fiches du présent document.

Attention aux surfaces de stationnement qui peuvent nécessiter des joints de dilatation dans les deux directions (sens de mise en œuvre et perpendiculairement), par tranche de surface de l'ordre de 1500 à 2000 m². Etant réalisées par bandes successives : des bandes primaires et des bandes de remplissage, dont la jonction peut poser quelques problèmes de planéité. Il est indispensable que les bords de dalles des bandes primaires soient plans et rectilignes pour obtenir une surface uniforme. Ces bandes primaires peuvent parfois nécessiter de reprendre par sciage les bords de dalle affaîssés et/ou tortueux, avant le coulage des bandes de remplissage.



Figure 88- Réalisation simultanée de l'élargissement pour le produit d'étanchéité, et du chanfreinage

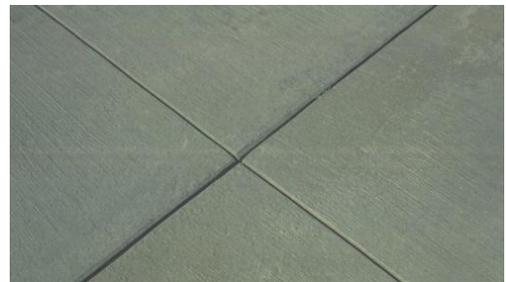


Figure 89- Joints chanfreinés



Aéroport de Saint-Nazaire Montoir
(Airbus A300-600ST Beluga)

6.IV.2. Balisage lumineux encastrés

Pour des chaussées neuves, dans le cas de balises posées dans une réservation mise en place lors du répandage du béton du revêtement, on procède de la façon décrite au 5.II, Traitement des émergences.

Le plus souvent, pour des raisons de tolérance drastique de pose en x y, z, on privilégie le carottage du béton de revêtement : une alimentation en fourreaux passant dans la fondation et dont les débouchés sont précisément repérés en x/y est installée avant le coulage et une fois le béton mis en place et durci (quelques jours), on vient carotter et implanter le feu en récupérant l'alimentation par le débouché du fourreau. Pour la pose de feu sur des chaussées existantes, on procède aussi le plus souvent par carottage du revêtement ; l'alimentation doit passer dans des saignées et non dans le joint le plus proche élargi (c'est risqué et pour l'alimentation et pour l'étanchéité du joint).

Lorsque cela est techniquement possible on privilégiera la mise en place de l'alimentation par fonçage sous la structure.

Dans le cas rare d'utilisation de BAC, que l'on fasse une réservation ou un carottage, il faut maintenir la continuité des armatures longitudinales en les écartant autour de la réservation ou du futur carottage surtout s'il y a plusieurs balises sur le même plan transversal (par rapport au sens des armatures principales).

Le plus souvent on privilégie des feux « minces » qui ne nécessitent pas le carottage de toute l'épaisseur de la dalle (Figure 90).

Pour les carottages, éviter de les réaliser à moins de 30 cm des joints pour éviter les goujons ou les barres de liaison.

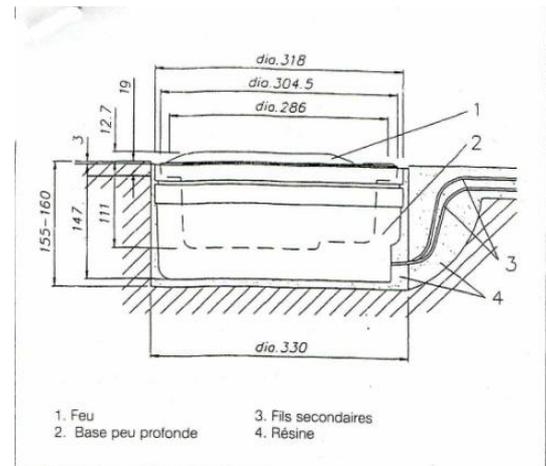


Figure 90- Schéma d'une balise lumineuse "mince"

6.V. Voies de tramway et voies ferrées en général

Divers procédés ont vu le jour ces dernières années. Ils consistent à noyer la traverse dans un béton de calage. La pose est facile dans son principe mais requiert une grande maîtrise car la géométrie de la voie doit être précise, et ce d'autant plus lorsque la vitesse de circulation est élevée.

Il s'agit notamment

- d'un système de fixation en continu. Les rails sont maintenus dans une engravure qui peut être moulée dans une dalle en béton, ou fait après prise du béton par sciage et fraisage. La caractéristique principale du système est l'absence totale des éléments de fixation traditionnelle, tels que les plaques, les boulons, les selles, les ressorts, etc. Après réglage et calage, le rail est enrobé et collé par une résine bi-composante (Figure 91 et Figure 92).

- et d'un procédé où la voie repose sur des supports indépendants appelés « selles » solidaires d'une dalle béton après avoir été collés ou calés. Dans tous les cas une équipe topographique effectue un contrôle géométrique du positionnement des selles de manière à déterminer les ajustements nécessaires à apporter avant la pose du rail dans les tolérances requises (Figure 93). Une méthode de pose automatisée a été développée à l'aide d'une machine coffrage glissant guidée par une station topographique totale coule une dalle support de la voie en béton extrudé non armé puis une machine spécifique vient insérer par pervibration les selles équipées de leurs ancrages.

Dans les deux cas, les amorces de fissuration sont sciées dans les conditions habituelles de sciage des joints ; mais l'élargissement et l'étanchéité des joints sont nécessairement réalisés après le fraisage des réservations lorsque cette méthode de construction est choisie.

La couche coulée en place du second procédé est réalisée comme un revêtement en béton habituel ; cependant, le calepinage des joints est nécessairement adapté au positionnement des selles.

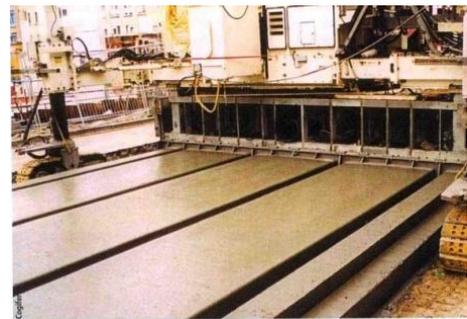
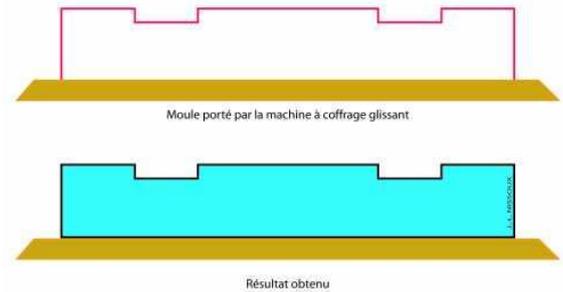


Figure 91- Fixation continue des rails. Moulage des réservations

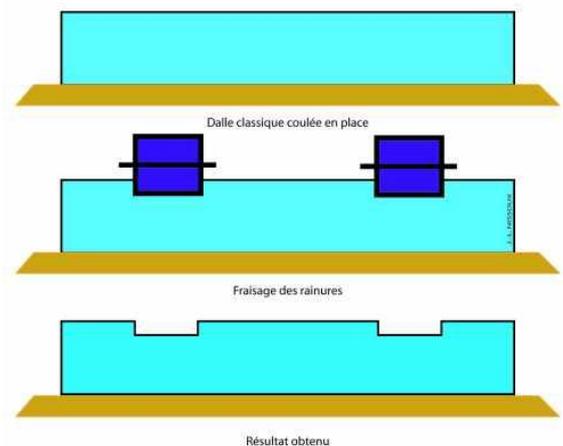


Figure 92- Fixation continue des rails. Fraisage des réservations (schéma de principe)



Figure 93- Fixation des rails sur « selles » introduites et réglées dans le béton frais. Procédé Appitrac-ALSTOM

6.VI. Aires de stockages multimodales et portuaires

Les joints de ces types d'ouvrages sont régis par les mêmes spécifications que les joints routiers ou des autres ouvrages objets du présent document dont les principes sont applicables.



**Port de Yangshan (Shanghai),
aire de stockage des containers**



**Autres exemples d'ouvrages traités ici :
à gauche tramway T5 à Paris,
à droite tramway de Montpellier**

Chapitre 7. JOINTS RESULTANT D'OPERATION D'ENTRETIEN OU DE TRAVAUX DIVERS

7.1. Introduction

Ce chapitre traite de la réalisation de joints dus soit à la réalisation de travaux d'entretien du revêtement en béton de ciment lui-même, soit à la construction ou l'entretien de sous-couches ou des réseaux divers pouvant se trouver en dessous en ville notamment.

Il s'agit par exemple de reconstruction partielle de dalle, de réparation de punch-out dans le premier cas, et de tranchées dans le second.

Il ne s'agit pas ici de traiter des travaux d'entretien eux-mêmes déjà largement décrits dans le *Guide pratique d'entretien* du SPECBEA (13) ou d'autres ouvrages semblables tels que *Réparation et entretien des routes en béton de ciment*- FEBELCEM (14).

Il s'agit de rappeler les points essentiels de ces travaux qui conduisent à créer ou recréer un joint et la façon dont ce joint est traité à la fin des travaux.

7.II. Reconstruction partielle de dalle

Domaine d'emploi

Reconstruction partielle ou totale de dalle en raison de fractures multiples ponctuelles, corps étrangers dans le béton, dégradations des couches inférieures et/ou de réseau sous la structure.

Sciage préliminaire

Majorer la largeur de 2 x 20 cm ou 2 fois la longueur d'ancrage des armatures pour les sciages de BAC perpendiculaires à celles-ci.

Après démolition du béton (Figure 94) avec conservation des armatures longitudinales du BAC sur la longueur adéquate si nécessaire, réalisation des travaux justifiant cette reconstruction de dalle, reconstitution des sous couches (Figure 95), coulage du revêtement en béton démolé (Figure 96) et durcissement du béton comme indiqué en [(13), fiche 5.4] les joints autour de la partie reconstruite sont réalisés comme indiqué en 4.III.1 et les éventuels nouveaux joints transversaux comme indiqué en 3.I.1.1 et 3.I.2.3.



Figure 94- Démolition d'une dalle pour réparation



Figure 95- Dalle évacuée et préparation du coulage de la nouvelle dalle



Figure 96- Reconstitution de la dalle démolie en béton généralement formulé notamment avec accélérateur de prise, pour permettre une remise en service après quelques heures de durcissement, exceptionnellement quelques jours

7.III. Tranchées dans des revêtements en béton de ciment

Domaine d'emploi

Reconstitution d'un revêtement en béton au-dessus d'une tranchée sur réseau sous dalle, ou création de nouveau réseau non réalisable par vibrofonçage ou microtunnelier.

Sciage préliminaire

Majorer la largeur de 2 x 20 cm ou 2 fois la longueur d'ancrage des armatures pour les sciages de BAC perpendiculaires à celles-ci (Figure 97).

Après démolition du béton (Figure 98), réalisation des travaux justifiant cette tranchée (Figure 99), reconstitution des sous couches, coulage du revêtement en béton démolé (Figure 100) et durcissement du béton comme indiqué en [(13), chapitre 2], les joints autour de la partie reconstruite sont réalisés comme indiqué en 4.III.1 et les éventuels nouveaux joints transversaux comme indiqué en 3.I.1.1 et 3.I.2.3, notamment il faut reconstituer les joints traversant la tranchée. Si on doit goujonner le revêtement reconstitué avec l'ancien, il faut démolir celui-ci sur 1,2 m minimum pour permettre l'usage des perforateurs. Il faut aussi traiter les dilatations dans la direction principale de la tranchée : mettre un joint de dilatation chaque fois que l'on rencontre un obstacle comme une balise lumineuse sur aéroport ou une bouche d'égout dans une rue (voir 5.II).

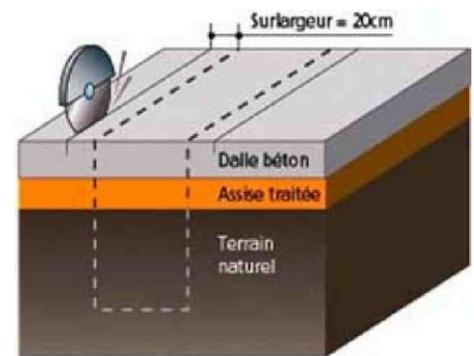


Figure 97- Sciage du revêtement autour de la partie à démolir

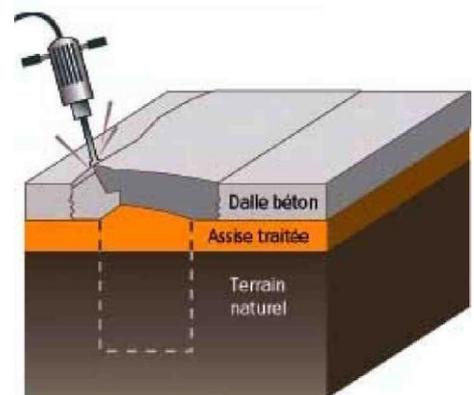


Figure 98- Démolition du béton avec conservation éventuelle des aciers

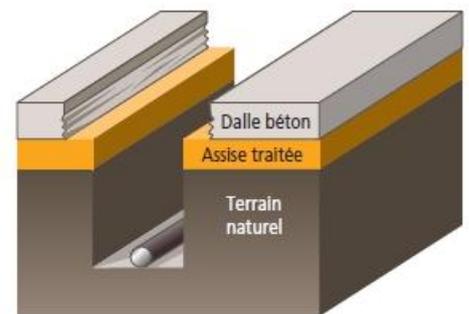


Figure 99- Terrassement de la tranchée et pose ou réparation des réseaux (coupe ci-dessous)



Figure 100- Remblayage de la tranchée avec des matériaux autocompactants et coulage du [béton de roulement](#)

Chapitre 8. PARTICULARITES DES OUVRAGES EN BETON DE CIMENT

Les ouvrages dont il est question ici sont les revêtements ou ouvrages linéaires en béton y compris les giratoires : routes, rues, mais aussi places, bordures, caniveaux, etc. Il s'agit de tous les ouvrages de section constante même si cette section peut varier de place en place, réalisés manuellement ou mécaniquement entre coffrages fixes, ou en une ou plusieurs passes d'une machine assurant simultanément la densification, le moulage puis quasi instantanément, le démoulage du béton de ciment.

8.1. Comment explique-t-on l'apparition systématique de fissures ?

Tout d'abord, le béton est un matériau rigide et peu résistant à la traction.

Il est rigide car peu déformable (module élastique élevé) ; il a l'un des modules les plus élevés des matériaux de revêtement utilisés en BTP : 1 000 fois plus élevé que la plupart des sols naturels à l'exception des roches, 100 fois plus élevé que les couches en matériaux non traités, 5 à 10 fois plus élevé que les matériaux traités aux liants bitumineux.

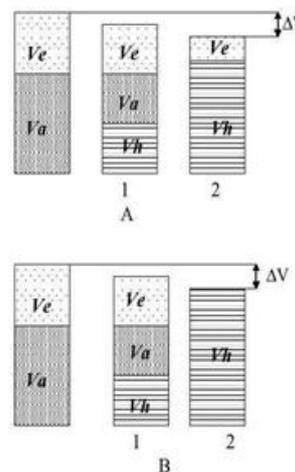
Il est peu résistant à la traction ; proportionnellement à sa résistance à la compression qui est pratiquement 10 fois plus élevée.

Ensuite, le béton de ciment est le siège de variations de ses dimensions, dont l'une est irréversible et permanente et les autres réversibles et intermittentes. Concernant la fissuration, on s'intéressera beaucoup plus aux retraites (réductions des dimensions) qu'aux dilatations (augmentations des dimensions).

8.1.1. Le retrait endogène, irréversible et permanent

Le béton est un mélange de granulats, de ciment et d'eau principalement. Il est plastique et moulable pendant quelques heures puis se met à durcir : son module élastique augmente très rapidement, et ses résistances à la compression et à la traction augmentent. C'est le résultat de la réaction du ciment avec l'eau : hydratation et prise ; cette

réaction s'accompagne d'une réduction de volume : c'est le retrait endogène ou d'hydratation (contraction Le Chatelier, Figure 101).



Présentation schématique de la contraction de Le Chatelier.

A) avec ressuage B) sans ressuage.

1) hydratation non complète, 2) hydratation complète.

Figure 101- Présentation schématique de la contraction de Le Chatelier (15) pp533-362, cité par (16)

V_a = volume du ciment anhydre,

V_e = volume de l'eau consommée,

V_h = volume des produits d'hydratation,

ΔV = réduction de volume

Le retrait prend fin lorsque la réaction d'hydratation prend fin, parfois plusieurs années après la mise en œuvre du béton même si le retrait est difficilement mesurable au bout de 2 ou 3 ans ; en effet, la réaction s'initialise à la surface des grains de ciment et l'eau nécessaire à l'hydratation parvient d'autant plus difficilement au cœur du grain que celui-ci est gros. Les grains les plus grossiers (50 à 60 μm et au-delà, Figure 102) et surtout les agglomérats de grains peuvent mettre plusieurs années à s'hydrater complètement et parfois même l'hydratation est incomplète.

Pendant toute la durée de l'hydratation du ciment, le retrait se poursuit (Figure 103).

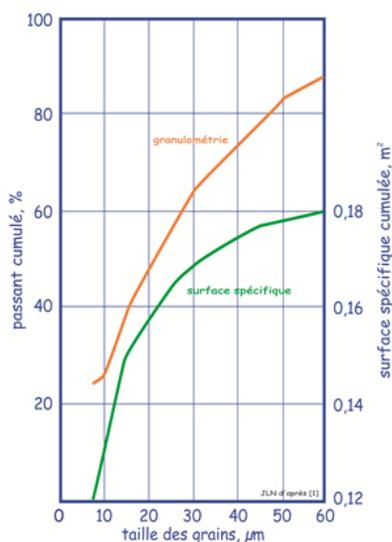


Figure 102- Exemple de granulométrie d'un ciment (extrait de (17)) et contribution de chaque classe de grains à la surface spécifique

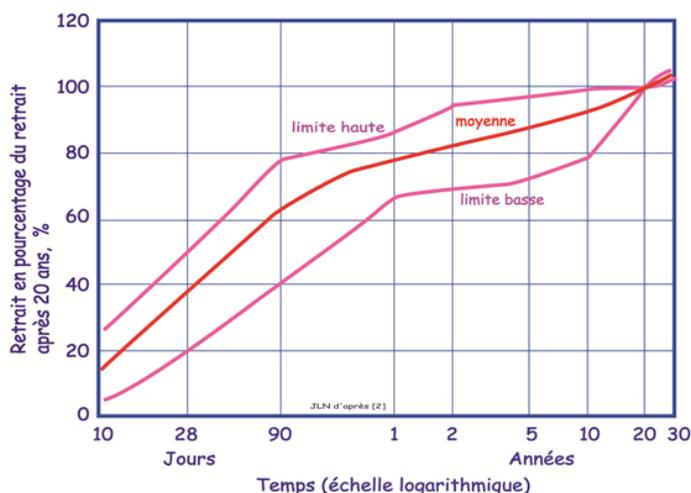


Figure 103- Retrait à long terme (extrait de (18))

8.1.2. Les dilatations (ou retraits) thermiques et/ou hygrométriques réversibles et intermittents

Une fois durci, le béton est un matériau cohérent légèrement poreux (10 %) : tous les matériaux de ce genre réagissent aux variations de température et d'hygrométrie. Lorsque la température et/ou l'hygrométrie du matériau augmentent, ses dimensions augmentent, le matériau se dilate ; au contraire, lorsque ces mêmes propriétés diminuent, les dimensions diminuent, le matériau se contracte. On parle alors de retrait thermique ou de retrait hygrométrique.

Les dimensions d'un ouvrage en béton de ciment varient donc en permanence en fonction des

variations de la température et de l'hygrométrie de l'air qui l'entoure ; ces variations sont faibles².

8.II. Quels sont les obstacles au retrait libre, à la diminution des dimensions de l'ouvrage ?

En tant que tels, les retraits ne conduisent pas à la fissuration du matériau ; c'est le fait que le retrait soit empêché qui conduit à la fissuration en provoquant des tensions dans le béton qui peuvent dépasser localement sa résistance à la traction. Les obstacles au retrait libre sont multiples.

En premier lieu, il y a l'ouvrage lui-même : il constitue une masse qui du point de vue « vitesse de prise », température et hygrométrie, n'est pas homogène en permanence. Le cœur du volume de béton mis en place s'échauffe au fur et à mesure que la réaction exothermique d'hydratation a lieu ; une partie de l'eau non utilisée par la réaction, s'évacue très lentement vers l'extérieur. La périphérie du volume, en contact avec l'extérieur, se refroidit et perd l'eau en excès beaucoup plus rapidement ; le retrait différentiel entre le cœur et la périphérie provoque la (micro)fissuration de celle-ci (Figure 104). Dès que la température et l'hygrométrie s'homogénéisent, les microfissures se referment et, si la prise est toujours en cours, disparaissent : ceci explique que ce type de fissures ne subsistent que sur des ouvrages très massifs dont l'homogénéité n'est atteinte qu'après que l'essentiel de la prise a eu lieu.

En second lieu, le béton de revêtement est mis en place sur un support dont la surface n'est pas parfaitement lisse et plane ; l'interface entre le revêtement et le support constitue un joint conjugué (voir 4.III.1).

² Le coefficient de dilatation (ou de retrait) thermique du béton est de l'ordre de 10 à $20 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$; le coefficient de dilatation hygrométrique est approximativement 10 fois plus faible. Une variation de 10 % de l'hygrométrie conduit à une variation de dimension du même ordre que celle due à 1°C .

Le support est généralement une couche de matériau traité aux liants hydrauliques, parfois aux liants bitumineux. Il s'agit de matériaux plus ou moins :

- rigides, ils se déforment différemment et s'opposent à la déformation du revêtement,
- imperméables, ils sont relativement étanches à l'eau et à l'air;
- rugueux, selon leur formulation.

En outre, selon les procédés de mise en œuvre utilisés, la qualité de l'uni de la surface de la couche support obtenue, peut varier.

Le procédé de mise en œuvre du revêtement en béton, assure généralement par vibration la densification du béton frais, c'est à dire l'élimination de la plus grande partie de l'air

contenu : il réalise ainsi une « dépression », un vide significatif entre la couche support et le revêtement.

Ce vide et le poids du revêtement solidarisent les deux couches entre elles pendant les premiers jours, voire les premières semaines de vie du revêtement, empêchant efficacement toute variation de dimension ou tout déplacement relatif du revêtement par rapport à son support : plus celui-ci est rigide et rugueux, plus le revêtement fissurera (Figure 105).

La combinaison de ces deux phénomènes, conduit quelques fissures à subsister jusqu'à traverser la couche de béton : c'est la fissuration systématique et aléatoire dont nous avons parlé.

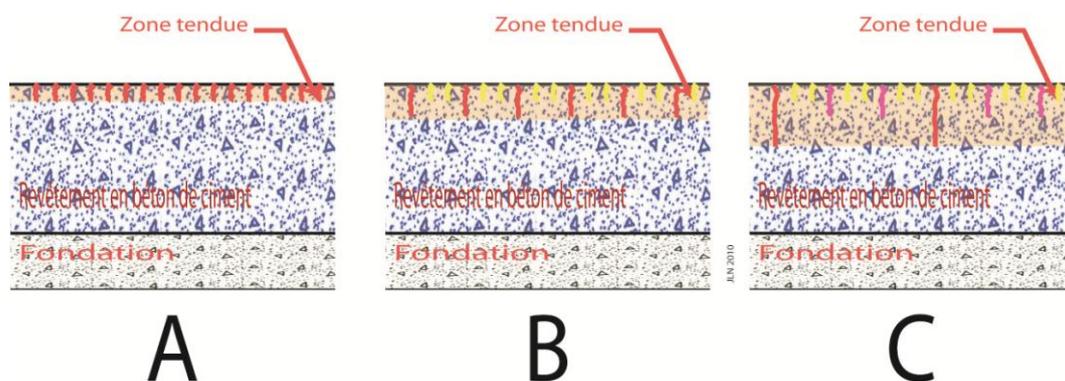


Figure 104- Origines des fissures dans le béton de ciment.

En A, dès que la « peau » du béton se refroidit et que l'eau est absorbée par les réactions et/ou commence à s'évaporer, la « peau » se tend et se fissure ; l'intervalle entre fissures est égal à 2 ou 3 fois l'épaisseur tendue.

En B, l'épaisseur tendue augmente ; seules les fissures espacées de 2 ou 3 fois cette épaisseur se prolongent jusqu'à la limite de la zone tendue. Entre les fissures, le matériau se relaxe et les fissures qui existaient se referment ; si la prise est en cours, elles disparaissent totalement, les produits d'hydratation se formant à travers elles.

En C, le phénomène se poursuit et lorsque toute la couche est tendue certaines fissures traversent ; celles qui ont « pris de l'avance » en étant localisées par le trait de scie, arrivent les premières. Le béton se détend entre ces fissures traversantes et les fissures intermédiaires disparaissent.

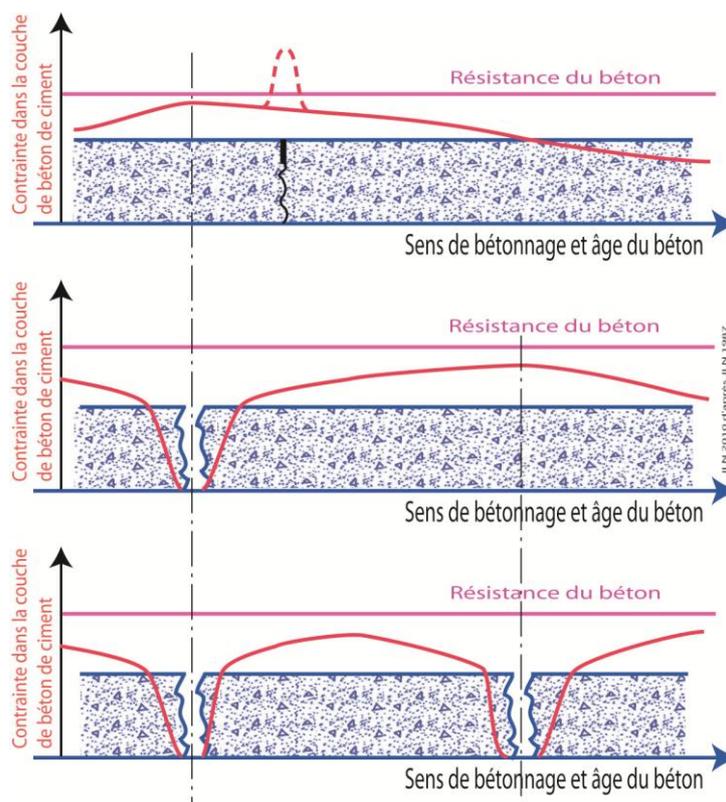


Figure 105 Fissuration d'un revêtement en béton non armé

En haut, à partir du début du bétonnage, la tension du béton augmente jusqu'à dépasser la résistance à la rupture : une fissure apparaît ; si une amorce de fissuration a été réalisée à temps, elle provoque localement une augmentation de la contrainte et localise la fissure (schéma du haut, courbe en pointillé au droit du trait de scie).
 Au milieu, la contrainte s'annule au voisinage de la fissure, au-delà elle augmente à nouveau ; une nouvelle fissure apparaît lorsqu'elle dépasse à nouveau la résistance à la rupture.
 En bas, le phénomène se poursuit de proche en proche.

8.III. Autre façon de maîtriser les conséquences des retraits : le béton armé continu

Dès l'apparition de la mécanisation sur chantier (1920-1930), les longueurs de béton de ciment mises en œuvre en une seule fois ont rapidement augmenté ; la tentation de construire des dalles « longues » est immédiatement apparue. Plusieurs phénomènes se sont alors manifestés : la fissuration anarchique dont on vient de parler, les fissures d'origine thermique que l'on verra plus loin, et d'autres comme les ruptures en compression ou le flambement.

Certains experts de l'époque ont proposé d'armer longitudinalement les dalles et ce d'autant plus qu'on les allongeait ; très vite, on s'est rendu compte qu'au-delà d'une certaine quantité d'acier

longitudinal, il était possible de ne plus faire de joint : le concept de béton armé continu était né.

Comme indiqué plus haut, pendant le déroulement de la prise, lorsque le béton fissure, la contrainte de traction à l'origine de la rupture s'annule au droit de la discontinuité ; il faut une certaine longueur de revêtement pour que la contrainte redevienne supérieure à la contrainte à la traction du béton et qu'une nouvelle fissure apparaisse : de l'ordre de 20 à 30 fois l'épaisseur de la couche.

Si le béton est suffisamment armé, la fissure se produit, mais s'ouvre peu ; la contrainte se réduit localement sans s'annuler. Les aciers qui traversent la discontinuité, transmettent la contrainte de traction au travers de la fissure et la longueur de revêtement nécessaire pour que la contrainte dépasse à nouveau la résistance à la rupture du béton est beaucoup moins grande : 2 à 5 fois l'épaisseur de la couche (Figure 106).

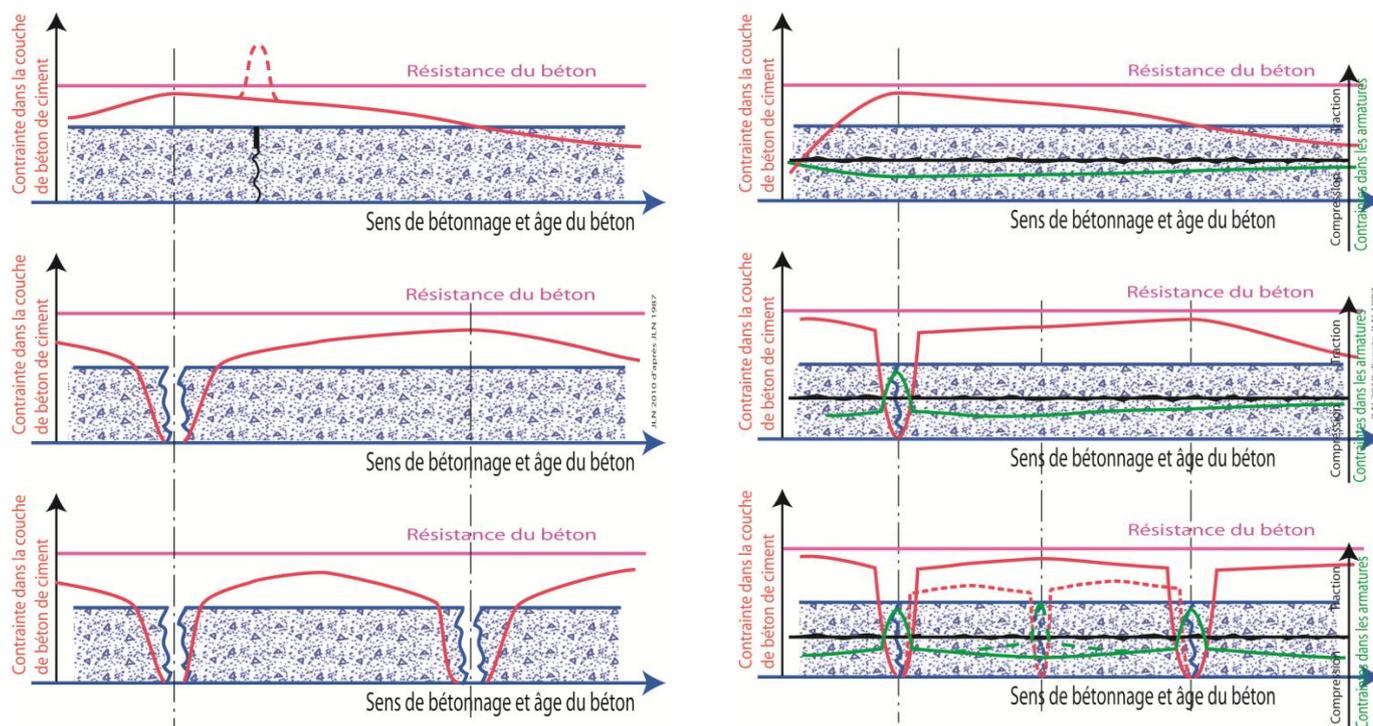


Figure 106 Fissuration d'un revêtement avec armatures longitudinales (à droite, à gauche rappel de la figure 8)

En haut, comme pour un revêtement non armé, à partir du début du bétonnage, la tension du béton augmente jusqu'à dépasser la résistance à la rupture : une fissure apparaît ; ce qui est différent c'est que la tension ne diminue jusqu'à s'annuler, que sur la « longueur d'ancrage »³ de l'armature qui, dans cette zone, reprend et transmet au travers de la fissures les tensions dues au retrait empêché. La tension est donc très rapidement au même niveau qu'avant la fissure (au milieu). Une autre fissure apparaît et ainsi de suite. La tension diminue peu entre deux fissures : toute augmentation du retrait, refroidissement notamment, provoque de nouvelles fissures jusqu'à ce que la tension résiduelle soit significativement plus faible que la résistance du béton.

³ En fait c'est une notion voisine de la longueur d'ancrage dont on parle ici : c'est la longueur de part et d'autre de la fissure où l'adhérence acier/béton est perturbée (elle passe de 100 % à l'extrémité de cette zone pour être réduite à 0 au droit de la fissure). Dans cette zone l'acier peut se déformer différemment du béton, sa déformation fixe l'ouverture de la fissure.

Les aciers limitent l'ouverture de la fissure en période froide ; elle se comporte comme un joint conjugué ancré et, du point de vue transfert de charge, comme un joint goujonné : chaque fissure fonctionne comme une « articulation » sans jeu et « raide ». Au passage des charges, le béton armé continu se comporte comme un revêtement sans discontinuité, continu et « souple » comme une chaîne de vélo ou une chenille (des maillons articulés les uns aux autres).

8.IV. Pourquoi doit-on optimiser les dimensions et la forme des dalles non armées ?

L'expérience et la pratique des revêtements et ouvrages linéaires en béton a permis de fixer les règles principales suivantes :

- Espacement maximum des joints ≤ 25 fois l'épaisseur de la dalle (soit par exemple 3 m pour une dalle de 12 cm, 5 m pour une dalle de 25 cm) ;
- Espacement minimum des joints : 1,5 m ;
- Angles de coins de dalle $\geq 75^\circ$.

8.IV.1. Pourquoi moins de 25 fois l'épaisseur ?

Les variations de température de l'air ambiant, des différentes couches de chaussée et du massif support, conduisent à des gradients thermiques dans toutes les couches et notamment dans le revêtement en béton : la température du haut de la dalle est différente de celle du bas. Il en résulte, en raison des dilatations différentes, des déformations de dalle (en vert, Figure 107) : lorsque le haut est plus chaud que le bas, gradient dit positif, la dalle se déforme en « édredon », convexe vers le haut ; vice versa, gradient dit négatif, elle se déforme en « coupelle », concave vers le haut.

Dans le second cas, le poids de la dalle tend à abaisser les coins : la surface de la dalle est tendue et le bas de la dalle comprimé ; si une charge lourde circule à ce moment-là, la compression due à la charge réduit la tension de surface et la tension sous la charge est réduite de la compression préexistante. Dans cette situation, la charge consomme moins le capital « fatigue » du revêtement.

Au contraire, dans le premier cas, le haut de la dalle est comprimé et le bas tendu : au passage d'une charge, la tension qu'elle provoque en bas de couche s'ajoute à la tension due au gradient positif. Cette tension est proportionnelle à l'intensité du gradient mais dépend aussi des dimensions de la dalle relativement à son épaisseur. Il a été défini une « longueur critique » de dalle au-delà de laquelle des fissures systématiques apparaissent au passage répété des charges lourdes (3).

La Figure 108 montre les déformations et les contraintes dans des dalles de différentes longueurs soumises à un gradient thermique élevé : la longueur critique, l_{crit} , définie par Joseph Eisenmann comme celle qui maximalise la tension au centre du dessous de la dalle, se calcule par la formule :

$$l_{crit} (m) = Ae\sqrt{\alpha g E}$$

A = constante numérique dépendant de la forme de la dalle,

e = épaisseur en mètre,

α = coefficient de dilatation thermique $^{\circ}C^{-1}$

g = gradient thermique en $^{\circ}C/cm$,

E = module élastique du béton en MPa

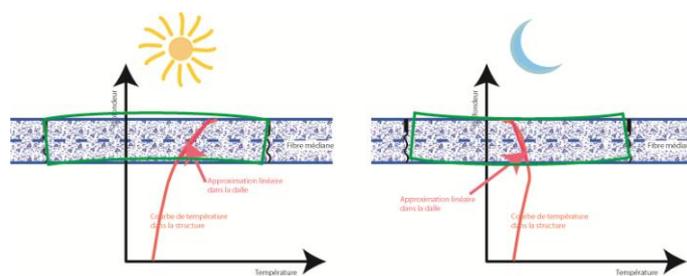


Figure 107- Déformations dans une dalle en raison d'un gradient thermique

Le schéma à gauche montre la répartition des températures dans la structure durant une journée ensoleillée, le schéma à droite, la nuit ; d'autres situations peuvent conduire à ces types de répartition : l'arrivée d'air froid après plusieurs journées chaudes donnera une répartition type "nuit" mais l'arrivée d'air chaud la nuit peut parfois conduire à une répartition type "jour".

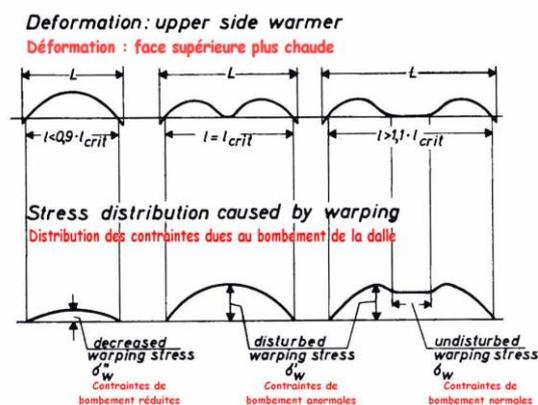


Figure 108- Déformations et contraintes dans une dalle bombée en raison d'un gradient thermique positif (extrait de (3))

Pour protéger le revêtement de l'effet négatif du passage des charges lourdes lorsque le gradient thermique est fortement positif (journées très ensoleillées), il est préférable que la longueur des dalles soit inférieure à cette longueur critique (schéma gauche de la figure). Les calculs de longueur critique réalisés pour des gradients fréquents, les bétons utilisés et les épaisseurs courantes en France, conduisent à des valeurs de 20 à 40 fois l'épaisseur ; un compromis a été trouvé pour fixer la règle à 25.

8.IV.2. Pourquoi plus de 1,5 m ?

On considère qu'une dalle dont la longueur (dimension parallèle à l'axe de la chaussée) serait inférieure à 1,5 m et dont la largeur est celle de la voie (3,5 à 4 m) ne fonctionnerait plus en dalle mais en poutre, et ne résisterait plus assez au passage des charges lourdes en se rompant « longitudinalement ».

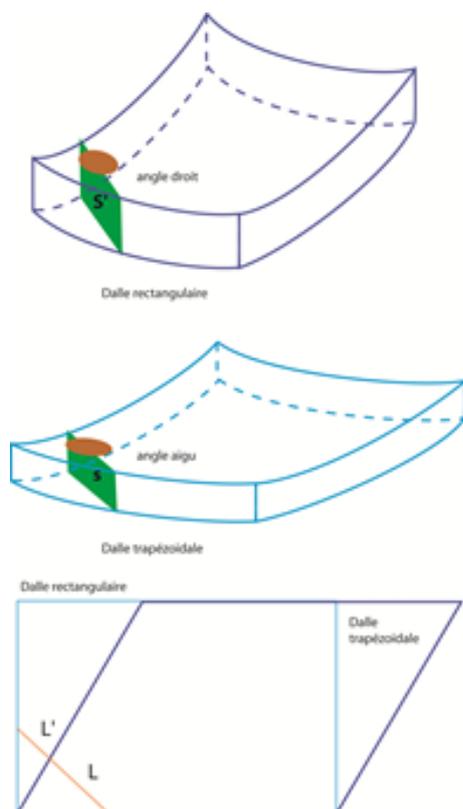


Figure 109- La section tendue sous la charge est plus faible en bas dans la dalle en "losange"

8.IV.3. Pourquoi éviter les angles aigus ?

Comme indiqué plus haut, les gradients thermiques négatifs sont nettement moins dangereux que les positifs à l'exception notable des bords de dalles : la dalle se déformant en coupelle, les bords se relèvent et une partie de la dalle fonctionne en « console ». Cette situation se produit aux bords libres (limites latérales du revêtement) et aux joints transversaux dont le transfert de charge est faible. Le coin de dalle augmente la sensibilité aux gradients négatifs : la section résistante est la diagonale sous la charge ; cette section est d'autant plus faible que l'angle est aigu (Figure 109).

8.V. Pourquoi des joints de construction ?

Les revêtements routiers, aéroportuaires, portuaires ou encore les aménagements urbains ont tous des limites physiques en plan : une largeur, une longueur, une forme simple ou complexe. Ces limites constituent le premier type de joints de construction du projet.

Ensuite, la méthode de construction et le matériel de l'entreprise qui exécute le revêtement, imposent le second type de joints de construction : la machine de répandage a une largeur parfois inférieure à celle du revêtement, le matériel de fabrication du béton limite la longueur de la bande mise en œuvre en une journée : il faut donc faire des joints d'arrêt de fin de journée, de fin de semaine.

Enfin, les ouvrages réalisés ont tous des points particuliers qui nécessitent une interruption totale ou partielle du revêtement : ouvrage d'art sous chaussées, carrefours, passages à niveau, émergences, etc. autant d'interruption qui nécessite des joints de construction.

8.VI. Faut-il des joints pour tous les ouvrages ?

La réponse est non.

On peut se passer de joints dès lors qu'aucune charges lourdes (poids lourds, aéronefs, chariots porte conteneur, etc.) ne circuleront sur l'ouvrage : c'est le cas par exemple, des pistes cyclables en site propre, de voiries ou d'aménagements piétonniers interdits à toute circulation.

Cependant, en l'absence de joints, le revêtement va se fissurer de façon anarchique : cet *opus incertum* sera visible pendant toute la durée de service de l'ouvrage ; il est donc nécessaire que le maître d'ouvrage comme les usagers soient prêts à l'accepter.

Dès lors que des charges lourdes circulent, il est recommandé de réaliser des joints pour localiser les fissures à des endroits choisis, permettre la mise en place d'une étanchéité et éviter l'épaufrage des bords de dalle au passage des dites charges lourdes. Ceci concerne aussi bien les chaussées routières sur lesquelles circulent des poids lourds, que les revêtements aéroportuaires sur lesquels circulent

aussi des aéronefs ou les revêtements d'aires de stockage de conteneurs, ou encore les voiries de transport en commun guidé ou non, avec ou sans rails. Il s'agit aussi des ouvrages annexes tels que les trottoirs, les bordures de trottoirs, les cunettes, les fils d'eau et autres barrières de sécurité qui supportent le passage des charges lourdes sauf s'ils sont protégés par des dispositifs spécifiques.

Tous ces revêtements sont constitués de structures en béton de ciment soit à dalles courtes généralement, comportant des goujons dans les joints ou non, soit pseudo continues telles que le BAC (béton armé continu).

8.VII. Quelles sont les sollicitations des ouvrages circulés ?

Le Code de la Route français (19) fixe les charges admises à circuler sur les réseaux routiers en France (voir encadré) ; c'est complexe et reflète la diversité des véhicules routiers. C'est pourquoi on a défini un « essieu de référence » : 130 kN (13t), roues jumelées gonflées à 0,7 MPa ; tous les autres cas sont pris en compte en appliquant au trafic d'une charge différente un coefficient multiplicateur censé représenter l'agressivité de cette charge par rapport à celle de l'essieu standard.

Ces coefficients multiplicateurs permettent de déterminer un nombre total d'essieux de référence qui est censé avoir le même effet sur la chaussée notamment la même fatigue, que le trafic réel et ses différentes charges. Ce trafic varie de quelques passages de charges par mois (ramassage des ordures ménagères sur une voie de lotissement) à plusieurs milliers de charges par jour (cas d'une autoroute comme Paris-Lille). C'est-à-dire de quelques milliers à plusieurs dizaines de millions de charges pendant la durée de calcul.

En ce qui concerne les voies de bus guidés ou de tramways, les charges sont proches des charges routières, varient peu et sont plus « canalisées » ; leurs intensités sont généralement proches de celles des routes à moyen ou fort trafic.

En ce qui concerne les revêtements aéroportuaires, la situation est différente : les charges varient de façon plus importante à la fois sur le même avion (roue de nez et atterrisseur principal) et entre les différents avions (court, moyen et long courrier). L'agressivité des charges est souvent amplifiée par

la géométrie des atterrisseurs et la pression des pneumatiques. En revanche, la circulation des charges est plus largement répartie que celle des charges routières particulièrement « canalisées », et les quantités de charges sont généralement plus proches des faibles trafics que des trafics autoroutiers (voir tableau ci-contre extrait de (20)).

En ce qui concerne les plateformes multimodales, de stockage de conteneurs ou de bateaux, elles sont plus proches des aéroports que des routes du point de vue quantité de trafic ou intensité de charges, mais la variabilité des charges est plus faible.

Article R 312-4 du Code de la route français définit ainsi les charges autorisées à circuler sur les réseaux routiers français :

I - Le poids total autorisé en charge d'un véhicule ne doit pas dépasser les limites suivantes :

- 1° Véhicule à moteur à deux essieux, ou remorqué à deux essieux : 19 tonnes ;
- 2° Véhicule à moteur à trois essieux, ou véhicule remorqué à trois essieux ou plus : 26 tonnes ;
- 3° Véhicule à moteur à quatre essieux ou plus : 32 tonnes ;
- 4° Autobus articulé comportant une seule section articulée : 32 tonnes ;
- 5° Autobus articulé comportant au moins deux sections articulées : 38 tonnes ;
- 6° Auto-articulé : 28 tonnes.

II - Le poids total roulant autorisé d'un véhicule articulé d'un ensemble composé d'un véhicule à moteur et d'une remorque d'un train double, ne doit pas dépasser :

- 1° 38 tonnes, si l'ensemble considéré ne comporte pas plus de quatre essieux ;
- 2° 40 tonnes, si l'ensemble considéré comporte plus de quatre essieux.

III - Le poids total roulant autorisé d'un véhicule articulé, d'un train double ou d'un ensemble composé d'un véhicule à moteur et d'une remorque comportant plus de quatre essieux, utilisé pour effectuer des transports combinés, peut dépasser 40 tonnes sans excéder 44 tonnes (des conditions particulières limitent la circulation de ces véhicules).

L'article R 312-5 quant à lui précise : l'essieu le plus chargé d'un véhicule ou d'un élément de véhicule ne doit pas supporter une charge supérieure à 13 tonnes.

L'article R 312-6 précise les charges admissibles sur des groupes d'essieux rapprochés :

I - Sur les véhicules ou éléments de véhicules comportant plus de deux essieux, la charge de l'essieu le plus chargé appartenant à un groupe d'essieux ne doit pas, en fonction de la distance séparant deux essieux consécutifs de ce groupe, dépasser les valeurs suivantes :

- a) Pour une distance entre deux essieux consécutifs inférieure à 0,90 mètre : 7,350 tonnes ;
- b) Pour une distance entre deux essieux consécutifs supérieure ou égale à 0,90 mètre et inférieure à 1,35 mètre : 7,350 tonnes majorées de 0,35 tonne par tranche de 5 centimètres de la distance entre les deux essieux diminuée de 0,90 mètre ;
- c) Pour une distance entre deux essieux consécutifs supérieure ou égale à 1,35 mètre et inférieure à 1,80 mètre : 10,5 tonnes.

II - Toutefois, la charge maximale de l'essieu moteur appartenant à un groupe de deux essieux d'un véhicule à moteur peut être portée à 11,5 tonnes, à condition que la charge totale du groupe ne dépasse pas, en fonction de la distance séparant les deux essieux, les valeurs suivantes :

- 1° Pour une distance entre les deux essieux inférieure à 0,90 mètre : 13,15 tonnes ;
- 2° Pour une distance entre les deux essieux supérieure ou égale à 0,90 mètre et inférieure à 1 mètre : 13,15 tonnes majorées de 0,65 tonne par tranche de 5 centimètres de la distance entre les deux essieux diminuée de 0,90 mètre ;
- 3° Pour une distance entre les deux essieux supérieure ou égale à 1 mètre et inférieure à 1,35 mètre, la plus grande des deux valeurs suivantes :
 - a) 13,15 tonnes majorées de 0,65 tonne par tranche de 5 centimètres de la distance entre les deux essieux diminuée de 0,90 mètre ;
 - b) 16 tonnes ;
- 4° Pour une distance entre les deux essieux supérieure ou égale à 1,35 mètre et inférieure à 1,80 mètre : 19 tonnes.

Chaussées routières	Chaussées aéronautiques
Charges appliquées	
La réglementation française limite à 130 kN (13 t) la charge à l'essieu pour les essieux isolés et à 210 kN (21 t) pour les essieux multiples.	Pas de limitation de charges, pouvant aller jusqu'à 250-300 kN (25-30 t) à la roue.
La pression des pneumatiques ne doit pas dépasser 0,8 MPa (8 bars). L'application des charges présente une très faible dispersion latérale sur une voie de circulation dont la largeur ne dépasse pas 3,5 m en ligne droite.	Les pressions des pneumatiques peuvent atteindre plus de 1,5 MPa (15 bars) pour certains types d'aéronefs. Sur les pistes, dont la largeur peut atteindre plus de 45 m, le trafic est dispersé et la configuration des atterrisseurs variables d'un avion à l'autre. Sur les voies de dégagement ou de manœuvres les charges sont moins dispersées.
Les charges les plus agressives ne sont pas appliquées à une vitesse de plus de 80 à 90 km/h.	Vitesses variables : <ul style="list-style-type: none"> • très faibles, générant des phénomènes de poinçonnement important sur la couche superficielle • très élevées, notamment au décollage et à l'atterrissage (supérieures à 300 km/h)
Très grande circulation de charges relativement peu élevées qui engendre une fatigue principalement due à la répétition importante de charges (jusqu'à plusieurs millions de mouvements) entraînant de faibles déformations.	Très faible circulation de charges diverses qui induit une fatigue due à une répétition restreinte de charges lourdes (de l'ordre de 10 000 répétitions) engendrant de grandes déformations.
Particularités	
Uni (défauts de surface) lié au confort et la sécurité des usagers.	Uni de surface lié en majeure partie à la sécurité des avions lors du roulage à grande vitesse.
Déviations et interruption du trafic possible en cas d'interventions sur la chaussée.	Trafic dont les contraintes d'exploitation et de sécurité ne permettent généralement pas son interruption ni même son aménagement sans de grandes difficultés, en vue d'entretenir les couches de roulement.
Pourcentage des pentes à respecter : <ul style="list-style-type: none"> • profil en long $\leq 9\%$ • profil en travers $\leq 2,5\%$ • profil en travers (courbes) $\leq 7,5$ ou 9% 	Pourcentage des pentes à respecter : <ul style="list-style-type: none"> • profil en long piste $\leq 1,5\%$ • profil en travers piste $\leq 1,5\%$ • pente transversale voies de relation $\leq 1,5\%$ • pente poste de stationnement $\leq 1\%$ dans toutes les directions

8.VIII. Faut-il des joints dans les fondations en matériaux traités aux liants hydrauliques ?

D'une façon générale en France, la réponse est non pour les revêtements en béton de ciment.⁴

La conception et le dimensionnement des chaussées « intègrent » la fissuration anarchique de la fondation, ainsi que le faible risque de « remontée » de fissure ; d'ailleurs, il est plus fréquemment constaté que la fissuration du béton entraîne simultanément celle de la fondation que l'inverse.

Néanmoins, dans certains cas notamment de fondation en béton maigre, un joint longitudinal a été réalisé pour éviter une fissuration erratique sous le joint du revêtement.

D'autres pays réalisent de tels joints. La difficulté est de choisir leur emplacement par rapport aux joints du revêtement :

- à l'aplomb des futurs joints c'est perdre une grande partie de l'intérêt des fondations traitées qui est de participer au transfert de charge,
- à mi-dalle, c'est courir le risque de fissuration du revêtement selon l'inertie (épaisseur) relative entre lui et la fondation : plus les épaisseurs sont voisines, plus le risque de remontée de fissure est élevé.

Beaucoup de paramètres non maîtrisés influencent le comportement final du revêtement tels que : la saison de mise en œuvre de chacune des couches, l'âge relatif des matériaux notamment vis-à-vis de leur fissuration respective, le niveau d'uni de la fondation et la nature de l'interface avec le revêtement. Ces paramètres rendent difficile l'importation de pratiques étrangères avec succès immédiat.

8.IX. Particularités des joints de retrait

8.IX.1. Réalisation de l'amorce de fissuration

8.IX.1.1 Moulage des joints

Moulage : mise en forme du béton durant la période pendant laquelle il est plastique, c'est-à-dire de l'ordre d'une à deux heures après le malaxage avec l'eau (hors ajouts de retardateurs).

On peut distinguer deux types de moulage pour l'amorce du joint :

- l'amorce est mise en forme simultanément à la mise en place du reste du revêtement, c'est-à-dire alors que le béton est soumis à la vibration ; cela ne concerne pour l'instant que le(s) joint(s) longitudinal(aux).
- l'amorce est faite très peu de temps après la mise en place du revêtement ; le béton est « remanié » et le volume de l'amorce remplace un volume équivalent de béton qui est repoussé dans le béton frais voisin.

Dans le premier type de moulage, le béton des lèvres du joint a la même résistance que le reste de la surface de roulement ; on peut utiliser les joints longitudinaux moulés ainsi sous de forts trafics.

Dans le second type, outre certains risques de problèmes d'uni, le béton des lèvres du joint est moins résistant : le joint s'épauvre ; les joints réalisés ainsi, transversaux notamment sont à réserver aux faibles trafics. C'est une des raisons de l'utilisation du sciage pour réaliser l'amorce des joints transversaux de chaussées d'autoroute ou de pistes aéroportuaires.

⁴ Néanmoins, la pré-fissuration est parfois recommandée pour limiter l'impact des remontées de fissures dans les structures bitumineuses. *Pré-fissuration des assises de chaussées en grave hydraulique*, SETRA Note d'information 112, septembre 2002 (24)

8.IX.1.2 Sciage des joints

Matériel

Scie à disque diamanté (Figure 110) utilisées pour scier les revêtements routiers courants et dont le disque est adapté au sciage du béton de ciment ou scies spécialement conçues pour la réalisation des joints de chaussées en béton.

Exceptionnellement, dans le cas d'ouvrages de faible section (bordure de trottoir, caniveau) des scies manuelles à disques diamantés peuvent être utilisées avec les protections de sécurité adaptées (Figure 111).

Disque diamanté

Les disques sont généralement segmentés et refroidis à l'eau ; la concrétion diamantée est adaptée au sciage de béton résistant mais jeune.

En effet le béton est scié seulement quelques heures après sa mise en place (voir plus loin). Lorsque le béton contient des granulats durs, il est nécessaire d'utiliser des disques relativement tendres afin de couper ces granulats dans une matrice cimentaire peu résistante. Si l'on utilise des disques moins tendres, on risque d'épauffer le béton et de déchausser les granulats.

L'épaisseur des disques est généralement de 5 mm, parfois plus fins. Un montage de trois disques de diamètres différents, peut être utilisé pour réaliser simultanément l'amorce de fissuration et le logement du produit d'étanchéité.

Période d'intervention

Le moment où l'on va scier l'amorce de fissuration, dépend de nombreux facteurs liés à la vitesse d'hydratation du ciment, la température de mise en place du béton et celle des premières heures du durcissement.

Le scieur doit être présent sur le chantier suffisamment tôt pour pouvoir déterminer le moment de son intervention à l'aide de méthodes indirectes d'évaluation du durcissement du béton : gravure avec une pointe d'acier, son d'une pièce métallique, etc.

Le scieur doit disposer du matériel nécessaire pour scier les joints au même rythme que le béton a été mis en place (Figure 112, Figure 113 et Figure 114) ; il doit disposer aussi des informations pertinentes sur le déroulement de la journée de bétonnage pour adapter le sciage : changement de formules, arrêts de durée significative, etc.

Si le matériel est juste suffisant, il peut y avoir intérêt à scier un joint sur deux pour « contrôler » la fissuration précoce, puis revenir scier les joints intermédiaires une fois le béton de la journée précédente « contrôlé ».

Précautions à prendre

Il est prudent de disposer de disques de rechange sur le chantier, d'autant plus qu'ils sont tendres et/ou minces.

Il est aussi prudent de disposer d'au moins une machine de secours : le sciage ne peut en général pas attendre et un retard important entraîne une fissuration hors joints.

Enfin, il faut disposer d'eau en quantité suffisante pour refroidir les disques ; c'est toujours un point délicat car d'une part, les chantiers se trouvent souvent à l'écart, et d'autre part, la taille des véhicules pouvant circuler sur le béton jeune est très modeste.

Les joints : règles de l'art et dispositions constructives



Figure 110- Disque de sciage diamanté



Figure 111- Sciage de joint sur bordure de trottoir



Figure 112- Atelier de sciage : scies monolames exécutant les joints transversaux et tonne à eau pour le refroidissement des disques



Figure 113- Machine spécifique à quatre lames pour scier le joint transversal



Figure 114- Atelier de sciage : scies monolames exécutant les joints transversaux et longitudinaux, en arrière-plan la réserve d'eau pour le refroidissement des disques

8.IX.2. Fonctionnement des joints au passage des charges

Les joints transversaux de la grande majorité des ouvrages traités ici, routes, rues, voies de circulation, etc., sont franchis par les véhicules et donc par les charges qui circulent sur ces ouvrages. Dans le cas de certains ouvrages, aires de stationnement ou de stockage par exemple, les joints longitudinaux sont autant circulés que les transversaux et sont donc traités de façon semblable (voir 8.IX.3 et suivantes). Enfin d'autres ouvrages traités ici, ne sont en principe soumis à aucune circulation de charges : glissières de sécurité, caniveau et cunettes, pistes cyclables, etc. ; le transfert de charge aux joints ne les concerne donc pas.

D'une façon générale lorsqu'une charge se déplace sur une chaussée, celle-ci se déforme verticalement sous la charge ; cette déformation est d'autant plus importante que la charge est lourde et ponctuelle, que la structure est peu rigide et que le sol est plastique.

Lorsque la charge franchit une discontinuité de la structure, voulue ou accidentelle, la déflexion est différente de ce qu'elle est en l'absence de discontinuité : elle est plus importante et n'est plus symétrique. L'intensité et la dissymétrie dépendent de la capacité de la discontinuité à transmettre l'effort dû à la charge d'un coté à l'autre. Les joints sont des discontinuités voulues pour localiser la fissuration des revêtements en béton de ciment ; leur capacité à transmettre les efforts de part et d'autre d'eux-mêmes est appelé « transfert de charge » (voir 8.IX.2.1).

Le transfert de charge est le résultat de l'un ou l'autre des phénomènes suivants, ou de leur combinaison :

- l'engrènement des granulats et des lèvres de la fissure du joint (voir 8.IX.2.2),
- la présence dans le joint de dispositifs d'amélioration du transfert de charge (voir 8.IX.2.1) comme des goujons (voir 8.IX.2.3),
- la présence d'une fondation rigide et non fissurée (voir 8.IX.2.6).

8.IX.2.1 Transfert de charge

Phénomène visé

Un revêtement en béton de ciment classique est discontinu de par la fissuration provoquée et maîtrisée par les joints de retrait-flexion.

Les charges qui roulent à la surface du revêtement traversent les joints en passant d'une dalle à une autre. Généralement, les dalles se déforment sous la charge et d'autant plus que la charge se trouve près du joint. Sauf lorsque les dalles sont en contact l'une de l'autre, les déformations ne sont ni égales ni semblables : la dalle sur laquelle roule la charge se déforme progressivement, à la vitesse de déplacement de la charge vers le joint puis revient brusquement à sa position de repos lorsque la charge a traversé le joint ; inversement, la dalle sur laquelle la charge arrive après avoir traversé le joint, se déforme brusquement puis revient progressivement à sa position de repos. Le schéma de la Figure 115 illustre ce comportement sur un joint non goujonné.

Des phénomènes semblables ont lieu au niveau d'un joint goujonné ou d'une fissure de BAC, avec une amplitude très réduite et, en général, sans commune mesure avec les précédentes.

Définition :

Le transfert de charge (β) est généralement exprimé de la façon suivante :

$$\beta = (2d' / (d + d')) \times 100$$

d et d' étant la déflexion (la déformation ou le battement) de chaque côté du joint au plus près du passage de la charge.

Appareil de mesure :

On utilise généralement divers dispositifs avec ou sans référence fixe. Dans le premier cas, il s'agit par exemple de déflectographe ou de poutre BENKELMAN adaptés à la mesure du battement (double capteur) et dans le second cas, de capteurs inertiels de type géophone ou accéléromètre.

Dans tous les cas, le résultat est présenté sous forme de courbes de la déflexion en fonction du déplacement de la charge ou du temps ce qui revient au même, la charge d'épreuve se déplaçant à vitesse constante la plupart du temps (voir Figure 116).

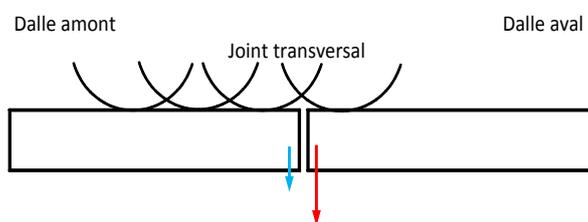


Figure 115- Chargement asymétrique des chaussées en béton aux joints.

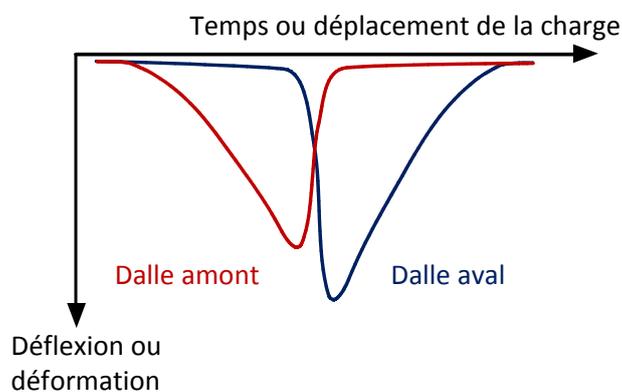


Figure 116- Courbes de battement de dalles (exemple)

8.IX.2.2 Engrènement des granulats

Les joints de retrait-flexion transversaux sont le plus souvent constitués d'une amorce de fissuration réalisée perpendiculairement à la surface du revêtement avant que le retrait du béton soit significatif (sciage selon 3.1.2.1, moulage selon 3.1.1.3), qui se prolonge par une fissure jusqu'à la base du revêtement, provoquée par ce retrait.

La fissure qui a généralement lieu lorsque le béton est à peine durci (quelques heures ou quelques jours après la mise en œuvre), contourne une grande partie des granulats : les deux extrémités de dalle de part et d'autre de la fissure sont donc « rugueuses » et parfaitement imbriquables l'une dans l'autre, conjuguées « naturellement » (Figure 117).

Lorsque la fissure est peu ouverte, tout mouvement vertical d'une dalle entraîne le même mouvement de l'autre dalle, les deux extrémités conjuguées se comportant comme deux engrenages. Lorsque le mouvement est le résultat d'une charge qui traverse le joint, cette capacité d'une dalle à entraîner l'autre est le résultat de « l'engrènement » du joint ; c'est le « transfert de charge » décrit en 8.IX.2.1.

Intuitivement, lorsqu'on fait tourner un engrenage le second tourne aussi pour autant qu'il n'y ait pas ou peu de jeu entre les dentures. Il en est de même pour le joint, lorsque la fissure est fermée ou très peu ouverte, l'été le plus souvent, le transfert de charge est très bon. Au contraire, lorsque la fissure a une ouverture importante, l'hiver, le transfert de charge est médiocre voire nul si l'ouverture est telle que les « dents » n'entrent pas en contact lorsque la déflexion maximale de la dalle chargée est atteinte. En outre, l'engrènement en béton s'use sous l'action du trafic et le jeu peut devenir suffisant pour que le transfert de charge soit nul même fissure fermée (21).

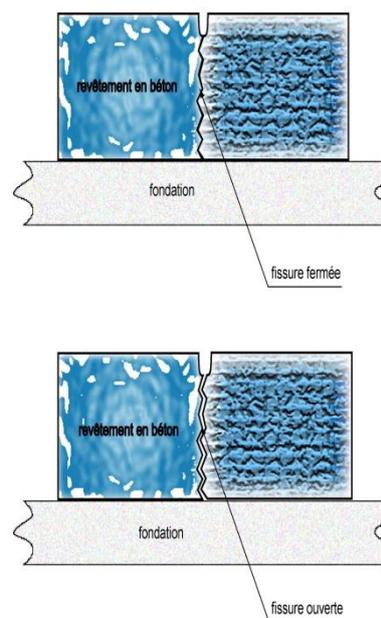


Figure 117- Joint des retrait-flexion. Engrènement des deux dalles adjacentes

8.IX.2.3 Dispositifs d'amélioration du transfert de charge

Plusieurs dispositifs ont été développés pour améliorer la qualité et la durabilité du transfert de charge :

- * les fers de liaison,
- * les goujons et dispositifs analogues.

Le fer de liaison est une armature en acier à haute adhérence de 10 à 15 mm de diamètre, ancrée de chaque côté de la fissure ou du joint de construction. En maintenant fermée la fissure les fers de liaison assurent un engrenement sans jeu pendant une grande partie de la durée de service (plus de 60 %, tant que les fers ne se corrodent pas notamment). Le transfert est élevé et l'absence de mouvement relatif des deux dalles évite l'usure de l'engrenement.

Cependant, en ce qui concerne les joints transversaux cette solution, utilisée en France à la fin des années cinquante, conduit rapidement au béton armé continu du fait qu'il est souvent nécessaire d'armer les dalles entre les joints ; elle a été assez vite abandonnée en France au profit des goujons lorsque le trafic justifiait une amélioration du transfert de charge au joints de retrait-flexion. Les fers de liaison ont donc été rapidement réservés aux joints longitudinaux (voir 8.IX.3.2).

Les goujons sont des barres métalliques lisses cylindriques de 25 à 40 mm de diamètre, posés parallèlement à la surface du revêtement et à l'axe de la chaussée (Figure 118). Le diamètre et le nombre de goujons sont calculés pour assurer le transfert de charge lorsque le joint est ouvert tout en minimisant la contrainte de compression dans le béton au droit du joint provoquée par le goujon. Il doit résister au cisaillement, à la flexion, être protégé contre la corrosion (Figure 119) et glisser sans difficulté dans son logement pour permettre le retrait et la dilatation du béton (voir 3.I.1.2).

La principale difficulté dans l'utilisation des goujons est leur mise en place qui doit garantir le parallélisme des goujons entre eux, avec l'axe de la chaussée et avec la surface de roulement. C'est la principale raison de l'apparition de dispositifs analogues visant à maintenir la possibilité d'alimentation frontale de la MCG, et limiter l'importance du « parallélisme ». Les progrès sensibles dans l'introduction des goujons dans le béton frais immédiatement derrière la MCG, ont limité l'usage de ces dispositifs.

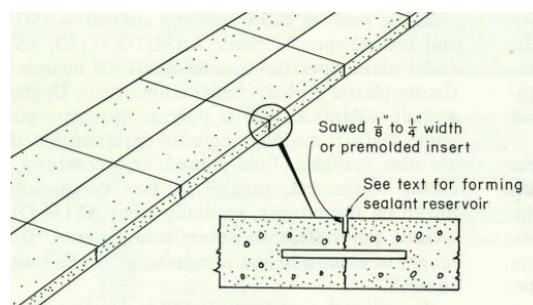


Figure 118- Joint de retrait-flexion avec goujon

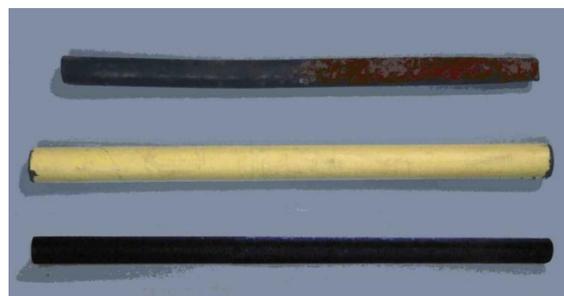


Figure 119- Goujons

En haut, goujon après 20 ans de service environ ; à l'époque, une moitié seulement était protégée contre la corrosion.

Au milieu, goujon protégé par une enveloppe en PVC ; c'est le plus utilisé en France actuellement.

En bas, goujon protégé par un film de bitume, le plus utilisé dans le monde.

8.IX.2.4 Joints de retrait-flexion inclinés

Une autre façon de réduire les effets négatifs des réductions hivernales du transfert de charge, ainsi que le bruit au passage du **joint non goujonné**, est de l'incliner d'environ 15° (Figure 120).

En inclinant le joint comme l'indique le schéma ci-contre, la roue ou le jumelage gauche d'un essieu franchit le joint transversal en premier (lorsque les véhicules circulent à droite évidemment, c'est l'inverse lorsqu'ils circulent à gauche).

La dalle « aval » est alors déjà chargée (et déformée) lorsque la roue ou le jumelage droit franchit à son tour le joint.

Cette disposition est d'autant plus bénéfique que le côté gauche de la dalle est généralement adjacent à un joint longitudinal assurant un transfert de charge avec l'autre voie du revêtement, alors que le côté droit est bordé d'un joint libre plus déformable.

L'évolution des charges (*tridem* à pneumatiques larges) rend cette solution moins adaptée ; on devrait s'orienter vers des joints orthogonaux goujonnés.

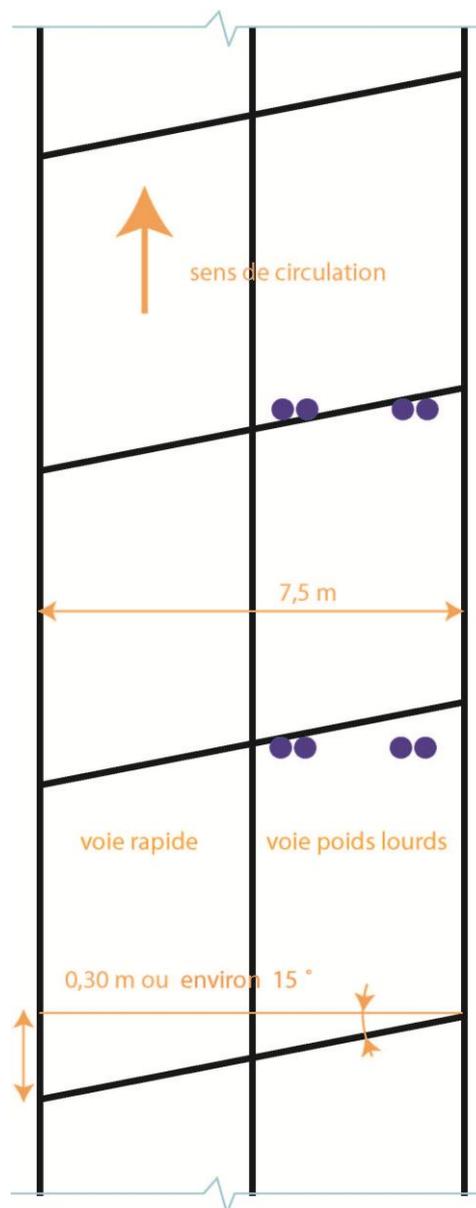


Figure 120- Joint transversal incliné : la roue ou le jumelage gauche d'un essieu franchit le joint transversal en premier

8.IX.2.5 Intervalle variable entre joints de retrait-flexion

Le choix de séquences pseudo-aléatoires pour les intervalles variables entre joints transversaux (Figure 121) répond à un double objectif :

1. éviter la mise en résonance des charges circulant sur la chaussée,
2. réduire la monotonie des bruits d'impact au passage des joints.

La mise en résonance des charges, notamment des charges lourdes, provoque l'apparition de surcharges dynamiques pouvant se localiser aux joints et en accélérant la dégradation. En réduisant ce phénomène on peut espérer améliorer la durée de service du revêtement.

Cette méthode est aussi applicable aux joints orthogonaux.

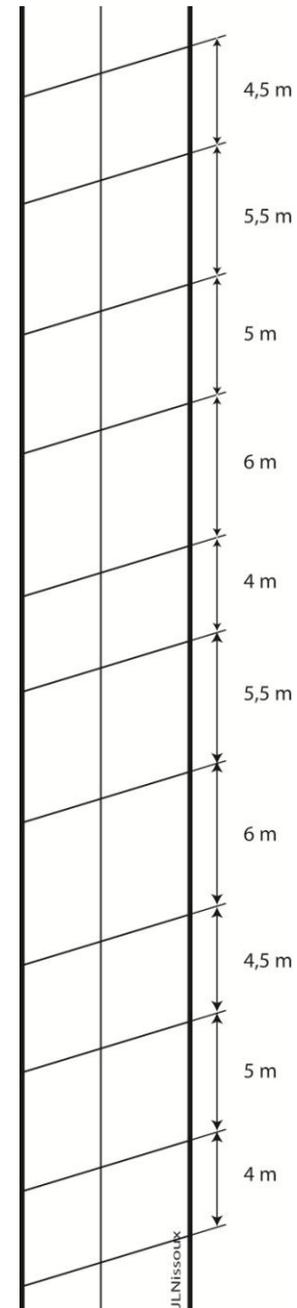


Figure 121- Séquence d'intervalles entre joints transversaux généralement utilisée en France

8.IX.2.6 Fondations traitées

Au contraire des matériaux granulaires non traités, les matériaux traités aux liants hydrauliques le plus souvent, ou aux liants bitumineux, sont cohérents et ont des propriétés mécaniques significatives.

En plus de leur rigidité qui réduit le travail de la couche de béton de ciment, les fondations réalisées avec ces matériaux apportent un complément de transfert de charge : la couche de fondation se déforme (se déplace verticalement vers le bas) sous la dalle « amont » au fur et à mesure que la charge approche du joint et cette déformation traverse le joint avant la charge, entraînant un début de déformation de la dalle « aval » réduisant d'autant le travail du joint.

Le Tableau 2 et la Figure 122 montre l'apport bénéfique des fondations traitées sur l'évolution du transfert de charge sous trafic.

Références

- B. E. Colley and H. A. Humphrey, "Aggregate Interlock at Joints in Concrete Pavements" Highway Research Board Record No. 189, Highway Research Board, 1967 (21 pp. 1-18)
- L. D. Childs and C. G. Ball, "Tests of Joints for Concrete Pavements" Portland Cement Association, 1975 (22)
- L. D. Childs and P. J. Nussbaum, "Repetitive Load Tests of Concrete Slabs on Cement-Treated Subbases" Portland Cement Association, 1975 (23)

Épaisseur de dalle, cm	Support de dalle		Transfert de charge ¹ au joint à 0,9 mm d'ouverture, en %	
	Type	k, pci	Initial	Après 10 ⁶ chargements
18	Forme	89	90	5
23	Forme	89	93	29
18	Fondation granulaire	145	88	9
23	Fondation granulaire	145	96	52
23	Fondation en MTLH	452	98	77

1- Le transfert de charge au joint est déterminé par : $\beta = (2d'/(d + d')) \times 100$, où d est la déflexion du coté chargé du joint et d' celle du coté adjacent.
 k : Module de réaction (ou module de WESTERGAARD), en France, exprimé en MN/m³ (méga newton par mètre cube) ou en MPa/m (méga pascal par mètre), pci : pounds per square inch par inch de déflexion, ou pounds per cubic inch ; 1 pci = 0,27 MPa/m
 MTLH : matériau traité au liant hydraulique

Tableau 2- Transfert de charge au joint

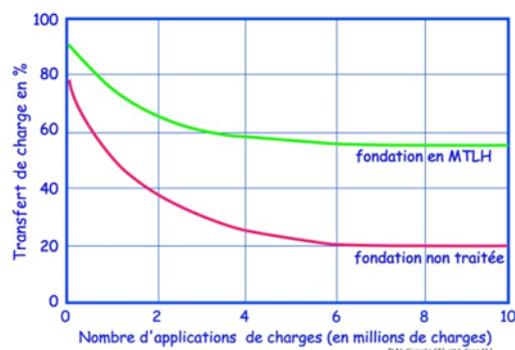


Figure 122- Effet du traitement de la fondation sur l'évolution du transfert de charge sous charges

8.IX.3. Cas particulier des joints longitudinaux - Transfert de charge

Lorsque les joints longitudinaux sont franchis par des charges, ils se comportent de la même façon que les joints transversaux (voir 8.IX.2). Selon l'usage du revêtement, les joints longitudinaux sont franchis par des charges plus ou moins lourdes et plus ou moins fréquentes.

On peut classer les usages du revêtement en deux catégories :

- revêtements circulés quasiment exclusivement par des charges qui se déplacent parallèlement à la mise en œuvre du béton. Il s'agit des ouvrages dont la longueur est très grande voire extrêmement grande vis à vis de leur largeur. Ce sont essentiellement des routes et autoroutes, mais aussi des pistes d'atterrissage-décollage ou des voies de circulation d'aérodromes, BHNS et trams sur pneus. Les points singuliers tels que carrefours et traversées, insertion de voies, sont à considérer comme les revêtements de l'autre catégorie.
- revêtements circulés par des charges dont une partie non négligeable se déplace perpendiculairement ou quasiment perpendiculairement à la direction de la mise en œuvre du béton. Il s'agit des ouvrages dont la longueur est peu différente de leur largeur. Ce sont les aires de stationnement d'aérodromes ou les plates-formes de stockage de conteneurs, auxquels il faut ajouter les croisements des ouvrages définis précédemment.

Dans les deux cas, les joints longitudinaux de construction constituent une partie des limites de la chaussée ou de l'aire revêtue, mais ils sont aussi complémentaires des joints de retrait-flexion pour découper le revêtement en dalles dont les dimensions rendent suffisamment faibles les

probabilités de fissures précoces de retrait hors joint.

Pour les revêtements de la première catégorie, les joints longitudinaux sont franchis par les charges sous un angle faible et par une petite partie du trafic lourd ; ils ne comporteront aucune disposition particulière dans le cas des faibles trafics (voirie tertiaire) ; seuls les joints transversaux comporteront des dispositions particulières dans le cas de trafic intense et de charges lourdes (voiries secondaires et primaires, autoroutes), et tous les joints comporteront ces dispositions dans le cas de trafic élevé de charges extrêmement lourdes (aéroports).

Pour les revêtements de la seconde catégorie, les joints longitudinaux sont franchis par une grande partie du trafic lourd sous des angles élevés, voire par tout le trafic perpendiculairement comme les joints transversaux de la catégorie précédente ; ils ne comporteront aucune disposition particulière dans le cas des faibles trafics de charges moyennes, et tous les joints en comporteront si le trafic est intense et/ou les charges lourdes à très lourdes.

Dans le cas des revêtements de la première catégorie définie en 8.IX.3, la charge se déplace quasiment parallèlement au joint et le franchit très lentement sur plusieurs dizaines de mètres. L'importance du transfert de charge pour la durée de service du revêtement est nettement plus faible que dans le cas des revêtements de la seconde catégorie : les intensités de trafic de charges lourdes au-delà desquelles seront introduits des dispositions pour améliorer le transfert de charge sont très différentes.

Dans le cas des revêtements de la seconde catégorie du 8.IX.3, les intensités de trafic justifiant la mise en place de goujons ou de joints conjugués avec fers de liaisons, sont identiques à celles justifiant la mise en place de goujons dans les joints transversaux (voir 3.I.1.1).

8.IX.3.1 Joints longitudinaux avec goujons

La mise en place des goujons se fait sur panier préfabriqué dans le cas de joint longitudinal de retrait-flexion (entre joints de construction) et dans les coffrages des joints de construction lorsque ceux-ci sont coffrés. Lorsqu'ils sont réalisés par coffrage glissant, les goujons peuvent être introduits dans le béton frais avec un risque éventuel de détérioration de l'uni du bord de dalle en raison du supplément de volume que constitue le goujon, ou plus souvent, introduits dans un forage du béton durci jeune ; le diamètre du forage doit être légèrement supérieur à celui du goujon pour l'introduire facilement avec le produit de scellement (Figure 125 à Figure 124).



Figure 125- Joint longitudinal de construction - Forage du béton durci jeune



Figure 126- Joint longitudinal de construction - Mise en place des goujons avant coulage de la bande adjacente



Figure 123- Joint longitudinal de retrait : mise en place des goujons sur panier avant coulage de la bande

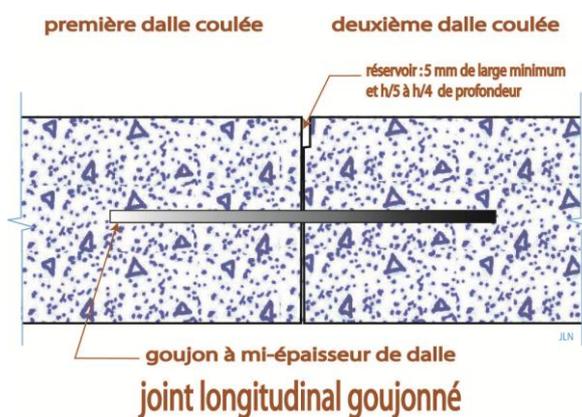


Figure 124- Joint de construction lisse avec goujons

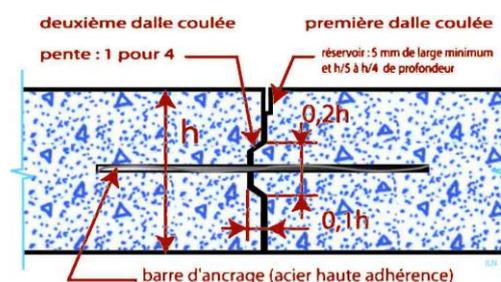
8.IX.3.2 Joints longitudinaux conjugués avec fers de liaison

Historiquement, les fers de liaison ou barres d'ancrage, étaient utilisés dans des joints transversaux pour en empêcher l'ouverture, en alternance avec des joints avec goujons ; cette alternance permettait de limiter la longueur « tendue » afin de permettre le retrait du béton sans risque de fissures anarchiques hors joints. Ces structures relativement complexes n'étaient pas bien adaptées à la mécanisation et aux forts rendements qu'elle permettait.

Les fers de liaison ont donc été assez rapidement réservés aux joints longitudinaux des revêtements pas trop larges, de l'ordre de 15 m maximum. Au-delà, dans le cas de piste d'aérodrome par exemple on peut alterner joints longitudinaux liaisonnés et goujonnés, ou, comme pour les plates-formes de stationnement ou de stockage de conteneurs, passer aux goujons.

Les joints de construction longitudinaux avec fers de liaison sont systématiquement des joints conjugués : la première bande de revêtement est coffrée (fixe ou glissant) avec une clé (trapézoïdale ou sinusoidale) ; la seconde bande se moule sur la surface ainsi formée (Figure 127).

La mise en place des fers de liaison se fait sur panier préfabriqué dans le cas de joint longitudinal de retrait-flexion (entre joints de construction) et dans les coffrages des joints de construction lorsque ceux-ci sont coffrés. Lorsqu'ils sont réalisés par coffrage glissant, les fers de liaison peuvent être introduits dans le béton frais avec un risque de détérioration de l'uni du bord de dalle beaucoup plus faible que dans le cas des goujons (le volume supplémentaire du fer est plus faible), ou plus souvent, introduits dans un forage du béton durci jeune (Figure 128) ; le diamètre du forage doit être légèrement supérieur à celui du fer de liaison pour l'introduire facilement avec le produit de scellement.



joint longitudinal conjugué avec barre d'ancrage

Figure 127- Joint conjugué de construction avec fer de liaison ou barre d'ancrage



Figure 128- Moulage d'une clé sinusoidale- Les barres d'ancrages seront mise en place par forage et scellement

8.IX.4. Choix des « clefs » des joints longitudinaux conjugués en fonction des propriétés rhéologiques du béton frais

Les profils donnés aux joints longitudinaux ont pour objectif d'améliorer le transfert de charge de ces joints par rapport à un bord lisse perpendiculaire à la surface du revêtement.

La problématique de ces joints est double :

- l'exécution du profil est largement dépendante de la « moulabilité » du béton et de la complexité du dit profil,
- l'efficacité du transfert de charge et sa durabilité, qui dépend notamment de la présence de fer de liaison ou de goujons.

En fait, c'est la « moulabilité » et la « démoulabilité » du béton frais qui sont significatives et que l'on peut définir ainsi :

- un béton particulièrement maniable sous vibration remplissant facilement les formes du « coffrage »,
- un béton très peu déformable sous son propre poids hors vibration et « décoffré ».

Il s'agit donc de bétons à faible temps d'écoulement au maniabilimètre et d'affaissement au cône quasi nul (classe S1 selon NF EN 206-1).

8.IX.4.1 Facilité et qualité d'exécution des « clefs » et moulabilité du béton

La moulabilité du béton est une propriété très proche de la maniabilité ; elle est influencée par les caractéristiques des mêmes constituants du béton et dans le même sens, mis à part peut-être le dosage en eau dont « l'excès » empêche le démoulage rapide du béton. En effet, dans la très grande majorité des mises en œuvre de routes, pistes et aires de stationnement ou de stockage, des machines à coffrage glissant sont utilisées ; ces machines mettent en forme le béton dans la zone de vibration et le béton sort du moule au plus 2 à 3 minutes plus tard.

Comme la maniabilité, la moulabilité dépend de l'angularité des granulats ainsi que de leur rugosité et de la vitesse d'écoulement des fines, ciment compris.

La moulabilité dépend aussi de la présence et des propriétés principales ou secondaires d'adjuvants.

Enfin, comme la maniabilité, la moulabilité s'apprécie sous vibration puisque c'est le mode de mise en œuvre quasi exclusif du béton « à plat » : moins la moulabilité est bonne, plus l'énergie de mise en œuvre doit être importante.

8.IX.4.2 Granulats

Le Tableau 3 suivant donne qualitativement la moulabilité que l'on peut attendre avec certains types de sables et de granulats.

	Gravillons alluvionnaires	Gravillons concassés de bonne forme ⁵ (A≤20)	Gravillons concassés de forme médiocre à mauvaise (A≥20)
Sable alluvionnaire	Très bonne moulabilité ; formes complexes réalisables à la machine à coffrage glissant	Moulabilité bonne ; forme complexes éventuellement réalisables à la machine à coffrage glissant	Moulabilité moyenne ; forme peu complexes éventuellement réalisables à la machine à coffrage glissant
Sable de roche à grain très fin concassée (calcaire dur par exemple)	Situation peu fréquente	Moulabilité moyenne ; forme peu complexes éventuellement réalisables à la machine à coffrage glissant	Moulabilité médiocre ; forme simples réalisables à la machine à coffrage glissant
Sable de roche métamorphique à gros grain concassée (roche porphyrique par exemple)	Situation peu fréquente	Moulabilité médiocre ; forme simples éventuellement réalisables à la machine à coffrage glissant	Moulabilité très médiocre ; forme très simples éventuellement réalisables à la machine à coffrage glissant

Par « alluvionnaires », on entend matériaux issus du lit majeur des cours d'eau (rarissime), du lit mineur ou de plaines alluviales (de plus en plus rares) ou d'alluvions marines correctement dessalées et si possible décoquillées (rares).

Par « forme très simple », on entend la section de base rectangulaire ou légèrement trapézoïdale, la plus couramment réalisée sur route ou piste. Par « forme simple », on entend les formes précédentes mais aussi les bordures de trottoir sans fil d'eau, les caniveaux à double pente peu profonds, etc. Par « forme peu complexe », on entend les formes précédentes mais aussi les joints longitudinaux à profil simple du type trapézoïdal, les barrières de sécurité, les caniveaux rectangulaires profonds, etc. Par « forme complexe », on entend les formes précédentes mais aussi les joints longitudinaux à profil complexe, sinusoidal notamment, les barrières de sécurité avec caniveau à fente intégré, etc.

Tableau 3- Niveau de moulabilité possible avec divers types de gravillons et de sables

⁵ La forme des gravillons est déterminée par l'essai d'aplatissement (A). Le coefficient d'aplatissement caractérise la forme du granulat à partir de sa plus grande dimension et de son épaisseur. Plus A est élevé, plus le gravillon contient d'éléments plats. Une mauvaise forme à une incidence sur la maniabilité et favorise la ségrégation. Extrait de « Les constituants des bétons et des mortiers », Fiches Techniques (Tome 1) Collection technique CIMbéton G10 (25)

8.IX.4.3 Adjuvants

Généralement les plastifiants et les superplastifiants ont un effet positif sur la moulabilité du béton, car ils agissent aussi sur la thixotropie du béton frais. Ce ne sont pas les seuls : d'autres adjuvants ont un effet secondaire plastifiant. C'est par exemple le cas des entraîneurs d'air ; les très nombreuses bulles d'air microscopiques qu'ils permettent d'introduire et dont le rôle principal est de rompre la continuité du réseau capillaire de la porosité, sont autant de fines d'excellente forme.

Cependant, ces adjuvants ont aussi parfois un effet secondaire retardateur de prise qui peut causer quelques difficultés à l'organisation du chantier, notamment au sciage des joints par exemple. On ne peut donc pas corriger avec les adjuvants toutes les difficultés liées aux granulats et surtout au sable.

8.IX.4.4 Vibreurs internes

La puissance des vibreurs internes et leur position par rapport au moule qui donne la forme au béton sont importantes. Dans tous les cas, le moule doit se trouver dans la zone d'action maximale du ou

des vibreurs. Plus les vibreurs sont puissants, plus on pourra mettre en œuvre des bétons peu maniables, peu moulables, et qui garderont leur forme au démoulage quasi immédiat, car bien compactés y compris dans les formes assez complexes que constituent les joints à clefs.

En outre, si pour une raison quelconque, la section de l'ouvrage mis en œuvre par machines à coffrage glissant, change, il est indispensable que ce changement se face entièrement dans la zone où l'action des vibreurs internes est la plus efficace. C'est le cas par exemple, du bord d'attaque de la plaque qui moule la surface de la chaussée, qui doit se trouver largement dans la zone où le béton est quasi liquide sous l'effet de la vibration.

8.IX.4.5 Conclusion

Si la moulabilité du béton est moyenne à très bonne, il est possible d'envisager des joints à clef d'autant plus complexe que la moulabilité est bonne ; sinon, il vaut mieux préférer les goujons éventuellement mis en place après forage du béton durci jeune.

1. Loi n°83-630 du 12 juillet 1983 relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement . *Journal Officiel de la République Française*. Paris : s.n., 1983. 13 juillet 1983.
2. Joint Design for Concrete Highway and Street Pavements. s.l. : Portland Cement Association, 1975.
3. **Eisenmann, J.** Analysis of restrained curling stresses and temperature measurements in concrete pavements. s.l. : American Concrete Institut. Vol. SP 25.
4. Chaussée en béton de ciment . *norme NF P 98-170*. Paris : AFNOR, 2006.
5. Chaussée en béton. *Guide technique*. Paris : SETRA-LCPC.
6. Produit de colmatage à froid. *norme NF EN 14188-2*. s.l. : AFNOR.
7. Produit de colmatage à chaud. *norme NF EN 14188-1*. Paris : AFNOR.
8. Chaussées en béton - Partie 3 : spécifications relatives aux goujons à utiliser dans les chaussées en béton. *NF EN 13877-3*. Paris : AFNOR, Avril 2005.
9. Voiries et aménagements urbains en béton (3 tomes). *Collection technique*. Paris : CIMbéton, 2009. Vol. T50.
10. Ronds laminés à chaud - Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions. *NF EN 10060*. Paris : AFNOR, Juin 2004.
11. Bordures en béton extrudé. *Guide pratique* . s.l. : SPECBEA.
12. Carrefours giratoires en béton- Guide de dimensionnement. *Collection Technique*. s.l. : CIMBÉTON, 2003. Vol. T63.
13. Entretien des chaussées en béton. *Guide pratique*. Paris : SPECBEA.
14. **C. Ployaert, L. Rens, P. Van Audenhove,** Réparation et entretien des routes en béton de ciment. Bruxelles : FEBELCEM, 2007.
15. **POWERS, T.C.** The properties of fresh concrete . New York, USA : J. Wiley & Sons, Inc., 1968.
16. **MITANI, H.** Variations volumiques des matrices cimentaires aux très jeunes âges : approche expérimentale des aspects physiques et microstructuraux. *Thèse de doctorat*. Paris : Ecole National des Ponts et Chaussées, Février 2003.
17. **Brooks, A.M. Neville & J.J.** Concrete Technology. s.l. : Longman Scientific & Technical, 1990.
18. **Neville, A. M.** Properties of concrete. London : Pitman, 1973.
19. Partie réglementaire, Livre III : Le véhicule, Titre Ier : Dispositions techniques, Chapitre II : Poids et dimensions, Section 1 : Poids, Article R312-4,. *Code de la route*. janvier 2004.
20. Les chaussées aéronautiques . s.l. : DGAC-département Génie civil et pistes, 2011. ISBN 2-11-094294-0.
21. **B. E. Colley and H. A. Humphrey.** Aggregate Interlock at Joints in Concrete Pavements. *Highway Research Board Record*. s.l. : Highway Research Board, 1967. Vol. No. 189.
22. **Ball, L. D. Childs and C. G.** Tests of Joints for Concrete Pavements. Chicago : Portland Cement Association, 1975.
23. **Nussbaum, L. D. Childs and P. J.** Repetitive Load Tests of Concrete Slabs on Cement Treated Subbases. Chicago : Portland Cement Association, 1975.
24. Préfissuration des assises de chaussées en grave hydraulique . *Note d'information*. Paris : SETRA, septembre 2002. Vol. 112.
25. Les constituants des bétons et des mortiers. *Fiches Techniques*. s.l. : CIMbéton. Vol. Tome 1, G10.

Arase de terrassement	Surface supérieure du sol support caractérisée par un niveau de performance. L'arase de terrassement est confondue avec la plate-forme de chaussée en l'absence de couche de forme.
Armature	Barre d'acier incorporée dans le béton pour contrôler la fissuration et/ou assurer une résistance en traction. retour
Assise de chaussée	Élément structurel principal d'une chaussée. L'assise peut être mise en œuvre en une ou plusieurs couches appelées couche de base, couche de fondation.
Béton bouchardé	Procédé de traitement de surface utilisant des « bouchardes » mécaniques (marteaux à panne dentée). Ce traitement permet de donner (ou redonner) une micro et une macro rugosité au revêtement par fracturation mécanique du mortier et des granulats. Le traitement peut être assez « violent » et fragiliser la surface ; à réserver aux voiries à faible et surtout très faible trafic, voies piétonnes notamment.
Béton de ciment	Mélange intime de sable, gravillons, cailloux , ciment et eau dans des proportions permettant d'obtenir les caractéristiques recherchées à la fois du béton frais et du béton durci ; le mélange peut aussi comporter des fines d'apport et des adjuvants. retour
Béton de ciment mince collé (BPMC)	Couche de béton d'épaisseur comprise entre 6 et 12 cm, collé sur un support bitumineux. retour
Béton de roulement	Béton utilisé pour la couche de roulement. Dans la technique des chaussées en béton de ciment, les couches de base et de roulement forment une seule et même couche appelée couche de roulement. Le béton de roulement peut être réalisé avec deux bétons de caractéristiques différentes, réalisé « frais sur frais » seule la couche supérieure doit vérifier les caractéristiques d'usage. retour
Béton drainant	Béton pour lequel on a défini, au moment de l'étude, la proportion des constituants solides pour avoir, une fois le béton en place, un pourcentage de vides communicants (ou porosité ouverte) supérieur à 10 %. retour
Béton grenailé	Procédé de traitement de surface voisin du béton bouchardé mais la fracturation de surface est obtenue par la projection d'une multitude de petites billes d'acier. Le traitement est moins violent, ne donne (ou redonne) qu'une micro rugosité de surface plus durable que celle obtenu par bouchardage. Assez souvent utilisé en entretien de chaussées à fort voire très fort trafic.
Béton imprimé	Procédé de traitement de surface à base de « moules » en silicone ou caoutchouc, permettant de donner au revêtement l'apparence d'un revêtement en pierre ou en pavés, voire en bois. Surtout utilisé en voirie à faible et surtout très faible trafic, voies piétonnes notamment.
Béton maigre	Béton, dont le dosage en ciment est usuellement compris entre 150 et 250 kg/m ³ . retour
Cailloux	Partie des granulats ayant la plus grande dimension granulaire ; les granulats constitue la partie non réactive du mélange « béton ». retour

Calepinage	<p>Le calepinage est le dessin, sur un plan ou une élévation, de la disposition d'éléments de formes définies pour former un motif, composer un assemblage, couvrir une surface ou remplir un volume. Le calepinage est par exemple nécessaire lors de la planification de carrelages, de couvertures, de joints, etc. En général, le calepinage vise à déterminer avec précision :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La manière dont les éléments sont disposés (notamment pour "résoudre" les cas particuliers comme les angles ou les jonctions); • Les types d'éléments nécessaires; • Le nombre d'éléments de chaque type nécessaires. <p>Le calepinage s'avère indispensable lorsqu'il faut prévoir les matériaux nécessaires à la réalisation d'un chantier, à chiffrer son coût, à préparer les commandes ou à optimiser les découpes. Certains professionnels orthographient le mot <i>calpinage</i>. Extrait de "Calepinage." <i>Wikipédia, l'encyclopédie libre</i>. 2012, retour</p>
Charge de référence	<p>La charge de référence utilisée pour le dimensionnement est représentée par l'un des jumelages de l'essieu de référence. Il est décrit à l'aide de deux disques de 0,125 m de rayon, d'entre-axe 0,375 m et exerçant en surface de chaussée une pression uniformément répartie de 0,662 MPa ; les effets de l'autre demi-essieu sur les points situés à l'aplomb de ce jumelage sont négligés</p>
Chaussée	<p>Structure composée d'une ou plusieurs couches destinée à faciliter le passage de la circulation sur le terrain. retour</p>
Chaussée (en béton) liaisonnée	<p>Chaussée en béton pour laquelle on insère, au niveau des joints longitudinaux, des barres d'acier appelées «fers de liaison» dont le rôle est d'assurer la couture du joint. Ces fers de liaison sont disposés perpendiculairement aux joints. Ces fers de liaison peuvent également être insérés dans certains joints transversaux (joint d'arrêt de chantier par exemple).</p>
Chaussée (en dalle de béton) goujonnée	<p>Chaussée en béton pour laquelle on insère, au niveau des joints transversaux, des barres d'acier appelées «goujons» qui permettent d'assurer, partiellement ou totalement, le transfert de charge. Ces goujons sont disposés parallèlement à l'axe de la chaussée. Dans certains cas, lorsque les aires sont importantes comme dans le cas des chaussées aéronautiques destinées à recevoir un trafic lourd, les joints longitudinaux sont munis de goujons</p>
Chaussée en béton armé continu	<p>Chaussée en béton pour laquelle on dispose, dans l'épaisseur de la dalle, une nappe «continue» d'armatures longitudinales destinées à répartir la fissuration transversale de retrait. Cette nappe peut comporter plusieurs niveaux d'armatures, en plans parallèles. Généralement, on dispose également des fers de liaison au droit des joints longitudinaux. Ces chaussées ne disposent pas de joints transversaux en dehors des joints d'arrêts et des joints de dilatation au droit de point singulier.</p>

Chaussée en béton dénudé (encore appelée béton désactivé)	Chaussée en béton pour laquelle on a, par un moyen mécanique approprié, éliminé le mortier de surface afin de mettre en relief les gravillons du béton. Le moyen le plus souvent utilisé pour obtenir la rugosité souhaitée est le brossage avec ou sans eau. Cependant, on utilise aussi préalablement au brossage, un retardateur de surface pulvérisé très peu de temps après la mise en place du béton ; le dosage est réglé pour que le brossage intervienne généralement 24 h plus tard.
Chaussée en béton strié	Chaussée en béton à la surface de laquelle on a réalisé des stries. Cette opération est le plus souvent effectuée à l'aide d'un balai passé transversalement à l'axe de la chaussée. On assimile à ce type de traitement, le passage de la toile de jute humide. Dans ces conditions c'est le mortier du béton qui assure la fonction de couche d'usure
Chaussée en dalle de béton	Chaussée en béton dans laquelle on réalise des amorces de fissuration, appelées « joints », transversales et longitudinales afin de localiser la fissuration de retrait
Chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques	Structures composées d'une couche de surface bitumineuse sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques.
Chaussées à structure inverse	Structures composées de couches bitumineuses, sur une couche en grave non traitée, reposant elle-même sur une couche de fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques.
Chaussées à structure mixte	Structures composées d'une couche de surface et d'une couche de base en matériaux bitumineux sur une couche de fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques. Le rapport K de l'épaisseur de matériaux bitumineux à l'épaisseur totale de chaussée est compris entre 0,4 et 0,5.
Chaussées en béton de ciment	Structures comportant une couche de base-roulement en béton de ciment de plus de 0,12 m.
Chaussées souples	Structures comportant une couverture en matériaux bitumineux d'épaisseur inférieure ou égale à 0,12 m, parfois réduite à un enduit pour les chaussées à très faible trafic ou à un béton bitumineux souple, reposant sur une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traités.
Ciment	Liant minéral qui durcit en réagissant avec l'eau du mélange ; il est dit « hydraulique » non seulement car il réagit avec l'eau, mais parce qu'il durcit en milieu humide et même dans l'eau. Ceci le distingue de l'autre grande famille de liants minéraux, les chaux, dites « aériennes » car elles durcissent dans l'air par réaction avec le gaz carbonique.
Classe de trafic	Déterminée à partir du trafic journalier moyen ($TMJA$), notée T_i .
Coefficient d'agressivité moyen CAM	Le coefficient d'agressivité moyen d'un trafic donné est l'agressivité du trafic poids lourds considéré, divisé par le nombre de poids lourds constituant ce trafic
Couche	Élément structurel d'une chaussée, composé d'un seul produit normalisé. Une couche peut être répandue en une ou plusieurs couches élémentaires

Couche de forme	Couche de transition entre la partie supérieure des terrassements et les couches de chaussées, permettant en fonction des caractéristiques des matériaux de remblai ou du terrain en place, d'atteindre les caractéristiques géométriques, mécaniques, hydrauliques et thermiques prises comme hypothèses dans la conception et le calcul de dimensionnement de la chaussée. La couche de forme peut être constituée de matériaux en place ou rapportés, traités ou non traités.
Couche de liaison	Couche de chaussée entre la couche de roulement et l'assise.
Couche de roulement	Couche supérieure de la chaussée en contact avec la circulation. La surface de la couche de roulement doit présenter des caractéristiques de résistance à l'usure et au polissage suffisantes pour assurer la sécurité des usagers pendant 5 à 10 ans. Cette propriété est vérifiée si le béton constituant cette couche comporte au moins 450 kg de gravillons par mètre cube, présentant la qualité requise pour couche de roulement.
Couche de surface	Couche de la chaussée en contact avec la circulation. La couche de surface peut être mise en œuvre en une ou plusieurs couches appelées couche de roulement et couche de liaison.
Couche élémentaire	Élément de chaussée mis en œuvre en une seule opération.
Essieu de référence	Essieu simple à roues jumelées de charge <i>PO</i> égale à 130 kN.
Fer de liaison	Barre d'acier servant à garder les joints fermés généralement pour les joints longitudinaux, dans une chaussée en béton.
Fines	Matériau souvent inerte, parfois réactif, ayant une granulométrie, une finesse, voisine de celle du ciment.
Garnissage	Opération qui consiste à remplir le réservoir constitué par l'élargissement du haut de l'amorce de fissuration des joints, avec un produit de garnissage dans le but d'assurer l'étanchéité du joint et par extension celle du revêtement.
Goujon	Barre en acier lisse enduite qui passe dans les dalles adjacentes au niveau du joint de chaussée en béton afin d'améliorer le transfert des charges en transmettant l'effort tranchant de part et d'autre de la fissure du joint.
Gravillons	Partie des granulats ayant une dimension granulaire moyenne.
Interface	Surface de contact entre deux couches de chaussées, de même nature ou de nature différente.
Laitance	En général, substance blanche et molle ressemblant à du lait caillé ; on désigne ainsi le sperme des poissons mâles mais aussi la partie du béton de ciment qui remonte à la surface pendant la vibration, constituée de ciment, d'eau (et d'adjuvants) et d'ultra fines des granulats. Par extension, les « sciures » du béton provoquées par le sciage en présence d'eau des amorces de fissuration des joints.
Longueur d'ancrage	La longueur d'ancrage (ou de scellement droit), est la longueur sur laquelle il faut associer l'acier et le béton pour qu'à la sortie de l'ancrage, l'acier puisse travailler en traction jusqu'à sa limite élastique.

Machine à coffrage glissant (MCG)	Machine automotrice se déplaçant sur 2 ou 4 chenilles et assurant la mise en place et en forme des ouvrages linéaires en béton de ciment dont il est question dans ce document. Elle comporte en général (de l'avant vers l'arrière), un dispositif de préréglage du niveau de béton foisonné, un ensemble de dispositifs vibrants assurant la densification du béton, un coffrage définissant la forme de l'ouvrage au-dessus de la couche support, un ou des dispositifs de finition. Le coffrage est souvent constitué de trois parties : la plaque d'extrusion, plane et horizontale lorsqu'on réalise une chaussée, et un coffrage latéral de part et d'autre.
Mdf	Signifie Medium Density Fibreboard , c'est-à-dire « panneau de fibres (de bois) de densité moyenne » en français, par opposition aux panneaux de fibres de bois durs (type "Isorel" par exemple) dont la densité est élevée ($\pm 1\ 000\ \text{kg/m}^3$) – source WIKIPEDIA.
Moulage du béton	Action de donner une forme au béton frais en le mettant dans (ou en le faisant passer au travers) un moule. Généralement cette opération s'accompagne d'une densification, d'un compactage permettant de donner au béton de ciment sa densité maximale. Selon les propriétés du béton frais et la complexité de la forme donnée, cette action peut être immédiatement suivie du démoulage comme c'est le cas des ouvrages linéaires en béton de ciment dont il est question dans ce document. Dans la plupart des autres cas, le démoulage est différé de plusieurs heures à plusieurs jours.
Pervibrateur	Dispositif permettant de pervibrer le béton, c'est-à-dire de le vibrer à l'intérieur de lui-même : le pervibrateur est un vibreur électrique, hydraulique, pneumatique ou mécanique, que l'on plonge dans le béton. Appelé couramment « aiguille vibrante ».
Plate-forme de chaussée	Surface supérieure du sol support ou éventuellement de la couche de forme sur laquelle repose la structure de chaussée, homogène en performance.
Poids lourd	Véhicule dont le poids total autorisé en charge (PTAC) est supérieur à 35 kN, tel que défini dans la norme NF P 98-082.
Produit de cure	Produit qui peut être appliqué sur la surface d'un béton venant d'être mis en place afin de minimiser les pertes d'eau et dans le cas de produits pigmentés, pour refléter la chaleur minimisant l'augmentation de température du béton.
Produit de garnissage	Produit coulé à chaud ou à froid, mono ou bi composant, qui assure l'étanchéité des joints. En France, ces produits doivent être conformes aux normes NF EN 14188-1 produit de colmatage à chaud, et NF EN 14188-2 produit de colmatage à froid, ainsi que les produits préformés selon la norme NF EN 14188-3.
Punch-out	Type de dégradation sous trafic des revêtements en béton armé continu (BAC) : entre deux fissures très rapprochées et près du bord supportant les charges lourdes, un morceau de revêtement qui peut atteindre la taille d'une bordure de trottoir préfabriquée, est expulsé par les poids lourds. Ces dégradations sont normalement rares lorsque le revêtement est correctement dimensionné : épaisseur, résistance du béton, taux d'armature, etc. Adapté au trafic réel.

PVC	Abréviation désignant une matière plastique, le chlorure de polyvinyle. <i>Les tuyaux et les films en plastiques sont en PVC ou en polyéthylène le plus souvent.</i> D'après Wiktionnaire : http://fr.wiktionary.org/wiki/PVC .
Sable	Partie des agrégats ayant la plus petite dimension granulaire.
Structure de chaussée	Ensemble de couches superposées de matériaux reposant sur la plate-forme support de chaussée, destinées à répartir sans dommage sur le sol naturel les efforts dus à la circulation des véhicules.
Surlargeur	Partie latérale de la chaussée hors circulation.
Trafic	Nombre de passages de véhicules dans une période déterminée (pour une voie de circulation ou l'ensemble de la route, suivant la largeur de la voie).
Trafic Poids lourd journalier moyen	Ensemble du trafic poids lourds compté, moyenné sur la période de comptage exprimé en trafic moyen journalier annuel (TMJA), pour la voie la plus chargée.
Vibration	Sous l'effet de la vibration le béton frais (moins de 3 ou 4 h après introduction de l'eau, à 20°C et sans adjuvant) passe de l'état de pseudo liquide pâteux à celui de liquide dense assez fluide. C'est cette propriété qui est utilisée pour « couler » le béton dans un coffrage parfois de forme complexe et comportant des armatures métalliques. C'est la raison pour laquelle presque tous les procédés ou les machines de mise en œuvre du béton de ciment comportent une étape ou une zone de vibration qui assure la densification du béton frais livré « foisonné ».

amorce de fissuration	14, 17, 21, 25, 31, 60, 66, 67, 70
armatures.....	35, 41, 51, 55, 56, 61, 83
béton armé continu (BAC)	13, 27, 60, 61, 64, 71, 83, 86
béton de ciment.....	13, 19, 54, 57, 58, 59, 60, 64, 66, 67, 68, 74, 82, 84, 86, 87
calepinage	11, 12, 16, 18, 21, 23, 40, 43, 47, 52, 83
discontinuités.....	10, 22, 23, 60, 68
émergence	12, 40, 63
joint	21, 69, 70, 71, 73, 75
joint avec goujon.....	13, 15, 77
joint de construction.....	31, 33, 46, 71
joint sans goujon	13, 14, 44, 45, 69
laitance.....	14, 24, 30
machine à coffrage glissant (MCG)	15, 31, 71, 86
pervibrateur	29
primaire d'accrochage	14, 24
produit d'étanchéité	14, 21, 67
produit de cure	25, 28, 31, 37, 86
produit de garnissage.....	14, 24
punch-out.....	54
retrait ...	12, 13, 14, 15, 16, 18, 21, 22, 23, 28, 46, 57, 58, 61, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 83, 84
sciage.....	14, 15, 17, 24, 26, 55, 56, 67
surlargeur	44
trafic poids lourds	13, 84, 87
transfert de charge	69
vibration	15

Collection SPECBEA

Publié par :

SPECBEA

9, rue de Berri 75008 Paris (France)

www.specbea.com - specbea@fntp.fr

Illustrations & photos :

Crédit photos

CIMbéton,

EIFFAGE TRAVAUX PUBLICS – AER

EUROVIA

EXEDRA

PROVENCE-IMPRESSIONS

REB42 (Port de Yangshan, p 54)

SOCOTRAS

STAC – DGAC

François DE LARRARD

et les auteurs.

Réalisation :

SPECBEA

www.specbea.com – specbea@fntp.fr

Conception :

CORSAIRE Production / C-PROD (France)

www.c-prod.fr - contact@c-prod.fr

Diffusion gratuite, mise en ligne le 15 avril 2015

Dépôt légal : 2^{ème} trimestre 2015

À l'exclusion des illustrations, la reproduction totale ou partielle des informations contenues dans ce fascicule est libre de tous droits, sous réserve de l'accord de la rédaction et de la mention d'origine.

©2015 SPECBEA

Guide pratique

Les joints : règles de l'art et dispositions constructives pour revêtements et ouvrages linéaires en béton de ciment

RÉSUMÉ

Ce guide regroupe les informations à la fois pratiques et scientifiques sur le besoin, la conception et le dimensionnement, la réalisation, le matériel et les matériaux des joints des chaussées et plus généralement des ouvrages linéaires en béton de ciment.

Il s'adresse tout particulièrement aux entreprises, aux bureaux d'études, à la maîtrise d'œuvre et à la maîtrise d'ouvrage.

L'ouvrage « Les joints : règles de l'art et dispositions constructives », rappelle :

- les différents types d'ouvrages concernés,
- les différents types de chaussées en béton de ciment et leurs utilisations principales,
- les différentes sollicitations de ces ouvrages.

Il traite notamment de la nécessité de localiser les discontinuités induites par les retraits du béton, de la nécessité des joints de construction, de l'éventualité de joints dans les fondations de chaussées en béton, et de la conception et de l'exécution des joints et autres discontinuités des chaussées en béton à destination routière, aéroportuaire, zone de manutention et stockage portuaire, voie de tramway, et plus généralement tout ouvrage en béton linéaire coulé en place.

Enfin, cet ouvrage propose des solutions techniques pouvant être transposées en prescriptions contractuelles dans le cadre de consultations des entreprises ou des réponses de celles-ci.

Practical guide

Joints, best practices and structural arrangements for pavements and linear works in cement concrete

SUMMARY

The present guide gathers altogether the practical and scientific information about the requirements, the design and dimensioning, the realization, the equipment and material for the pavement joints and more generally for the linear works in cement concrete.

It is particularly aimed at construction firms, design departments, project managers and owners.

The book "Joints: best practices and structural arrangements" recaps :

- *the various types of works involved,*
- *the various types of cement concrete pavements and their main use cases,*
- *the various stresses of these works.*

It deals especially with the need to localize the discontinuities induced by withdrawals of concrete, the need for joints, the eventuality of joints in the foundations of concrete roadways, and of the design and realization of joints and other discontinuities of concrete pavements for roads, airport tracks, handling and storage port areas, tramway tracks and more generally to any linear cast-in-place concrete work.

Finally, this book proposes some technical solutions that can be transposed into contractual prescriptions in the scope of requests for proposals to enterprises or for responding those.



SPEcialistes de la **Ch**aussée
en **BE**ton et des **Am**énagements
Syndicat de spécialité de la FNTF