

SOULÈVEMENTS DE CHAUSSÉES EN BÉTON

INFRASTRUCTURE | AOÛT 2018

	(94)	f2	(J7)
--	------	----	------

BB/SfB

- DILATATION DU BÉTON
- DÉGRADATIONS DUES AUX SOULÈVEMENTS
- CAUSES, PRÉVENTION ET RÉPARATION





Mol, N71 (Photo : AWV)

L'homme et la nature ne sont pas les seuls à souffrir de longues périodes d'exposition aux températures extrêmes, il en va de même pour nos voiries, qu'il s'agisse de gel ou de fortes chaleurs. La presse attire d'ailleurs régulièrement notre attention sur des dégradations survenues à nos routes, qu'elles soient dues au froid ou aux fortes chaleurs. À cet égard, chaque type de revêtement connaît des problèmes spécifiques. Ainsi, les routes en asphalte sont surtout sujettes, l'hiver venu, aux « nids de poule », ces trous jalonnant le revêtement et, en été, aux déformations plastiques de la surface, caractérisées par la formation d'ornières. Les voiries en béton, quant à elles, sont réputées pour leur robustesse et le faible entretien qu'elles nécessitent. Elles sont rarement l'objet de dégâts importants dus à la formation de trous, de déformations ou encore d'affaissements prononcés. Insensibles à l'orniérage, elles ne posent donc pas de problème d'aquaplanage. Cependant, en période de chaleur prolongée, les revêtements en béton peuvent subir des dégâts importants dus au soulèvement de la chaussée.

Le soulèvement d'un revêtement en béton est un phénomène généralement soudain et inattendu. Il s'agit d'un problème local et les incidents sont relativement limités en nombre, mais ils sont toujours source, bien entendu, de gros embarras de circulation. En effet, un soulèvement de chaussée est dangereux pour les usagers de la route qui circulent à cet endroit. De surcroît, ces dégâts peuvent également entraîner des problèmes de circulation, jusqu'à la réparation provisoire ou définitive.

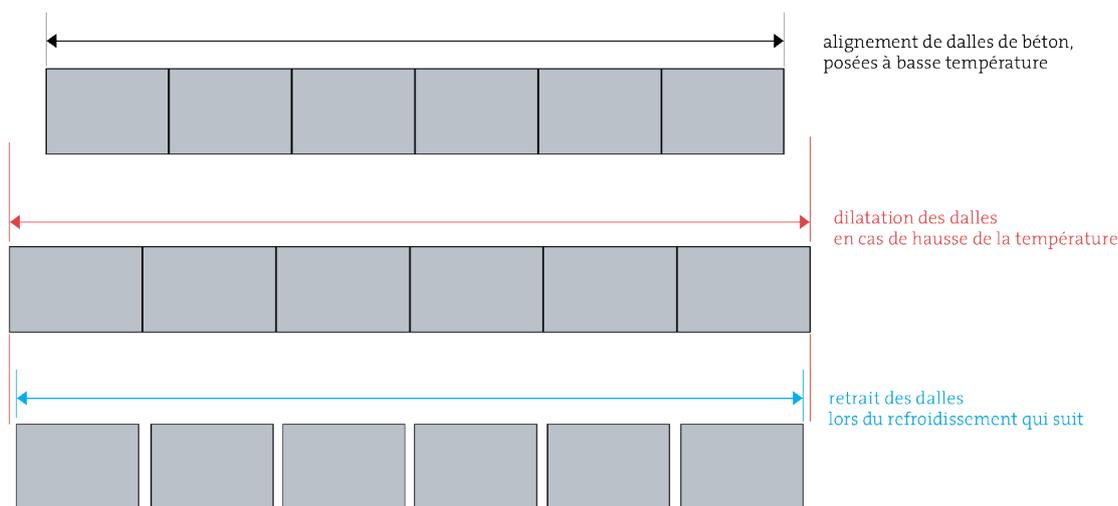
Pourquoi ces soulèvements se produisent-ils et comment les éviter ? Pour répondre à ces questions, il y a lieu de connaître le mode de conception et d'aménagement des voiries en béton, mais aussi d'identifier les paramètres jouant un rôle dans l'apparition de ce phénomène. La réparation rapide mais aussi qualitative de ces dégradations est également primordiale. La présente publication a pour but de clarifier ces différents aspects.

RETRAIT ET DILATATION DU BÉTON

L'une des caractéristiques du béton durci tient aux mouvements thermiques auxquels il est soumis, provoquant respectivement sa dilatation ou son retrait en cas d'élévation ou de diminution de la température. Le niveau de dilatation ou de retrait d'un matériau sous l'effet de la température est déterminé par le coefficient de dilatation thermique α . Pour le béton, la valeur α est de l'ordre de 10^{-5} m/m/°C. La formule traduisant la déformation libre est la suivante :

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

ou ΔL correspond à la variation de longueur de la dalle de béton ou de la succession de dalles de béton contiguës et ΔT au gradient thermique pris en considération. L correspond à la longueur variable de la dalle ou de la succession de dalles de béton. En effet, en cas de dilatation d'une longue succession de dalles, le déplacement ne se mesure qu'aux extrémités du revêtement, car dans la partie centrale, les contraintes s'opposent aux mouvements du revêtement. En effet, loin des extrémités, le poids propre des dalles et l'effet de frottement sur le support s'oppose aux mouvements de dilatation. Qu'est-ce que cela signifie concrètement ? Prenons une dalle de béton d'une longueur de 10 m, posée à une température de 10 °C. Au cours d'une chaude journée d'été, la température de la dalle peut facilement atteindre 40 °C. Avec un gradient de température $\Delta T=30$ °C, la dilatation thermique se calcule comme suit : 30 °C \times 10 m \times $10^{-5}/^{\circ}\text{C} = 3$ mm. En cas de dilatation, les dalles contiguës fonctionnent en « bloc », ce qui signifie que les déplacements s'accumulent. En cas de retrait, les dalles fonctionnent séparément, le revêtement ne revenant pas toujours à sa position initiale. À vrai dire, le calcul ne prend pas en considération le phénomène de frottement. Dans la pratique, on relève bien une action de frottement, voire même une adhérence entre la dalle de béton et son support.



Présentation schématique d'une série de dalles de béton posées à basse température, présentant dans un premier temps un phénomène de dilatation (« en bloc ») par suite de réchauffement puis un phénomène de retrait lors du refroidissement (séparément) (réf. 4).

Par ailleurs, le béton est soumis à d'autres formes de retrait liées à l'hydratation, à savoir le retrait hygrométrique ou plastique, intervenant le premier jour suivant le coulage du béton. Il existe également un retrait appelé de dessiccation du béton durci. Pour un calcul précis des divers mouvements observés dans un revêtement en béton, il est possible de faire appel à un expert qui prendra correctement en compte toutes les influences en présence.



N74, Hechtel – Overpelt, revêtement en dalles de béton (Photo : A. Nullens pour FEBELCEM)

PRINCIPE D'UN REVÊTEMENT EN BÉTON DISCONTINU (DALLES) ET D'UN BÉTON ARMÉ CONTINU (BAC)



Goujons placés dans un joint de dilatation transversal

Si un revêtement non armé était coulé sans joints, le béton se fissurerait de manière spontanée et aléatoire sous l'influence des différents phénomènes de retrait. Les fissures seraient alors non maîtrisées, largement ouvertes et présenteraient une distribution erratique, entraînant dès lors, sous l'effet de la circulation et des conditions climatiques, des infiltrations d'eau, un affaiblissement de la structure, des affaissements locaux ou généralisés et enfin, une dégradation complète du revêtement. Pour pallier à ces problèmes, deux concepts importants ont été développés dans le domaine de la construction des voiries en béton : les revêtements en dalles de béton et le béton armé continu.

Les revêtements en dalles de béton, ou revêtements discontinus, se caractérisent par des dalles de béton non armé, séparées par des joints transversaux de retrait. Ces derniers sont réalisés par la réalisation d'un trait de scie sur au moins $\frac{1}{3}$ de l'épaisseur de la dalle. En raison du retrait s'opérant au cours des premiers jours (retrait plastique et retrait thermique sous l'effet du refroidissement nocturne), le béton va se fissurer au droit des traits de scie. Les fissures vont donc nécessairement se localiser intentionnellement au niveau des joints et seront ainsi totalement maîtrisées. Par la suite, ces joints pourront être élargis dans leur partie supérieure, chanfreinés et scellés à l'aide d'une masse de scellement. Enfin, dans le cas de routes soumises à

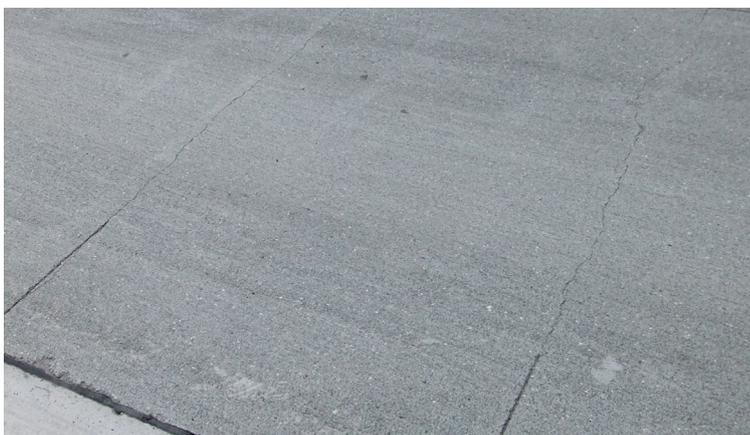
une grande densité de trafic lourd, des goujons, c'est-à-dire des barres métalliques lisses revêtues d'un coating, sont insérés dans les joints afin de transférer les charges verticales d'une dalle à l'autre, sans entraver le déplacement horizontal de ces dalles au droit des joints.

Le principe du béton armé continu (BAC) diffère fondamentalement de celui des revêtements en dalles de béton. En effet, le béton armé continu ne comporte pas de joints de retrait transversaux, son retrait est contrôlé par la présence d'une armature longitudinale dosée à raison de 0,75 % de la section de béton. Les seuls joints transversaux de ce type de revêtement sont les joints de construction au droit desquels le bétonnage est interrompu, généralement à la fin d'une production journalière. Un revêtement routier en BAC présente donc un réseau de fines fissures transversales dont l'évolution est contrôlée par l'armature longitudinale disposée dans le béton. Ces fissures doivent rester fermées et être réparties uniformément. À cet égard, les valeurs visées sont les suivantes : une ouverture maximale de 0,5 mm et une entre distance idéale comprise entre 0,8 et 3,0 m. Ces fissures ne sont pas perceptibles au passage de la circulation et de plus, l'armature continue assurera par ailleurs une bonne répartition des charges résultant du trafic lourd.



E40/A10, Affligem, BAC, vue du schéma de fissures erratique

S'agissant de mieux maîtriser le schéma de fissuration, la Belgique applique depuis 2012 le principe de l'amorce de fissuration active : des traits de scie courts sont exécutés sur le bord du revêtement en béton (longueur : 40 cm, profondeur : 4 cm, entre distance : 120 cm) afin d'y initier les fissures et d'en assurer une répartition plus homogène.

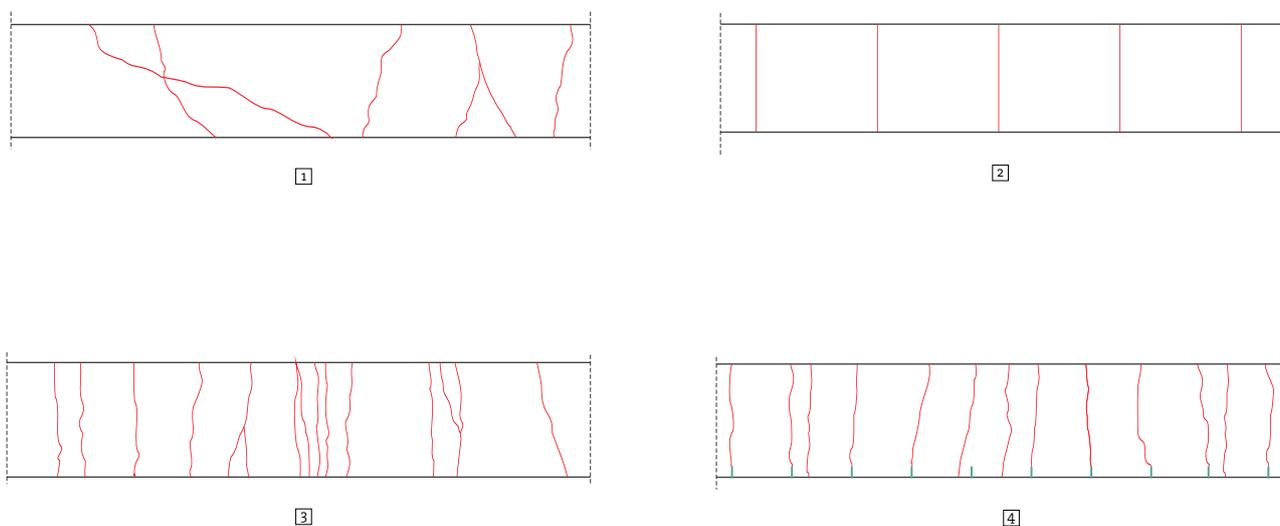


E313, Herentals : vue sur les fissures transversales depuis les traits de scie



E313, Herentals : réalisation des amorces de fissuration dans du BAC

La figure suivante présente un aperçu du schéma de fissuration en fonction des différents concepts évoqués.



Présentation schématique, de haut en bas :

1. Fissuration spontanée dans un revêtement en béton non armé, sans joints
2. Joints dans une dalle de béton
3. Schéma de fissuration erratique dans un BAC
4. Schéma de fissuration régulier dans un BAC avec amorces de fissurations actives

Tandis que le béton armé continu est généralement utilisé pour la construction des autoroutes et des routes à trafic élevé, les revêtements en dalles de béton se prêtent à toutes les applications possibles : autoroutes, routes principales et secondaires, chemins agricoles, voiries urbaines, pistes cyclables, places, passages, voies de bus, sites industriels, parkings, etc.



R1, Anvers, BAC

SOULÈVEMENTS DE VOIRIES EN BÉTON : CAUSES ET PARAMÈTRES D'INFLUENCE

Les hausses de température entraînent un allongement des dalles de béton, un effet auquel s'opposent le poids propre du béton et le frottement avec la couche sous-jacente.

La dilatation a pour effet de comprimer les joints ou les fissures, provoquant ainsi des contraintes en compression dans le béton.

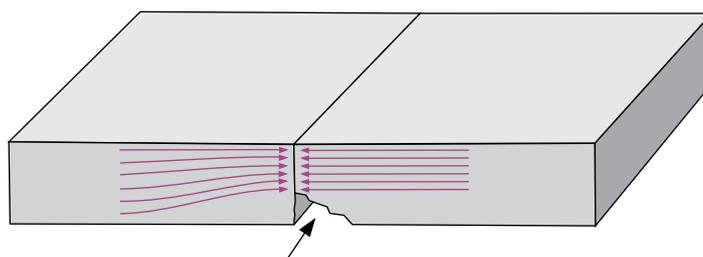
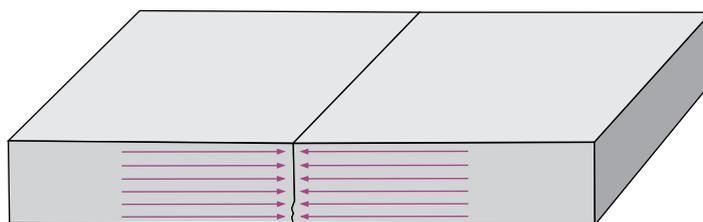
Cela ne pose pas de problème en soi, compte tenu de la très bonne résistance du béton à la compression. De plus, la dilatation induit un effet de précontrainte s'opposant aux contraintes de flexion et de traction, et est donc favorable à la durée de vie du revêtement.

Ces efforts de compression demandent cependant qu'au droit de tous les joints, des fissures, et des éventuels joints de reprise, le revêtement en béton présente une épaisseur et une qualité uniformes. Lorsque ce n'est pas le cas, des forces de compression excentrées peuvent se manifester, entraînant des concentrations de contraintes de nature à fragmenter le béton et susceptibles, in fine, de provoquer le flambage de la dalle de béton et son soulèvement. Il s'agit donc, en d'autres termes, de points faibles du revêtement en béton et qui sont à l'origine des dégradations.

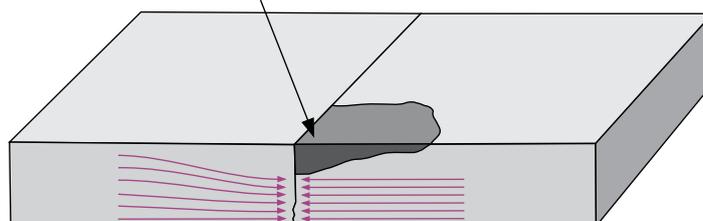
Généralement, les points faibles sont situés au niveau des joints de construction transversaux ou de points singuliers (chambres de visite, poteaux, etc). La plupart du temps, ils trouvent leur origine dans une mauvaise exécution. Par exemple, un compactage insuffisant du béton au droit du joint de construction transversal ou du joint de fin de journée. Il s'agit effectivement du premier ou du dernier béton coulé au cours de cette journée, en particulier, des premiers ou des derniers mètres à mettre en œuvre. Les revêtements routiers sont le plus souvent mis en œuvre au moyen de machines à coffrage glissant, équipées d'une série d'aiguilles vibrantes pouvant assurer un compactage puissant du béton. Cependant, il est difficile de bien compacter le béton à la machine dans la partie située juste contre le joint de construction. Aussi, il est absolument nécessaire de prévoir un compactage manuel supplémentaire dans les premiers et les derniers mètres du revêtement au moyen d'aiguilles vibrantes manuelles.

Des contraintes de compression excentrées peuvent également apparaître lors de réparations provisoires au moyen d'asphalte. Il peut s'agir de la réparation de coins de dalle ou de parties de dalles cassées, ou encore

au niveau de joints transversaux et/ou longitudinaux désagrégés. Des réparations au moyen d'asphalte, appliquées sur une largeur partielle de la dalle de béton et/ou sur une partie de son épaisseur, peuvent aussi entraîner des dégradations. L'asphalte subira alors une déformation plastique en cas de dilatation du revêtement, imposant dès lors au béton résiduel une reprise de forces de compression plus élevées, avec un risque accru de fragmentation ou de soulèvement.



cavité dans le revêtement ou béton mal compacté
effritement, ou éclatement faisant éventuellement l'objet d'une réparation (provisoire) au moyen d'asphalte (coulé)

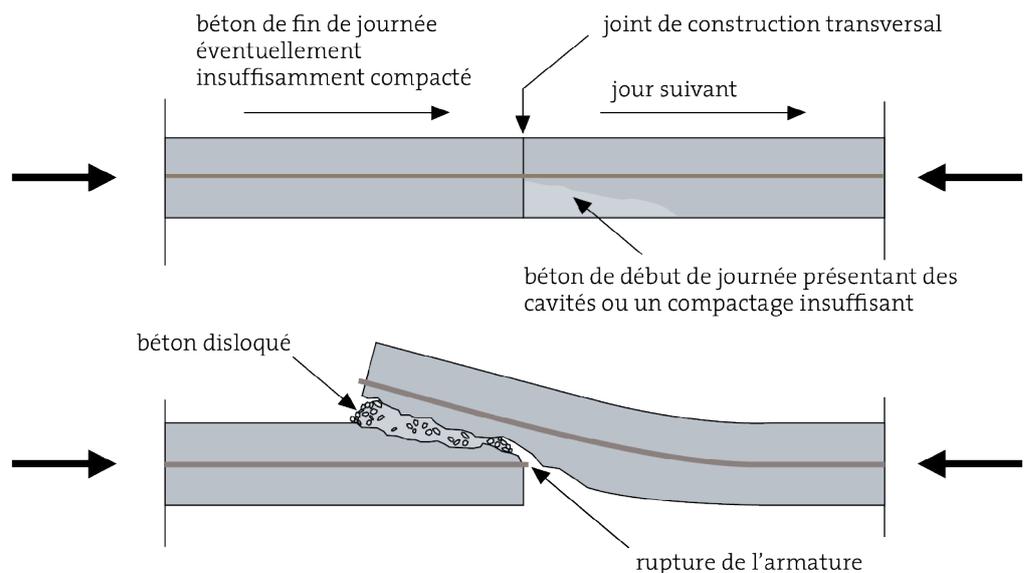


Présentation schématique des forces de compression homogènes ou excentrées exercées au droit d'un joint dans un revêtement en béton, par suite de la dilatation thermique du béton.

VOIRIES EN BÉTON ARMÉ CONTINU

Entre 1970 et 1980, plus de 500 km de nouvelles routes et autoroutes ont été réalisés en BAC et plus de 100 km de routes existantes ont reçu un nouveau revêtement en BAC. Dans les années 1980, divers soulèvements se sont produits au droit de joints de construction. Les chaleurs estivales des mois de juin 1986 et 1987 ont causé le plus de problèmes. Les dégâts ont alors fait l'objet d'un examen approfondi, conduisant le Ministère des Travaux publics de l'époque à diffuser plusieurs circulaires sur la détection et la réparation de ces dégâts des joints de fin de journée. Bien que les cas se soient comptés par dizaines, ils ne représentaient au total qu'un très faible pourcentage des quelques 5000 joints de construction présents à l'époque dans des revêtements en BAC.

De la fin des années 1980 au milieu des années 1990, l'utilisation du BAC dans la construction de routes régionales s'est raréfiée, avant un regain pour cette technique à partir de 1998 pour la rénovation de diverses autoroutes et routes régionales, notamment l'A8, l'A12 à hauteur de Meise, l'A10 à Grand-Bigard - Affligem, le R1 d'Anvers, l'A14 (tronçon Haasdonk-Waasmunster), l'A14 Gent-Kruishoutem, le contournement de Couvin, la N5 à Philippeville,... Depuis lors, plus aucun soulèvement ne s'est produit sur ces sections de routes, dont la plus ancienne est à présent en service depuis 20 ans déjà.



Mécanisme de soulèvement au droit d'un joint de construction transversal d'un béton armé continu. Les forces de compression horizontales sont reportées sur la couche supérieure du béton, donnant lieu à son écrasement et à sa fragmentation et, finalement, au soulèvement du revêtement routier (Réf. 1)



1987, E411, Courrière-Custinne, réparation d'un joint de fin de journée. Le béton caverneux et mal compacté est nettement visible d'un côté du joint.

PARAMÈTRES D'INFLUENCE

Un certain nombre de circonstances augmentent ou réduisent les risques de soulèvements :

- **Température lors de la mise en œuvre** : lorsque le béton est coulé en période estivale chaude, le risque de soulèvement ultérieur est moindre. En effet, le différentiel de température entre les températures maximales en périodes chaudes et la température lors du coulage du béton sera alors moindre qu'en cas d'aménagement de la route en période hivernale plus froide.
- **Période de l'année** : généralement, les soulèvements se produisent au cours de la période allant de fin avril à juillet. Il s'agit bien entendu d'une période présentant les risques les plus élevés de vagues de chaleur, mais qui se caractérise aussi par les journées les plus longues de l'année. La période de réchauffement du revêtement routier par les rayons du soleil y est donc plus longue, avec pour conséquence des températures plus élevées du revêtement routier et une dilatation accrue. De plus, en fin de printemps, les revêtements sont encore gorgés d'eau.
- **Période de la journée** : de manière caractéristique, les soulèvements ont souvent lieu en cours d'après-midi, généralement entre 15 et 18 heures, lorsque le soleil a eu largement le temps de réchauffer la surface.
- **Épaisseur du béton** : des revêtements de faible épaisseur sont plus sujets à des soulèvements. Les risques sont encore accrus dans le cas de revêtements posés en épaisseur variable et présentant localement des sous-épaisseurs importantes.
- **Usure/entretien** : le vieillissement du revêtement routier et/ou le manque d'entretien peuvent également contribuer au soulèvement des chaussées. Au fil des ans, des joints mal entretenus s'encrassent, a fortiori en périodes froides lorsqu'ils sont plus ouverts. Ce phénomène s'aggrave encore lorsque la masse de scellement du joint a disparu et n'est pas renouvelée. L'espace de mouvement au sein du joint est donc réduit, ce qui accroît le risque de soulèvement. Les contraintes de compression excentrées augmentent dès lors plus rapidement et sont d'autant plus élevées en périodes chaudes. En cas de BAC, les joints de construction transversaux ouverts après un premier hiver froid doivent faire l'objet d'un nouveau remplissage. En effet, les infiltrations d'eau et les sels de déverglaçage entraînent la corrosion de l'armature longitudinale. Si l'on y ajoute un béton fragile, détrempé par de l'eau salée, ce phénomène constitue encore un facteur de risque aggravant de soulèvement.
- **Influence d'un recouvrement en asphalte** : un revêtement en béton recouvert d'asphalte retrouve une apparence neuve. Même si les défauts du béton sont cachés, ils continuent à poser un risque potentiel. En effet, la surface noire de la couche de roulement en asphalte entraîne une absorption de chaleur accrue par le revêtement et donc une température du béton plus élevée, qui peut augmenter le risque de soulèvement.

QUELQUES EXEMPLES



Cette photo présente un joint de construction transversal pratiqué dans un chemin agricole aménagé en 2017. Le joint de construction est bien visible, compte tenu des deux phases de bétonnage distinctes et de la légère différence de coloration du béton. Il est également clair que la réalisation de ce joint de fin de journée a été négligée. La fin de la première phase comme le début de la deuxième laissent apparaître de grands vides indiquant un compactage insuffisant du béton. Le revêtement a été mis en œuvre à la machine à coffrage glissant, sans compactage manuel supplémentaire au moyen d'aiguilles vibrantes. Le joint n'a pas non plus été équipé de goujons. Il est dès lors probable que ces faiblesses du revêtement en béton entraînent un soulèvement. La réparation d'un tel défaut nécessite le remplacement du revêtement des deux côtés du joint sur 1 mètre, de sorte à pouvoir couler une nouvelle dalle de 2 m contre les faces latérales parfaitement sciées de manière rectiligne.



Ce chemin agricole situé à Herstelt présentait un léger soulèvement, entraînant par ailleurs la formation d'une fissure longitudinale à travers deux dalles contiguës. La dégradation s'est produite le 21 juin 2016 au cours de la 34^e année de service de cette route qui ne présentait guère d'autres dégâts. Dans ce cas de figure, un certain nombre de circonstances défavorables se sont combinées.

Les dégradations se sont manifestées au niveau d'un joint de fin de journée. Nous le savons grâce à la date marquée au début d'une production journalière.

La date nous apprend que le revêtement a été posé en décembre 1971, donc en hiver et peut-être dans des conditions relativement froides. Le soulèvement s'est produit au cours de la journée la plus chaude, mais aussi la plus longue de l'année, au cours de laquelle la surface en béton a fait l'objet d'un réchauffement maximum.

Les dégâts ont été réparés par le remplacement des dalles. Cette route, qui sert à la circulation locale et agricole, est toujours en bon état après 46 années de service.

L'aménagement de la route régionale N19 entre Westerlo et Herselt remonte vraisemblablement aux années 1940. En avril 2007, un soulèvement s'est produit au cours d'une période de temps chaud au printemps. À ce moment-là, la route avait déjà largement dépassé la durée de vie prévue à la conception. Elle n'était dès lors plus conforme aux exigences actuelles et présentait divers problèmes (différences de niveau au droit des joints, joints longitudinaux ouverts, dalles fissurées). Comme son remplacement était prévu, elle n'a plus guère été entretenue. Dans ce cas, il est clair qu'une dalle fissurée, réparée provisoirement au moyen d'asphalte coulé, a entraîné la formation de contraintes de compression excentrées trop élevées sur le reste de la dalle et, par conséquent, le soulèvement du revêtement. Les dégâts ont encore été réparés, dans l'attente de la réfection complète de la route régionale en 2012, après plus de 70 années de service.



Soulèvement de l'autoroute E314 à Aarschot le 22 juin 2017. Cette autoroute a été réalisée en BAC et totalement mise en service en 1982. À hauteur d'Aarschot, le revêtement en béton a été recouvert en 2010 par un béton bitumineux grenu à forte teneur en mastic (SMA). Les réparations nécessaires ont été réalisées au préalable, mais un certain nombre de joints de fin de journée se trouvaient dans un état encore moins bon, d'où un risque potentiel de soulèvement. La surface d'asphalte noir a encore renforcé ce risque en augmentant l'absorption de chaleur dans le revêtement.



N10 à Scherpenheuvel-Diest, 22 juillet 2017. Cette route régionale a été reconstruite en 1994 par l'application d'un revêtement en BAC de 18 cm d'épaisseur sur une ancienne route en dalles de béton revêtue d'une nouvelle couche intermédiaire en asphalte. L'épaisseur limitée de 18 cm a rendu ce BAC encore plus sensible au flambage que les revêtements en béton que nous connaissons aujourd'hui et présentant une épaisseur plus élevée. Ces deux soulèvements furent les seules dégradations à déplorer sur cette route en 23 ans.

SOULÈVEMENTS DE PISTES CYCLABLES

Les pistes cyclables en béton, et plus spécifiquement lorsqu'elles sont indépendantes de la voirie, constituent un cas particulier. Plus de la moitié des pistes cyclables belges sont en béton et ont déjà fait leurs preuves durant plus de 40 ans. Aujourd'hui encore, il est possible de réaliser des pistes cyclables en béton conformes à toutes les normes en matière de sécurité et de confort de roulement. De plus, le béton constitue le choix du matériau le plus durable.

Les pistes cyclables en béton sont, à quelques exceptions près, réalisées en dalles de béton. Les dalles présentent généralement une longueur de 4 m, une épaisseur standard de 16 cm et les joints de retrait transversaux sont limités à un mince trait de scie sans chanfrein ni scellement, afin de préserver le confort des cyclistes.



Une fissure est apparue après l'aménagement de cette piste cyclable à Perk, à environ 1 m d'un joint transversal. L'origine de la fissure a été identifiée sur le côté latéral du revêtement, tout juste mis en œuvre : un mauvais compactage localisé, probablement dû à une interruption de bétonnage. Ce défaut entraîne un risque potentiel de soulèvement ultérieur, le remplacement partiel de la dalle fissurée s'est imposé.



Souvent, des taques d'égout sont intégrées dans le revêtement de la piste cyclable, ce qui nuit au confort de circulation. Ces taques constituent de surcroît des points faibles entre les dalles de béton, entraînant un risque accru de soulèvement. Risque encore renforcé par l'épaisseur limitée du revêtement de la piste cyclable. Il convient dès lors de porter une attention particulière à la mise en œuvre d'un béton d'épaisseur et de qualité constantes sur l'ensemble du revêtement. Concernant ces taques d'égout, il est préférable de ne pas les placer en bord de joints mais bien au milieu d'une dalle de béton armé continu (treillis d'armature : diam. 10 mm x diam 10 mm x 150 mm x 150 mm). Bien entendu, l'idéal est encore de ne pas prévoir de taques d'égout dans un revêtement de piste cyclable.





Soulèvement d'une piste cyclable indépendante en juillet 2006 à Malines
(Photos : T. Bernaerts § F. Valckenborgh – Réf. 2)
Le problème se pose à hauteur de la chambre de visite, intégrée dans le revêtement. Éléments déterminants : la réduction d'épaisseur de la dalle de béton, et la compacité moindre du béton à cet endroit.



COMMENT PRÉVENIR LES SOULÈVEMENTS ?

Sur base des facteurs d'influence énumérés au chapitre précédent, il est possible de réduire drastiquement, voire d'éliminer tout risque de soulèvement. En particulier :

- Les routes aménagées au cours de périodes (estivales) plus chaudes se dilateront moins par la suite et se soulèveront donc moins vite. On admet par ailleurs que ce risque est limité à partir d'une température ambiante de 15 °C.
- Dans le cas de voiries en dalles de béton non goujonnées, mises en œuvre à une température ambiante inférieure à 15 °C, il est recommandé de prévoir un joint de dilatation à distance régulière (env. tous les 100 m), de sorte à pouvoir reprendre la dilatation accumulée entre les dalles de béton.
- Les joints de construction transversaux doivent également être réalisés avec le plus grand soin. Le béton doit être de bonne qualité et le compactage doit être optimal.
 - Pour les dalles de béton, il est possible de scier la dernière partie bétonnée, de l'éliminer et de reprendre le bétonnage de la section suivante. Le béton de fin de journée est donc d'emblée de bonne qualité. En principe, les joints de construction transversaux doivent être goujonnés, ce qui contribue à la résistance au soulèvement du revêtement.



Sciage de la dernière section de béton coulée d'une route en dalles de béton



Joint de construction transversal goujonné

- Dans le cas du béton armé continu, il convient d'éviter que le béton de fin de journée ne se répande de l'autre côté du joint. Pour ce faire, on placera une poutre en acier munie de plaquettes à insérer entre les armatures pour retenir le béton et assurer la verticalité du joint. En complément, si du béton venait à se déverser de l'autre côté du joint, des panneaux sont également placés sur l'armature, au-delà du joint, pour recueillir le béton excédentaire.



Joint de construction transversal en BAC (veiller à la verticalité du joint)



Panneaux sur le BAC, évitant l'arrivée de béton frais au-delà du joint de construction transversal.

- Les joints de construction transversaux peuvent même être évités lorsqu'il est possible de travailler sur de plus longues phases de bétonnage, en l'occurrence en continu, 24h/24, 7 jours/7. Dans ce cas, la durée du chantier est également réduite ce qui limite encore la gêne causée aux usagers de la route.



2003, A10, Grand-Bigard, bétonnage continu, jour et nuit

- Si les voiries en béton nécessitent peu d'entretien, il convient toutefois de l'effectuer correctement et dans les temps. Cet entretien concerne essentiellement le scellement des joints transversaux et longitudinaux.



Application d'une masse de scellement à chaud dans un joint longitudinal



Mol, N71, soulèvement au droit d'une réparation provisoire d'un joint de construction transversal au moyen d'asphalte (Photo : Agentschap Wegen en Verkeer)

- En présence de dégradations localisées (dalles cassées, fissures d'angle, punch-out en cas de béton armé continu...), il convient d'assurer au plus vite une réparation définitive. En effet, les réparations provisoires au moyen d'asphalte constituent des zones de faiblesses : plus compressibles que le béton contigu, elles entraînent en outre des concentrations de contrainte dans le béton résiduel.
- Il est possible de détecter d'éventuels joints de fin de journée fragiles à l'aide de techniques d'auscultation (géoradar, tomographe ultrasonique...). Ceci permet d'agir préventivement en périodes plus calmes, empêchant la survenue d'un soulèvement imprévisible.

RÉPARATION DE DÉGRADATIONS DUES AU SOULÈVEMENT

En cas de dégradations dues à un soulèvement du revêtement en béton, il convient toujours d'assurer une réparation sur toute la largeur de la bande de béton dégradée et sur toute l'épaisseur du revêtement. Les travaux consistent à démolir la zone endommagée sans abîmer davantage le béton adjacent, à procéder à une éventuelle réparation de la fondation et des joints avec le revêtement routier contigu et à bétonner la zone, de sorte que la nouvelle surface s'intègre parfaitement dans le profil existant.

Les modes de réparation font l'objet d'une description approfondie dans les trois cahiers des charges types :

- **BRUXELLES** : CCT 2015 – chapitre L - § 1.4 et 1.5 pour les dalles de béton ; pas de spécifications disponibles pour le BAC.
- **FLANDRE** : SB 250 – chapitre 12 - § 1.1 pour les dalles de béton et le BAC.
- **WALLONIE** : CCT QUALIROUTES – chapitre M - § 2.9 pour le BAC et § 2.10 pour les dalles de béton.

S'il s'avère nécessaire de remplacer la fondation de la zone à réparer, il est recommandé d'utiliser dans ce cas du béton sec compacté.

Il s'agit alors en principe de réparer de petites sections, le béton n'étant pas mis en œuvre à la machine à coffrages glissants mais bien coulé manuellement entre coffrages fixes. Dans ce cas, on utilisera une poutre vibrante, les bords faisant aussi l'objet d'un compactage manuel supplémentaire à l'aide d'aiguilles vibrantes.



Compactage à la double poutre vibrante et à l'aiguille vibrante sur les bords



Finition de surface par brossage transversal

Il est préférable de conférer à la zone réparée la même texture de surface que celle du revêtement routier adjacent. Le béton est protégé immédiatement contre la dessiccation à l'aide d'un produit de cure et d'une couche de protection isolante, de manière à favoriser le développement de la résistance mécanique en conservant dans le béton la chaleur d'hydratation libérée.

Il est souhaitable, voire même nécessaire, d'utiliser du béton à durcissement rapide (« ultra fast-track concrete paving »). Ce matériau permet ainsi d'ouvrir à la circulation la section de route réparée après 3 jours, voire même 24 heures après bétonnage. La mise en service du revêtement routier réparé intervient une fois que les lieux ont été replacés dans leur état initial (étanchéité des joints longitudinaux, nettoyage...) et dès que le béton atteint une résistance de 40 N/mm², cette valeur étant mesurée sur des carottes de 100 cm² (idéalement prélevées dans une dalle d'essais conservée à proximité du chantier) ou de 35 N/mm² sur des cubes d'essai en polystyrène expansé de 15 cm de côté (également conservés à proximité du chantier).

Ci-après, nous évoquons encore quelques points d'attention, respectivement pour les dalles de béton et le BAC.

DALLES DE BÉTON

- Dans le cas de voiries de conception moderne (dalles courtes), la zone à remplacer concernera de préférence la dalle toute entière. S'il s'agit de voiries de conception ancienne, la zone pourra se situer au milieu d'une longue dalle.
- Le remplacement doit être réalisé sur toute la largeur et sur toute l'épaisseur de la dalle de béton, sur une longueur minimale de 2 m. Par ailleurs, les parties restantes de la dalle doivent elles aussi présenter une longueur minimale de 2 m. Les parties de dalles à reconstruire sont rectangulaires.
- La partie à démolir est délimitée au moyen de 2 traits de scie. Les dalles sont alors sciées sur toute leur épaisseur et sur toute leur largeur. Les traits de scie sont par ailleurs bien perpendiculaires à la surface du revêtement routier.
- Les joints transversaux, goujonnés ou non, sont reconstitués à leur emplacement d'origine.
- Si la réparation intervient à basse température ambiante ($< 15\text{ °C}$), il est recommandé de réaliser l'un des deux joints de construction transversaux sous forme d'un joint de dilatation.
- Si un nouveau béton est réparé le long d'anciennes dalles séparées par un joint de construction longitudinal, il est conseillé de ne pas placer d'ancrages. On préviendra ainsi d'éventuelles dégradations secondaires résultant de contraintes différentes entre le béton neuf et le béton ancien de la bande de circulation adjacente.
- Si le revêtement en béton contigu comporte des joints et/ou des fissures ne correspondant pas aux joints de la zone réparée, il convient de prévoir un joint isolant entre les deux bétons visant à prévenir les fissures par sympathie. Pour ce faire, on peut enduire le côté du béton ancien d'une émulsion bitumineuse ou prévoir l'application intermédiaire d'une bande de mousse ou d'une membrane bitumineuse.



Réparation de dalles de béton - joint de retrait-flexion transversal goujonné en cours de placement sur une fondation en béton sec compacté

BÉTON ARMÉ CONTINU

La réparation d'un soulèvement au droit d'un joint de construction transversal doit être réalisée sur au moins 1 m de part et d'autre du joint. Les limites de la zone à réparer, toujours de forme rectangulaire, se situent de préférence à minimum 1 m de la fissure transversale suivante.

Si plus d'une bande de circulation présente des défauts, il convient de procéder par phases successives. Il s'agit alors de réparer une bande à la fois, de sorte à assurer le transfert progressif des contraintes de la structure en béton armé. Dans le cas d'une route à 3 bandes de circulation, il est parfois possible de travailler sur 2 bandes simultanément.

Pour une réparation de béton armé continu, il est crucial d'assurer la continuité de l'armature longitudinale. Deux méthodes sont possibles :

1. Forage et ancrage de nouvelles barres d'armatures ;
2. Dégagement de l'armature existante.

Certes plus fastidieuse, la deuxième méthode offre toutefois la meilleure chance de réussite. Cependant, elle ne peut pas être appliquée lorsque la fondation doit être remplacée.

Méthode 1 : Forage et ancrage de nouvelles barres d'armatures

Suivant cette méthode, la dalle est sciée sur toute son épaisseur. Les traits de scie sont réalisés verticalement et perpendiculairement à l'axe de la route. La zone ainsi délimitée est démolie suivant une méthode adaptée pour que les zones adjacentes du revêtement routier ne soient pas endommagées.

Des trous sont ensuite réalisés par forage au diamant dans les nouveaux joints transversaux. En effet, un forage pneumatique comporte le risque qu'une fissure horizontale se développe ou se poursuive au droit de la surface d'armature du BAC. Les trous, d'un diamètre supérieur de max. 6 mm à celui des barres, sont forés parallèlement à la surface et à l'axe du revêtement routier jusqu'à une profondeur de 40 cm, au droit et à proximité immédiate des armatures longitudinales présentes. Les nouvelles armatures sont ancrées chimiquement dans les trous ainsi forés. Le recouvrement entre les nouvelles barres longitudinales doit être de minimum 80 cm. Les barres sont ligaturées en au moins 2 points.

Le niveau des armatures est maintenu au moyen d'une ou plusieurs barres transversales d'au moins 12 mm de diamètre, placées perpendiculairement à l'axe de la route sur des étriers de dimensions et de hauteur appropriées. La distance maximum entre les barres d'armatures transversales ou entre une barre d'armature et le côté du trait de scie du béton est de 75 cm.

Méthode 2 : Dégagement de l'armature existante

Une fois la zone à réparer délimitée, le béton est scié sur toute son épaisseur (armatures comprises). Les traits de scie sont perpendiculaires à la surface du revêtement. Ensuite, deux traits de scie supplémentaires sont réalisés à au moins 1 m au-delà des deux premiers traits de scie et à une profondeur de 4 à 7 cm, en fonction de la position des armatures longitudinales, afin de ne pas les endommager.

Cette technique permet de dégager les armatures existantes par démolition du béton à l'aide de marteaux-piqueurs pneumatiques, sans les endommager ni les plier. Le long des bords de la zone à réparer, le béton est débité verticalement sous le trait de scie. Les nouvelles armatures sont reliées aux armatures existantes à l'aide de fil de ligatures.



Section à réparer au moyen de traits de scie réalisés à mi-hauteur et sur la hauteur totale



Démolition manuelle dans la zone où l'armature est à conserver

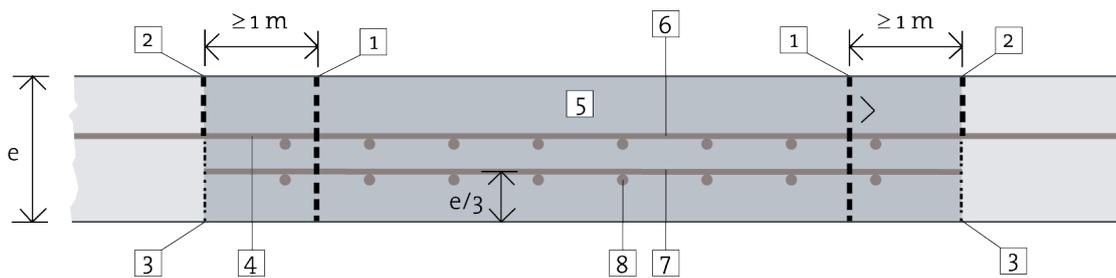


Recouvrement de l'armature dégagée et de la nouvelle armature. Le bord du béton dégagé est bien droit et propre sous l'armature existante.

Les nouvelles barres d'armatures ont un diamètre au moins équivalent à celui des armatures longitudinales existantes.

Lorsque les barres d'armatures existantes sont conservées sur une longueur de 1 m, il convient de ligaturer les nouvelles armatures en minimum deux points et sur une longueur d'au moins 80 cm. Ces armatures ne peuvent en aucun cas être soudées les unes aux autres.

S'agissant de renforcer la liaison du nouveau béton avec l'ancien, il est conseillé de doubler l'armature longitudinale par la pose de nouvelles barres ou d'un treillis d'armature dans le tiers inférieur du revêtement.



- 1 trait de scie sur toute l'épaisseur du béton
- 2 trait de scie sur faible profondeur
- 3 démolition bien droite sous l'armature
- 4 armature existante décapée sur une longueur ≥ 1 m
- 5 béton démoli
- 6 nouvelle armature ligaturée sur 1 m à l'armature existante
- 7 armature longitudinale supplémentaire au tiers inférieur du revêtement
- 8 armature transversale

Réparation de béton armé continu par dégageage de l'armature existante

Pour les deux méthodes

La mise en œuvre d'un béton à prise rapide doit être réalisée en matinée et au plus tard avant 10 ou 11 heures. En effet, pour le 1er retrait du béton armé continu, après l'exécution de la réparation (soit au 1er refroidissement de la température ambiante, à savoir la 1^{ère} nuit), la résistance à la traction du béton doit être suffisante pour pouvoir reprendre les efforts de traction et pour éviter le décollement de l'armature et l'ouverture du nouveau joint. En cas de bétonnage matinal, le béton à prise rapide a alors plusieurs heures pour atteindre sa résistance. Selon les estimations, la résistance à la compression d'un béton âgé de 10 heures doit approcher les 20 N/mm².

Si la réparation doit intervenir en période de forte chaleur (> 30 °C), il est conseillé de refroidir le béton adjacent des deux côtés en l'arrosant sur une longueur de 50 m, de manière à limiter les efforts de compression longitudinaux. D'autres possibilités consistent à recouvrir ces 50 m de part et d'autre d'une couche de sable humide ou d'un film réflecteur de chaleur (polyéthylène argenté).



Application de panneaux isolants sur une réparation en béton en vue de conserver la chaleur d'hydratation et d'assurer un durcissement plus rapide

Ce bulletin est publié par

FEBELCEM

Fédération de l'Industrie Cimentière Belge

Bld du Souverain 68 bte11 - 1170 Bruxelles

tél. 02 645 52 11

www.febelcem.be

info@febelcem.be

Auteur : Ir L. Rens, FEBELCEM

Photos : FEBELCEM, sauf mention contraire

Dépôt légal :

D/2017/0280/06

Éd. resp. : A. Jasienski

infobeton.be

BIBLIOGRAPHIE

1. VERHOEVEN K., Le comportement du béton armé continu. CRIC, Bruxelles, 1992
2. BERNAERTS T. ; VALKENBORGH F., Gedrag van betonverhardingen onder invloed van temperatuursvariaties. KULeuven, Campus DE NAYER, Sint-Katelijne-Waver, 2007
3. PLOYAERT C., Herstelling en onderhoud van cementbetonwegen. FEBELCEM, Bruxelles, 2007
4. VILLARET S.; RIWE A., Berücksichtigung des Längsdehnungsverhalten von Betonfahrbahndecken Forschungskolloquium Betonstraßenbau, Dresde, 2014.
5. RENS L., Voiries et revêtements extérieurs en dalles de béton. FEBELCEM, Bruxelles, 2015

