LES GIRATOIRES EN BETON ARME CONTINU

Conception - Mise en oeuvre

En Belgique, comme dans de nombreux pays européens, la gestion du trafic aux carrefours importants est de plus en plus souvent organisée par des giratoires prioritaires, plus sûrs et plus fluides.

Les revêtements y sont particulièrement sollicités, tant par les efforts résultant de la force centrifuge que par la surcharge apportée par les roues extérieures suite au déversement latéral des véhicules.

Après un rappel des sollicitations que subissent les revêtements des giratoires soumis à trafic lourd, ce bulletin présente quatre réalisations en béton armé continu.

DOSSIER CIMENT

13 août 1997

giratoire

revêtement de route béton armé continu

(94) Ef

BBSfB



LES SOLUTIONS EN BETON ADOPTEES POUR LES GIRATOIRES

Les revêtements de pavés en béton

Depuis plusieurs années, les pavés en béton ont trouvé droit de cité dans le cadre d'aménagements urbains. Ils sont principalement présents en agglomération, là où la vitesse des véhicules est réduite et où l'espace public a été redistribué entre les différentes catégories d'usagers. Les possibilités d'aménagement se sont multipliées par le jeu des couleurs, des formes et des textures variées. Le dimensionnement adéquat des structures ainsi que la mise au point de techniques de pose appropriées ont contribué au développement de ce type de revêtement. Les pavés en béton sont également largement employés en zones de stationnement ou sur des aires industrielles, de même que pour la réalisation de plateaux surélevés, de casses-vitesse et pour des aménagements de sécurité en tout genre. Le jeu des couleurs proposé permet de rompre la monotonie des revêtements et de signaler ces obstacles aux usagers.



Giratoire réalisé entièrement en pavés de béton.

En ce qui concerne les giratoires proprement dits, de nombreux exemples réalisés en pavés de béton existent en Belgique. Ils sont régulièrement présentés dans le bimensuel du béton préfabriqué «Béton» édité par la Fédération de l'Industrie du Béton, la FeBe. Ces applications concernent toutefois le plus souvent les giratoires établis sur des carrefours peu sollicités par le trafic lourd.

Les pavés en béton sont souvent utilisés pour la réalisation des zones centrales semi-franchissables des giratoires situés hors agglomération.

A l'étranger également, que ce soit en France ou en Grande-Bretagne, les pavés en béton sont utilisés couramment dans les villes; ils sont notamment employés comme revêtement de la partie centrale des giratoires. Les Hollandais utilisent depuis de nombreuses années des briques en terre cuite et des pavés en béton comme revêtements de chaussées et de giratoires. Ils ne sont toutefois pratiquement jamais mis en œuvre sur les grands axes.

Les revêtements en béton non armé et en béton armé continu

Deux raisons particulières justifient le choix d'un revêtement en béton pour les giratoires, à savoir:

- la suppression du risque de déformations suite aux sollicitations dues aux véhicules lourds se déplaçant à allure modérée;
- l'élimination des phénomènes de glissement de la couche de roulement dus aux sollicitations de la force centrifuge.

Par ailleurs la teinte claire du revêtement permet une bonne perception du giratoire par les conducteurs.

Lors de la conception d'un giratoire en dalles de béton, une attention

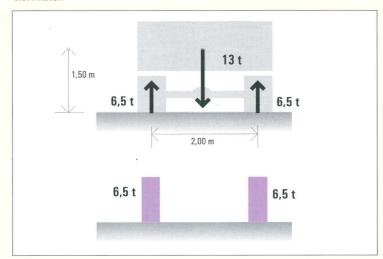
LES SOLLICITATIONS PROPRES AUX GIRATOIRES

Surcharges sur les roues extérieures et efforts résultant de la force centrifuge

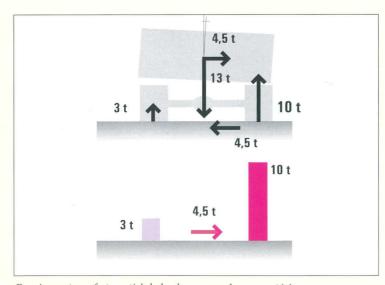
Dans des conditions de circulation normales et sur une surface horizontale, un essieu de 13 tonnes se déplaçant en ligne droite répartit également la charge sur ses deux roues: 6,5 tonnes pour chacune d'elles. (voir figure)

Dans le cas d'un giratoire, comme dans celui d'un virage, la force centrifuge entraîne un transfert de charge dynamique entre les roues d'un même essieu: la roue de gauche, intérieure au virage est déchargée, tandis que la roue de droite, extérieure, subit une surcharge correspondante. Sans atteindre le renversement du véhicule, on peut estimer que ce transfert de charge déplace environ 3,5 tonnes de la roue intérieure vers la roue extérieure.

Dans ce cas, la force centrifuge exerce une sollicitation horizontale et radiale élevée, de 4,5 tonnes environ. Il en résulte un effort radial au contact pneumatique-revêtement qui se traduit par une tendance au glissement du revêtement, d'autant plus grande que celui-ci peut se déformer.



En alignement droit: répartition uniforme de la charge sur les deux roues.



En virage: transfert partiel de la charge vers la roue extérieure.

La relation rayon-vitesse

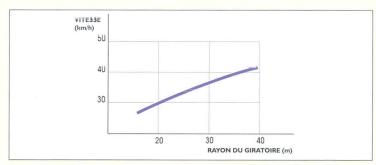
A niveau de sécurité identique, plus le rayon d'un giratoire est grand, plus la vitesse de circulation sur celui-ci peut y être élevée.

Tout en conservant des hypothèses de sécurité satisfaisantes, une augmentation du rayon de 20 à 40 mètres autorise un accroissement de la vitesse de 30 à 42 km/h.

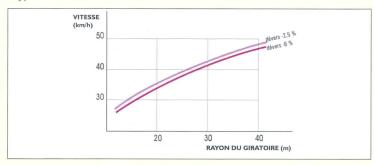
Dans la conception des giratoires, le dévers de la chaussée est habituellement inversé pour plusieurs raisons:

- faciliter l'entrée et la sortie des véhicules,
- permettre une meilleure visualisation du giratoire, lors de son approche,
- assurer l'écoulement des eaux vers l'extérieur.

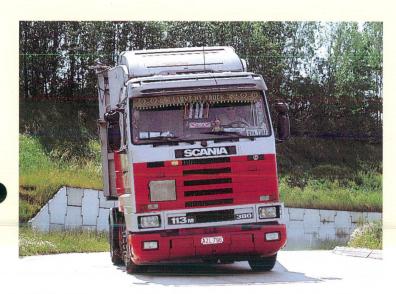
Dans l'hypothèse limite, soit du déversement, soit du dérapage du véhicule, il est constaté, pour un dévers inverse de 2,5 % ou de 6 %, que la relation rayon-vitesse est très peu influencée par cet différence de pente.



Relation entre le rayon du giratoire et la vitesse de déplacement du véhicule (hypothèse de sécurité).



Influence du dévers inverse sur la relation rayon-vitesse (hypothèse limite).



Importance de l'effet de bord

Dans le cas des revêtements rigides, lorsque la charge est proche du bord de la chaussée, les calculs de dimensionnement montrent que l'évolution des contraintes y est significative.

Le diagramme suivant présente la variation des contraintes en bord de dalle lorsqu'une charge se déplace transversalement de ce bord vers le centre de la dalle. La charge est schématisée par un carré de 25 cm de côté.

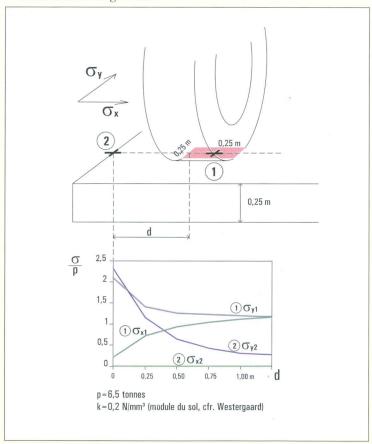
On constate que la contrainte dans le sens longitudinal en bord de dalle (σ_y en @) est maximale lorsque la charge se trouve au bord. Dès que celle-ci s'en éloigne, σ_{y2} diminue rapidement. A 50 cm du bord, elle est déjà plus de trois fois plus faible.

 $\sigma_{_{\!x}}$ et $\sigma_{_{\!y}}$ en $\bar{\mathbb{O}}$ sont les contraintes dans la dalle au bord gauche de la charge, lorsque celle-ci se déplace.

En alignement droit, l'effet de bord peut-être totalement évité en donnant au revêtement une surlargeur d'au moins un mètre.

Dans le cas des giratoires, deux aspects particuliers doivent être pris en considération dans les calculs de dimensionnement:

- la surcharge sur la roue extérieure, décrite auparavant, qui accroît encore l'importance de l'effet de bord au cas où le véhicule circule le long du bord extérieur du revêtement,
- la sollicitation répétée du bord du revêtement aux entrées et aux sorties du giratoire.



Evolution des contraintes au bord d'un revêtement rigide.

particulière doit être portée sur la position des joints de retrait et des joints de construction. En effet, des dalles trop grandes ou présentant des angles aigus peuvent rapidement conduire à des fissures erratiques non désirées. L'auteur de projet dessinera donc soigneusement l'emplacement de tous les joints lors de l'élaboration du projet de l'ouvrage. Lorsque le giratoire est appelé à supporter un trafic plus important, les joints seront bien sûr goujonnés. Là aussi, le positionnement des goujons lors de la mise en oeuvre du béton est fondamental pour éviter le blocage des joints.



Giratoire réalisé en dalles de béton et destiné à supporter un trafic lourd.

Le béton armé continu permet, quant à lui:

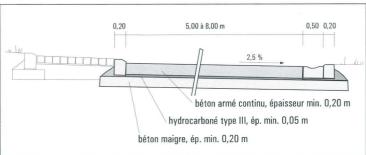
- par la présence des armatures transversales, de reprendre la poussée au vide due aux efforts radiaux,
- par la présence des armatures longitudinales continues, de supprimer les joints de retrait classiques nécessaires dans des revêtements en béton non armé et donc d'éviter les charges en coin de dalle.

Les effets de bord restent toutefois importants dans le cas des giratoires, et le dimensionnement de la structure et des armatures devra tenir compte de ces sollicitations particulièrement élevées.

LES REALISATIONS EN BETON ARME CONTINU

Dans la région des carrières du Tournaisis, où le trafic lourd est très intense, plusieurs réalisations ont vu le jour depuis quelques années.

Le profil en travers type retenu pour ces différents giratoires est repris ci-après.



Profil en travers type.

L'armature longitudinale suit la courbure des giratoires. L'armature transversale est placée de telle façon que l'entraxe des barres, mesuré à un tiers du bord extérieur de la dalle, soit égal à 70 cm. Les armatures transversales sont de plus inclinées de 60° par rapport aux armatures longitudinales afin d'éviter que les fissures transversales de retrait ne coïncident avec les armatures transversales.

Les voies d'approche doivent, dans la mesure du possible, être également réalisées en béton pour limiter les effets de bord aux entrées et sorties du giratoire. Afin d'assurer un bon transfert de charge entre le giratoire et les voies d'approche, il est nécessaire de prévoir au moins une barre de 16 mm de diamètre tous les 30 cm à cet endroit.

GAURAIN-RAMECROIX

Le premier giratoire en béton armé continu a été réalisé en mai 1995, à l'extrémité de la N 52, au croisement des accès aux carrières CCB et à un zoning industriel important.

(voir également la photo en dernière page)

Le diamètre intérieur du giratoire est de 70 m. Le revêtement en béton armé continu de 20 cm d'épaisseur est posé sur une fondation en béton maigre recouvert de 4 cm d'enrobés denses type IIIC.

Les armatures longitudinales, de 16 mm de diamètre, sont posées tous les 15 cm sur des armatures transversales de type Oblifor, de 14 mm de diamètre, disposées tous les 70 cm.

Le béton a été mis en œuvre en 8 mètres de largeur, entre coffrages fixes, et la vibration a été assurée par quatre aiguilles vibrantes et une poutre vibrante.

Les coffrages étaient constitués:

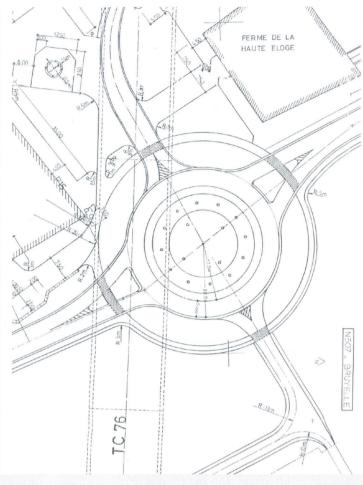
- à l'anneau central, de bordures préfabriquées en béton,
- à l'anneau extérieur, de madriers en bois de 1 m de long rabotés à 20,5 cm de hauteur et contrebutés au sable stabilisé. Aux endroits nécessaires, les ancrages latéraux étaient posés au travers des madriers, dans des trous prévus à cet effet.

Le béton répond aux prescriptions du CCT W10, et sa composition, pour 1 m³, est la suivante:

- des granulats de porphyre à raison de 250 kg de 2/7, 450 kg de 7/20 et 680 kg de 20/32,
- 530 kg de sable du Rhin 0/5,
- 375 kg de ciment CEM III/A 42,5 LA,
- un plastifiant,
- et 160 l d'eau.

Le traitement de surface a consisté en un simple brossage transversal. Immédiatement après le béton a été protégé contre la dessiccation par un produit de cure à raison de minimum $250~{\rm g/m^2}$.





BRUYELLE

Ce giratoire se trouve sur la N507 Tournai-Valenciennes, au dessus de la tranchée couverte TC76 du TGV. Il a été bétonné le 31 octobre 1995.

Le diamètre intérieur du giratoire est de 35 m. Le revêtement en béton armé continu de 20 cm d'épaisseur est posé directement sur une fondation en béton maigre. L'armature prévue est semblable à celle de Gaurain-Ramecroix.

La mise en oeuvre a été réalisée sur une largeur de 5 m, entre *coffrages glissants*. Le bétonnage s'étant déroulé en un jour, la machine a été relevée sur des madriers en fin de journée pour être nettoyée. Lors de cette opération, des protections ont été prévues sur le revêtement afin de ne pas dégrader le jeune béton.

Les ancrages aux raccordements des voiries sont constitués de barres de 12 mm de diamètre disposées tous les 50 cm.

Le béton répond aux prescriptions du CCT W10 et sa composition est proche de celle utilisée à Gaurain-Ramecroix.

Le traitement de surface a consisté en un simple brossage transversal, suivi de la pulvérisation du produit de cure.

Au centre du giratoire, se dressent trois stèles en voiles de béton revêtues de céramiques dédiées à la jeunesse. Elles sont l'œuvre de l'artiste *Dubrunfaut*. (voir également photo en couverture)





MOUSCRON

Ce giratoire se trouve sur la N58 au droit du *carrefour du Chêne du Bus*. Il a été exécuté en deux jours: les 30 avril et 5 septembre 1996.

La mise en œuvre a été réalisée en une largeur de 8 m à l'aide d'une machine à *coffrages glissants*.

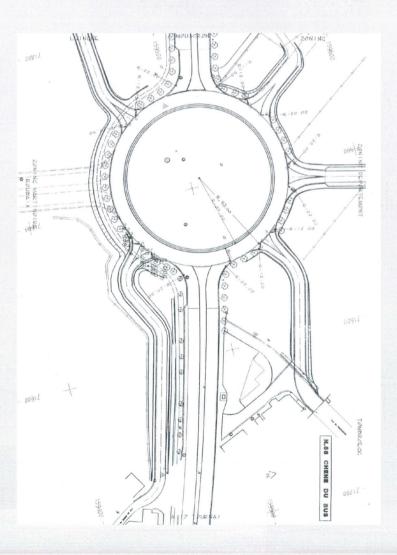
La composition du béton est la suivante:

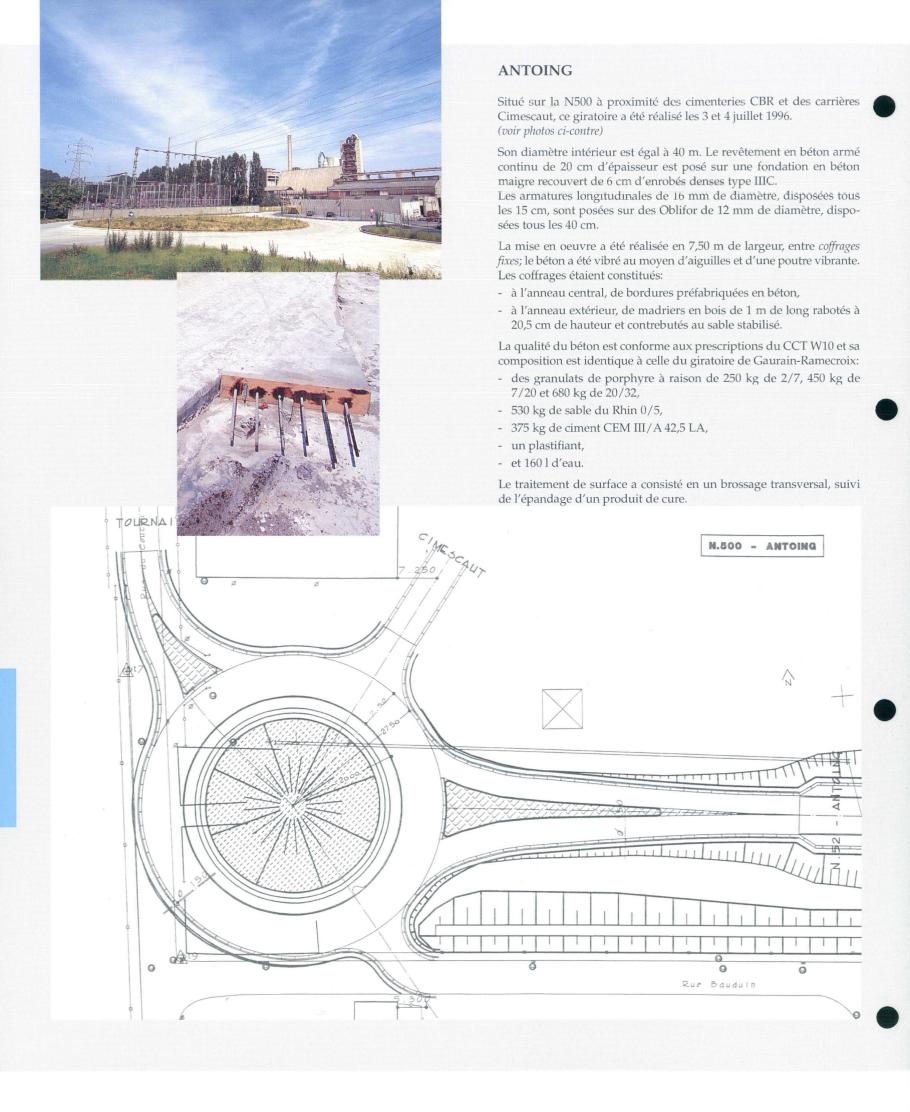
- des granulats de porphyre à raison de 292 kg de 2/7, 493 kg de 7/20 et 456 kg de 20/32,
- 563 kg de sable du Rhin 0/5,
- 400 kg de ciment CEM III/A 42,5 LA,
- un plastifiant,
- et 170 l d'eau.

Le traitement de surface a consisté en un dénudage chimique.

Les raccordements ont été réalisés entre coffrages fixes constitués:

- à l'anneau central, de bordures préfabriquées en béton,
- à l'anneau extérieur, de filets d'eau en béton préfabriqués.













photos de chantier: FEBELCEM



ce bulletin est publié par : HEBELÜEM - Fédération de l'Industrie Cimentière Belge rue Volta 8 - 1050 Bruxelles tél (0?) 645 52 11 fay (0?) 640 06 70 www.febelcem.be

auteur · Ir A. Jasienski

photos : M.Gronemberger sauf mention contraire

éditeur responsable . J.P. Jacobs

dépôt légal : D/2003/0280/11 (réimpression, novembre 2003)



RECOMMANDATIONS ET CONCLUSIONS

Les sollicitations engendrées par le trafic lourd dans les giratoires sont très élevées et nécessitent un dimensionnement adéquat du revêtement en béton armé continu. Les calculs de vérification ont permis de redéfinir la section des armatures longitudinales et transversales nécessaires ainsi que les épaisseurs des structures.

Par ailleurs, une analyse du comportement à la fissuration des revêtements des giratoires de Gaurain-Ramecroix et de Bruyelle a été réalisée afin de vérifier les hypothèses de calcul choisies. Sans entrer dans le détail, cette étude a démontré que les revêtements dans les giratoires se comportent exactement de la même manière, en ce qui concerne la fissuration, que des revêtements en béton armé continu réalisés en alignement droit. Le nombre de fissures relevé sur le bord intérieur est identique à celui relevé sur le bord extérieur. L'espacement des fissures y est naturellement plus faible. L'examen de l'ouverture des fissures et de leur espacement permet donc d'observer que l'adhérence du revêtement sur son support conditionne favorablement le comportement du béton armé continu.

En conclusion, lorsque le charroi est lourd et intense, comme sur les routes régionales, le profil en travers-type proposé comporte:

- une sous-fondation de 30 cm d'épaisseur, à définir en fonction de la nature et de la portance du sol en place
- une fondation en béton maigre de minimum 20 cm. En bord de dalle, cette épaisseur peut être portée à 30 cm sur le dernier mètre. L'épaisseur sera détermineé en fonction de critères de performance, tant sur le plan qualitatif, qu'en matière de facilité et de rapidité d'exécution.
- une couche de liaison en enrobés bitumineux dense type III de 5 cm d'épaisseur
- un revêtement en béton armé continu de 23 ou 25 cm d'épaisseur

Le dimensionnement d'un giratoire sera toujours adapté aux circonstances locales.

Il y a lieu de préciser que la texture de surface peut aisément être adaptée aux caractéristiques urbanistiques des lieux traversés, par le choix du traitement de surface et par l'utilisation éventuelle de pigments colorés.

Ce bulletin a été réalisé avec la participation de M. B. Van Mol, Ingénieur principal et M. R. Dumont, Ingénieur principal - chef de service (Direction des Routes de Mons du M.E.T.)