

LES GIRATOIRES EN BÉTON

INFRASTRUCTURE | OCTOBRE 2011

	(94)	Ef2	
--	------	-----	--

BBSfB

- CONCEPTION
- ARMATURES
- MISE EN ŒUVRE





En Belgique, comme dans de nombreux pays européens, la gestion des carrefours est de plus en plus souvent organisée par des giratoires prioritaires, plus sûrs et plus fluides. En cas de trafic lourd et dense, 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. Les conséquences de ces sollicitations sont : un ornierage sur des revêtements bitumineux, un glissement de la couche de roulement, un arrachement des granulats en surface, voire même, un faïençage par défaut de portance de la chaussée au droit du passage des roues extérieures des véhicules.

Au vu de ces constatations, le choix d'un revêtement en béton se justifie pleinement. La construction de giratoires peut être envisagée en dalles de béton (non armé) ou en béton armé continu. Ce bulletin présente les particularités de conception et d'exécution d'un giratoire en béton et en particulier en béton armé continu. Les premiers giratoires en béton armé continu ont été construits, en Belgique, en 1995 et ceux-ci présentent toujours un très bon comportement. Depuis, de nombreux giratoires en béton armé continu ont été construits en Belgique et à l'étranger, notamment en France et aux Pays-Bas. Il s'agit donc d'une technique éprouvée et qui mérite d'être appliquée à plus grande échelle.

1. INTRODUCTION

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

- la suppression du risque d'orniérage 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 appliquée par les véhicules ;
- la possibilité de réaliser de manière simple et économique un filet d'eau intégré au revêtement. Seul le béton autorise l'intégration de l'élément linéaire ; le monolithisme de la structure ainsi obtenue évite toute dégradation ou déchaussement des éléments ;
- une adhérence de surface pérenne et par tous les temps grâce aux performances mécaniques des granulats et du béton utilisés et aux différentes techniques de traitement de surface du béton disponibles (béton dénudé par exemple) ;
- une surface de couleur claire possédant des caractéristiques adéquates en matière de luminosité. Cet avantage se concrétise de jour comme de nuit. Le jour, la clarté de la couche de roulement en béton crée une alerte visuelle, en particulier en rompant la monotonie des structures classiques. La nuit, le carrefour est visible à une très grande distance, ce qui augmente la sécurité ;
- le faible entretien qu'un revêtement en béton nécessite. Les carrefours étant des nœuds stratégiques pour l'écoulement du trafic, toute solution réduisant au strict minimum les opérations d'entretien et leur fréquence se justifie d'autant plus. La permanence du trafic routier est ainsi assurée et la gêne aux usagers minimisée.

Lors de la conception d'un giratoire en dalles de béton, une attention particulière doit être portée sur la position des joints de retrait et de construction. En effet, des dalles trop grandes ou présentant des angles aigus prononcés 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 important, les joints seront bien sûr goujonnés. Là aussi, le positionnement des goujons lors de la mise en œuvre du béton est fondamental pour éviter le blocage des joints. 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. Le dimensionnement de la structure et des armatures devra en tenir compte. Une solution peut consister en une surépaisseur de la fondation en béton maigre sur la partie extérieure du giratoire (sur une largeur d'au minimum 1,5 m) qui permet de renforcer la structure de la chaussée dans sa zone la plus sollicitée.

La figure 1 donne un exemple de profil en travers type. L'épaisseur du revêtement en béton est d'au minimum 20 cm mais dans le cas d'un trafic lourd important, elle peut monter à 25 cm.

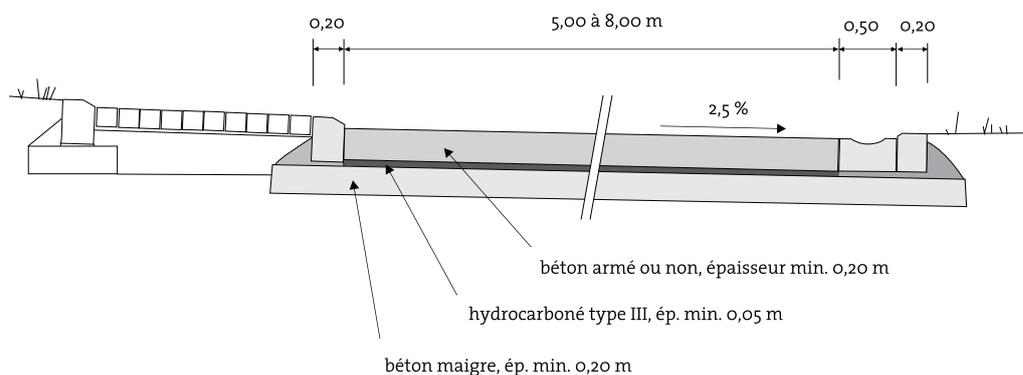


Figure 1 -
Exemple de profil
en travers type

En virage, la charge des véhicules est partiellement transférée vers les roues extérieures sous l'effet de la force centrifuge.



LES GIRATOIRES EN PAVÉS DE BÉTON

Depuis plusieurs années, les pavés ont trouvé droit de cité dans le cadre des 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. Ils sont également largement employés en zones de stationnement ou sur des plateaux surélevés, des casse-vitesse et pour des aménagements de sécurité de tout genre. Le jeu des couleurs proposé permet de rompre la monotonie des revêtements et de signaler ces obstacles aux usagers.

En ce qui concerne les giratoires proprement dits, de nombreux exemples réalisés en pavés de béton existent en Belgique. Ces applications concernent toutefois le plus souvent les giratoires établis sur des carrefours peu sollicités par le trafic lourd. En effet, les pavages sont à réserver comme revêtements des giratoires dont le trafic en termes de nombre de véhicules lourds dépassant 3,5 tonnes n'est pas supérieur à 100 par jour. Etant donné l'importance des contraintes horizontales dans le sens radial et tangentiel, propres au trafic sur un rond-point, il est recommandé d'utiliser des pavés d'une épaisseur minimale de 10 cm. La couche de pose sera constituée d'un mélange de sable de concassage 0/2 et de gravillons 2/6. Sa teneur en fines sera limitée

à 3 % et les caractéristiques intrinsèques seront telles que ce matériau résiste bien à la fragmentation et à l'usure (coefficients Los Angeles et Micro Deval des gravillons respectivement inférieurs ou égaux à 20 et 15). Un contrebutage solide avec des bordures de trottoir ou des bandes de contrebutage sur tout le pourtour est toujours nécessaire. Ces éléments doivent être fixés dans un lit de mortier ou de béton pour éviter tout risque de basculement ou de glissement. Une assise complémentaire de pavés posés de chant peut également être utilement prévue.

Afin de répartir au mieux les charges au droit des joints, un appareillage à bâtons rompus, en épi ou en arêtes de poissons est recommandé. Il est parfois opté pour un appareillage à joints alternés dans le sens longitudinal mais ceci est à réserver au cas où il n'y a pas de trafic lourd.



FEBE

2. CONCEPTION DES GIRATOIRES EN DALLES DE BÉTON - REVÊTEMENTS DISCONTINUS

Les revêtements en dalles de béton sont également nommés revêtements discontinus : le béton est mis en œuvre « en continu » mais des joints sont sciés de manière à partager le revêtement en plusieurs dalles de béton. Les spécificités des giratoires en dalles de béton sont liées à leur tracé circulaire, à la géométrie des bretelles d'accès et de sortie, à la présence ou non d'îlots directionnels. Ceci implique de bien définir le calepinage des joints du revêtement en béton et le traitement des amorces des bretelles de raccordement.

Le plan de calepinage devra tenir compte des règles suivantes :

- espacement maximum des joints radiaux limité à 5 m pour des épaisseurs supérieures ou égales à 20 cm et à 4 m dans le cas d'épaisseurs inférieures à 20 cm. Lorsqu'un avaloir, un îlot directionnel ou encore tout autre appareillage est présent, le joint radial peut être légèrement décalé de manière à le disposer à leur niveau (dans l'axe d'un trapillon circulaire, le long d'un côté d'un avaloir ou juste au coin d'un îlot directionnel,...) de manière à éviter une fissuration éventuelle ;
- largeur d'une voie de circulation limitée à maximum 5 m, la création d'un joint médian formant un cercle concentrique peut donc s'avérer nécessaire ; celui-ci est à comparer au joint longitudinal d'une voirie à tracé rectiligne ;
- rapport longueur/largeur des dalles d'au maximum 1,5 ;
- forme des dalles ne présentant pas d'angle inférieur à 75° ;
- superficie des dalles limitées à 25 m².

Dans le cas où une de ces dispositions ne serait pas possible, un ferrailage localisé de la dalle permet de s'affranchir de ces contraintes. Néanmoins, afin que cette armature puisse maîtriser une fissuration éventuelle du béton, elle doit être posée dans la partie supérieure de la dalle et être discontinue (sciée !) au droit des joints. Une armature constituée de barres de 10 mm de diamètre disposées tous les 15 cm dans les 2 sens avec un enrobage de

40 mm constitue généralement une bonne solution. Il faut noter qu'au plus l'enrobage est important, plus l'efficacité de cette armature à contrôler la fissuration sera faible.

De plus, il y a encore lieu de tenir compte de plusieurs particularités :

- les amorces : afin d'éviter un coin de dalle dans la zone d'accès particulièrement sollicitée, les amorces des entrées et sorties en béton sont coffrées et bétonnées en même temps que l'anneau. L'amorce doit être telle que la dimension du plus petit côté soit d'au moins 50 à 100 cm ;
- les accès : les accès à un carrefour giratoire constituent toujours des zones particulièrement sollicitées (freinage, accélération, efforts tangentiels). Il est donc aussi souhaitable de réaliser le revêtement des accès en béton sur une longueur minimale de 30 à 50 m. Dans ce cas il y a lieu d'ancrer l'accès à l'anneau pour assurer la continuité du revêtement en béton. L'ancrage est réalisé avec des barres de 16 mm de diamètre et de 75 à 100 cm de longueur placées tous les 40 cm à mi-hauteur du joint de construction. Ensuite, les joints transversaux de la zone d'accès sont réalisés, ceux-ci sont classiquement goujonnés. Les dalles sont non armées ou armées si celles-ci sont de forme complexe ;
- la continuité des joints : la continuité d'un joint doit toujours être assurée afin d'éviter une fissure par sympathie. Il faut donc être particulièrement attentif à prolonger le joint longitudinal d'une voie d'accès en béton au giratoire par un joint radial de la voie du giratoire. De même, si l'anneau franchissable est totalement en béton coulé en place (sans bordure préfabriquée donc), la continuité des joints radiaux dans l'anneau franchissable doit être vérifiée. La continuité avec les joints d'un élément linéaire (filet d'eau coulé en place par exemple) doit également être assurée.

Préparation du bétonnage d'un giratoire en dalles de béton goujonnées. L'emplacement précis des joints radiaux est dessiné au sol.



La figure 2 fournit un exemple de calepinage d'un giratoire. Cet exemple concerne un giratoire dont la voirie en dalles de béton a un rayon extérieur de 13,80 m et un rayon intérieur de 6,60 m. La largeur étant supérieure à 5,00 m, la création d'un joint médian est donc nécessaire. Plusieurs voiries accèdent à ce giratoire, celles-ci ont un revêtement hydrocarboné (RH) à l'exception de deux d'entre-elles qui sont en béton discontinu (RB). Notons que le joint longitudinal de la chaussée est prolongé pour assurer la continuité dans le giratoire. De plus, étant donné qu'un joint longitudinal est un joint ancré, sa continuité (en joint radial) est également un joint ancré contrairement aux autres joints radiaux qui sont tous goujonnés. On peut aussi noter que la disposition de ce joint radial ancré forme 2 dalles dont le rapport longueur/largeur n'est pas optimum. Néanmoins, vu que ces dalles sont ancrées aux dalles voisines, le risque de fissuration est fortement limité.

Les amorces des voiries d'accès ou de sortie (marquées 1) doivent être bétonnées simultanément aux dalles du giratoire. Ces amorces ne sont donc pas séparées des dalles du

giratoire par un joint. Le petit côté de ces amorces est constitué d'un joint libre (sans goujon ni ancrage). Ceci est dû au fait que ces côtés sont consécutifs à un joint radial goujonné dont la libre dilatation thermique ne peut être perturbée.

La mise en œuvre du béton commence par un joint goujonné (marqué 2) placé au droit d'un des îlots des voiries d'accès afin d'éviter les sollicitations plus importantes. Dans ce cas précis, imaginons que les deux voies en béton sont des voies de bus, une d'entrée, l'autre de sortie. Le joint radial de construction ne devrait qu'être très peu franchi par le trafic lourd que constituent les autobus.

Toutes les premières dalles des voies d'accès et de sortie sont en béton pour les raisons évoquées ci-avant. Le béton est placé, dans ce cas, jusqu'aux passages pour piétons mais pourrait être prolongé jusqu'à une longueur de 30 à 50 m de manière à obtenir une structure rigide au niveau de la zone de freinage des poids lourds. Les dalles de formes géométriques complexes sont armées et ancrées au revêtement en béton du giratoire.

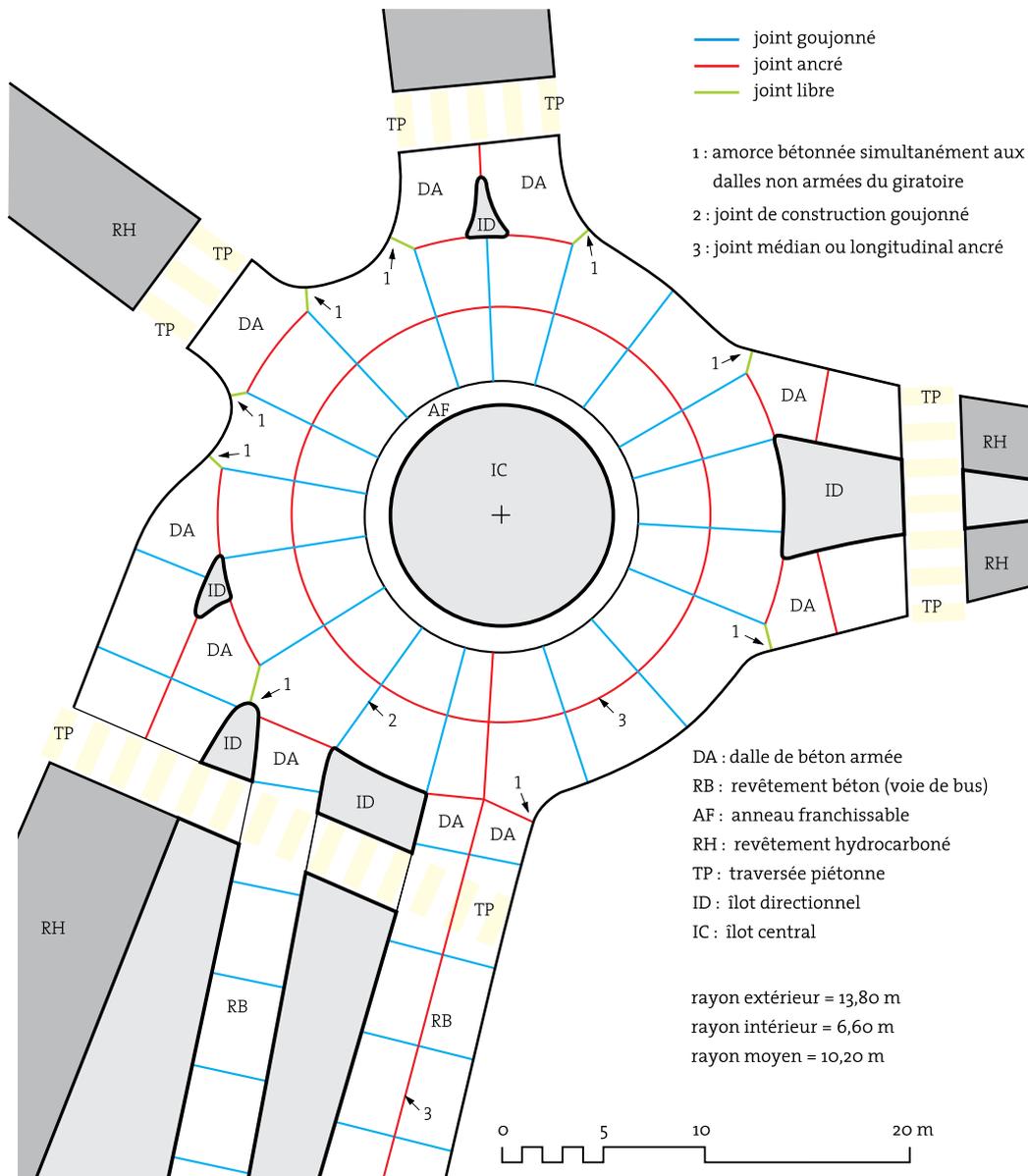


Figure 2 - Exemple de calepinage du revêtement discontinu d'un giratoire

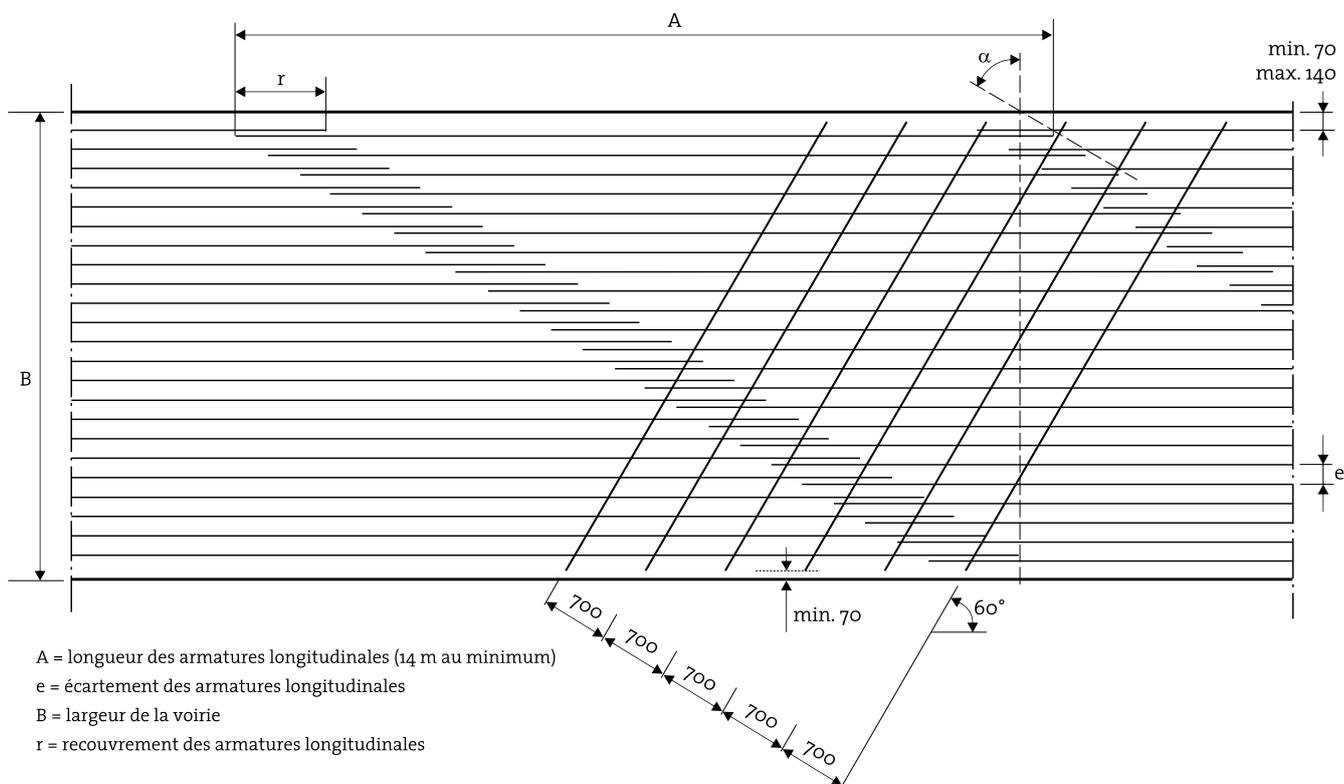
3. CONCEPTION DES GIRATOIRES EN BÉTON ARMÉ CONTINU

Toutes les règles de l'art propres au béton armé continu (BAC) classique sont, bien entendu, également applicables aux giratoires. Les prescriptions des Cahiers des Charges-types en vigueur pour les revêtements en béton armé continu doivent être respectées.

Les armatures longitudinales et transversales sont placées, en voirie rectiligne, conformément aux principes schématisés à la figure 3. Pour un giratoire, la disposition des armatures suit ces mêmes prescriptions à l'exception des points énoncés ci-après. Le ferrailage doit de plus être conforme au tableau 1. Il peut être remarqué que les barres transversales ont un diamètre de 14 mm et l'acier longitudinal est constitué de barres de 16 mm de diamètre. Ce choix permet aux armatures longitudinales de mieux suivre la

courbure du giratoire et ce, essentiellement pour des giratoires à faible rayon. De plus, la quantité d'acier longitudinal est de l'ordre de 0,67 % par rapport à la section de béton. Il s'agit donc d'une quantité inférieure à celle appliquée en voirie classique puisque celle-ci avoisine, dans ce cas, les 0,75 - 0,76 %. Dans le cas d'un giratoire dont la voie de circulation dépasse 6 m de largeur, la quantité d'acier pourrait même encore être diminuée sur la partie la plus intérieure (au-delà des 6 m). En effet, cette portion de revêtement est très peu circulée par un trafic lourd et vu la géométrie circulaire de la chaussée en béton armé qui crée un caractère autobloquant à l'intérieur de la structure, les fissures n'ont pas la possibilité de s'ouvrir fortement. Ainsi, une barre longitudinale sur deux pourrait être enlevée.

Figure 3 -
Plan des armatures
en voirie rectiligne
classique



$$\rightarrow \text{longueur des armatures transversales} = \frac{B - 140}{0,86603}$$

$$\rightarrow \text{angle } \alpha \text{ de recouvrement des armatures longitudinales est tel que } \operatorname{tg} \alpha = \frac{A - r}{B - 150}$$

$$\rightarrow \text{nombre d'armatures longitudinales } n = \frac{B}{e} - 1 \quad (\text{arrondi au chiffre supérieur})$$

PRESCRIPTIONS CONCERNANT LE FERRAILLAGE

Épaisseur du revêtement (mm)	200	230	250	250(*)
Diamètre nominal des armatures longitudinales (mm)	16	16	16	20
Diamètre nominal des armatures transversales (mm)	14	14	14	14
Écartement (e) des axes des armatures longitudinales (mm)	150 ± 5	130 ± 5	120 ± 5	185 ± 5
Distance entre le nu supérieur des barres longitudinales et la surface du revêtement fini (mm)	70 à 90	80 à 100	80 à 100	80 à 100
Hauteur du support (mm)	90	110	130	130

(*) Vu l'écartement limité des armatures longitudinales de 16 mm, un béton dont le diamètre nominal des granulats est limité à 20 voire 14 mm est préconisé. Généralement, les dimensions d'un giratoire pour lequel une épaisseur de 25 cm est appliquée, sont telles que des armatures longitudinales de 20 mm peuvent facilement être utilisées. Celles-ci laissent un plus grand écartement entre elles ce qui est favorable à une bonne mise en place du béton.

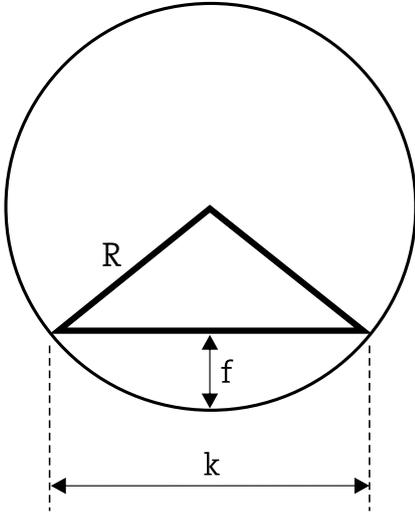
Pour un giratoire, l'armature longitudinale doit suivre parfaitement la courbure du giratoire. Le recouvrement de ces armatures a une longueur au moins égale à 35 fois le diamètre nominal mais il est assez difficile de conserver un angle de recouvrement α constant (avec la perpendiculaire à la tangente à l'axe de la voirie, c.-à-d. un rayon) ; il y a donc lieu de faire varier la longueur de recouvrement en fonction du rayon du cercle formé par l'armature longitudinale ou de diminuer la longueur de l'armature longitudinale à l'intérieur de l'anneau. Il est important, afin d'éviter une concentration de recouvrements de barres dans une même section, que ces recouvrements ne soient pas disposés tous sur un même rayon.

Les armatures transversales font un angle de 60° avec la tangente à l'axe de la voirie et, à cet endroit, l'écartement (orthogonal) entre deux transversales est de 70 cm. De plus, lors de la construction d'un giratoire de plus de

20 m de rayon intérieur, une barre transversale complémentaire est mise en œuvre sur la partie extérieure de l'anneau (sur une longueur minimale égale à la largeur du demi-anneau extérieur augmentée de 1 m). Idéalement, la longueur de ces armatures complémentaires varie d'au minimum un mètre afin d'éviter un changement brusque de section d'acier sur un même cercle concentrique.

D'autres configurations sont possibles. Une première consiste, afin d'éviter un espacement trop grand à l'extérieur de l'anneau, de laisser un écartement de 70 cm entre deux transversales au 1/3 de la largeur de l'anneau à partir du bord extérieur. Une seconde consiste à pratiquer un écartement (toujours orthogonal entre deux transversales) de maximum 70 cm à l'extérieur de l'anneau et de minimum 20 cm à l'intérieur de l'anneau. Les armatures transversales sont donc placées de manière radiale et leur longueur est, éventuellement, diminuée à l'intérieur afin d'obtenir cette entre-distance d'au minimum 20 cm.

CALCUL DE LA LONGUEUR DES ARMATURES TRANSVERSALES



Dans un cercle de rayon R, la longueur d'une corde k peut être calculée par la formule :

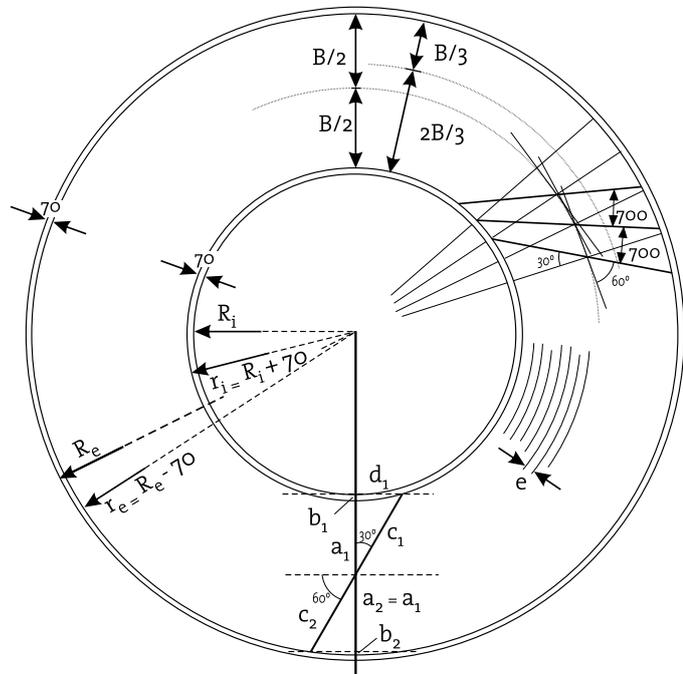
$$k = 2 \sqrt{R^2 - (R - f)^2} \quad (1)$$

cette relation s'écrit également

$$k = 2 \sqrt{f(2R - f)} \quad (2)$$

avec f égale à la flèche.

Ainsi, pour un giratoire de rayon intérieur R_i et de rayon extérieur R_e , la longueur des armatures transversales qui font un angle de 60° avec la tangente à l'axe peut être calculée comme ci-après.



Nous avons :

$$\operatorname{tg} 30 = \frac{d_1}{a_1 + b_1} \quad (3)$$

par (2), il peut être déduit que :

$$d_1 = \sqrt{b_1 (2R_i - b_1)} \quad (4)$$

$$\text{or, } a_1 = \frac{B}{2} - 70 \quad (5)$$

avec B égal à la largeur de l'anneau en béton armé continu.

Par (3), (4) et (5), b_1 est calculé en résolvant l'équation du second degré suivante :

$$b_1^2 (\operatorname{tg}^2 30 + 1) + b_1 (2a_1 \operatorname{tg}^2 30 - 2R_i) + \operatorname{tg}^2 30 a_1^2 = 0 \quad (6)$$

Connaissant b_1 , c_1 est calculé. En effet :

$$\cos 30 = \frac{a_1 + b_1}{c_1} \quad (7)$$

$$\Rightarrow c_1 = \frac{a_1 + b_1}{\cos 30} \quad (8)$$

Nous avons également :

$$\operatorname{tg} 30 = \frac{d_2}{a_2 - b_2} \quad (9)$$

Par (2), il peut être déduit que :

$$d_2 = \sqrt{b_2(2r_e - b_2)} \quad (10)$$

$$\text{or, } a_2 = a_1 = \frac{B}{2} - 70 \quad (11)$$

Et donc, par (9), (10) et (11), b_2 est calculé en résolvant l'équation du second degré suivante :

$$b_2^2 (\operatorname{tg}^2 30 + 1) - b_2 (2a_2 \operatorname{tg}^2 30 + 2r_e) + \operatorname{tg}^2 30 a_2^2 = 0 \quad (12)$$

Connaissant b_2 , c_2 est calculé. En effet :

$$\cos 30 = \frac{a_2 - b_2}{c_2} \quad (13)$$

$$\Rightarrow c_2 = \frac{a_2 - b_2}{\cos 30} \quad (14)$$

La longueur des armatures transversales est donc égale à :

$$L_t = c_1 + c_2 = \frac{a_1 + b_1}{\cos 30} + \frac{a_2 - b_2}{\cos 30} \quad (15)$$

En considérant un giratoire dont l'anneau en béton armé continu a un rayon intérieur de 10 m et un rayon extérieur de 20 m, nous avons donc :

$$B = 10 \text{ m} \Rightarrow a_1 = a_2 = 4,93 \text{ m}$$

$$R_e = 20 \text{ m} \Rightarrow r_e = 19,93 \text{ m}$$

$$R_i = 10 \text{ m} \Rightarrow r_i = 10,07 \text{ m}$$

Nous obtenons $b_1 = 0,500 \text{ m}$ et $b_2 = 0,189 \text{ m}$

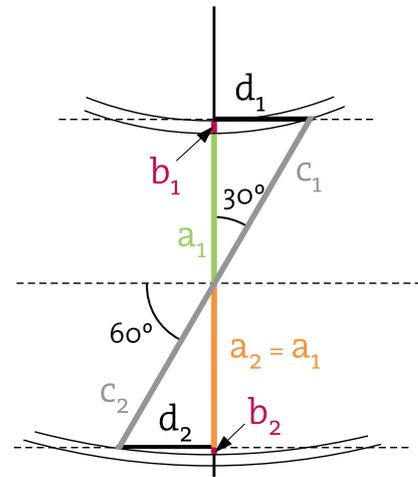
La longueur L_t des armatures transversales est donc de :

$$L_t = \frac{4,930 + 0,500}{\cos 30} + \frac{4,930 - 0,189}{\cos 30} = 11,74 \text{ m}$$

Il peut donc être noté que dans un giratoire, la longueur des armatures transversales est légèrement supérieure à celle en section droite: dans le cas d'une largeur de 10 m, 11,74 m en giratoire et 11,39 m en section droite.

$$11,39 = \frac{10 - 0,14}{\cos 30} \quad (\text{voir figure 3})$$

Le calcul précis énoncé ci-avant permet donc de prévoir correctement la longueur des armatures transversales et facilite ainsi la pose de celles-ci.





Pour un giratoire, la disposition des armatures suit les mêmes principes que pour une voirie rectiligne classique

Tout comme pour un giratoire en dalles de béton et afin d'éviter des coins dans les zones d'accès, les amorces des entrées et sorties en béton sont coffrées, ferrillées et bétonnées en même temps que l'anneau. L'amorce doit être telle que la dimension du plus petit côté soit d'au moins 50 à 100 cm. Le ferrillage aura une configuration identique (barres longitudinales) à celui de l'anneau du giratoire.

De même, les accès au giratoire sont réalisés en béton et il y a lieu d'ancrer l'accès à l'anneau pour assurer la continuité du revêtement en béton. L'ancrage est réalisé avec des barres de 16 mm de diamètre et de 75 à 100 cm de longueur placées tous les 40 cm à mi-hauteur du joint de construction. Ensuite, les joints transversaux sont réalisés, ceux-ci sont classiquement goujonnés. Les dalles sont non armées ou armées si celles-ci sont de forme complexe (armature constituée de barres de 10 mm de diamètre disposées tous les 15 cm dans les 2 sens avec un enrobage de 40 mm). La figure 4 donne un schéma de principe de configuration d'un giratoire en béton armé continu avec accès en dalles de béton goujonnées.



Dans le cas d'un giratoire de plus de 20 m de diamètre, des armatures transversales supplémentaires sont placées sur au moins le demi-anneau extérieur afin d'éviter un écartement trop grand.

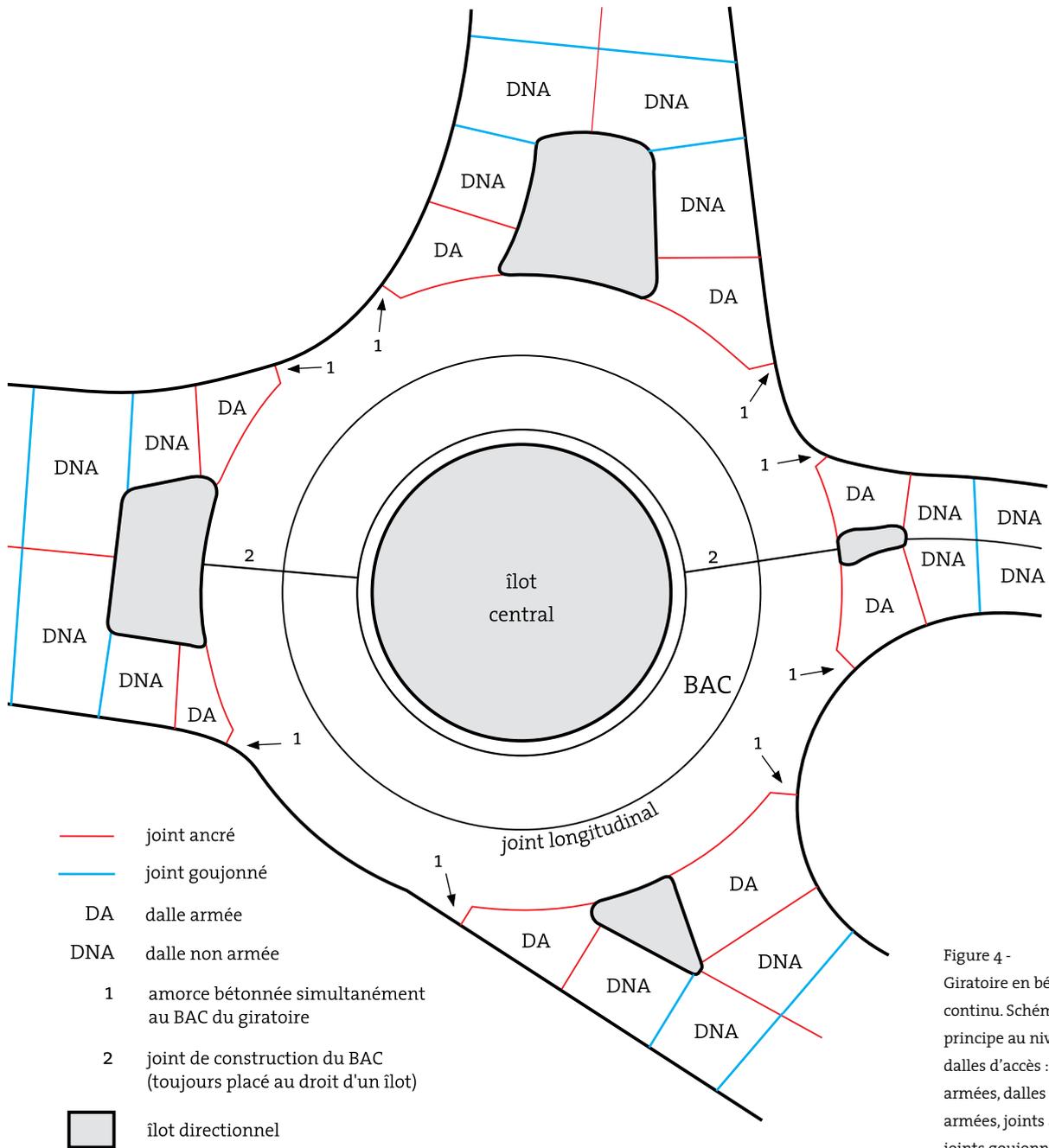
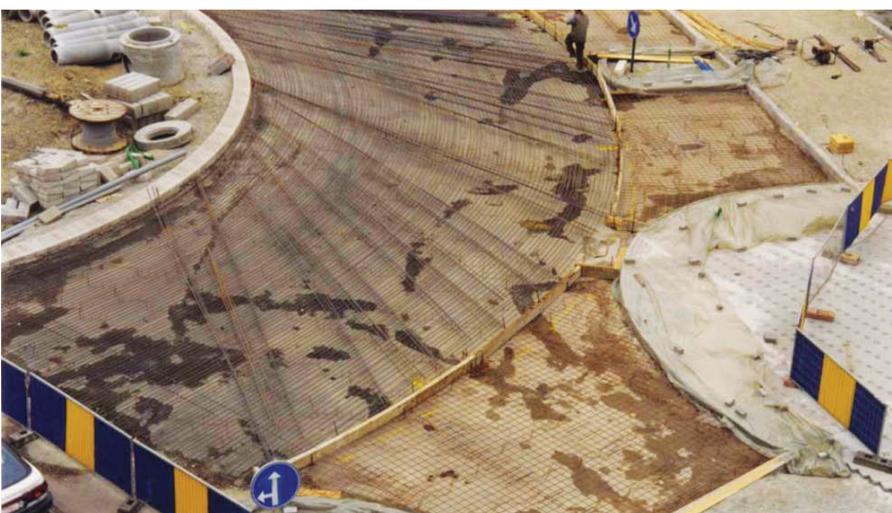


Figure 4 - Giratoire en béton armé continu. Schéma de principe au niveau des dalles d'accès : dalles armées, dalles non armées, joints ancrés, joints goujonnés, ...



Les dalles d'accès sont armées et ancrées au giratoire. A noter qu'elles peuvent également être réalisées en béton armé continu sans joint transversal



Réaliser les dalles d'accès en béton coloré permet d'accentuer la visibilité et ainsi la sécurité des usagers



Au niveau des amorces, le ferrailage est de configuration identique à celui de l'anneau du giratoire

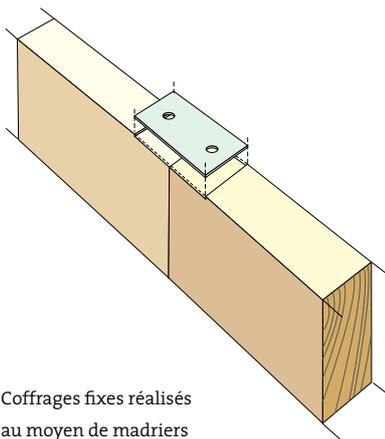
4. MISE EN ŒUVRE

Toutes les règles de l'art propres aux revêtements en béton classiques ainsi que les différentes possibilités de coloration et de traitement de surface sont, bien entendu, applicables également aux giratoires. Différents aspects sont toutefois abordés ci-après : les coffrages, le bétonnage manuel ou à la machine à coffrages glissants ainsi que divers points particuliers.

4.1. LES COFFRAGES

Si le bétonnage est réalisé au moyen d'une machine à coffrages glissants, le revêtement est bétonné avant les éléments linéaires éventuels.

Si le bétonnage est réalisé au moyen d'une poutre vibrante, les éléments linéaires peuvent servir de coffrage tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'anneau. Au droit des accès, le coffrage est réalisé au moyen d'éléments de madriers de 50 cm à un mètre de longueur et de hauteur égale à l'épaisseur du béton à mettre en œuvre. Ces madriers sont, éventuellement, solidarisés au moyen d'attaches à incruster dans le bois pour permettre le glissement parfait de la poutre vibrante. A l'extérieur, ils sont contrebutés par du sable stabilisé.



Coffrages fixes réalisés au moyen de madriers au niveau des accès



Le joint de début de journée doit être coffré pour assurer sa planéité et son orthogonalité. Ce joint doit être immédiatement nettoyé afin d'éviter le travail ultérieur au marteau-pic qui pourrait fissurer le béton.

4.2. LE BÉTONNAGE

4.2.1 LE BÉTONNAGE À LA POUTRE

Cette technique est le plus souvent utilisée compte tenu de la possibilité d'adapter une poutre vibrante à la largeur de bétonnage. Cette poutre glisse à l'intérieur de l'anneau sur la bordure du semi-franchissable ou sur la bordure intérieure du rond-point. Afin de corriger les éventuelles dénivellations de ces bordures, la poutre vibrante prend appui sur la bordure par l'intermédiaire d'une poutre articulée (ski) d'une longueur de 2 m minimum. La hauteur de la poutre par rapport à la bordure doit pouvoir être réglée pour l'adapter à la saillie imposée à la bordure.

Après épandage et nivellement du béton (par exemple à la grue), et avant le passage de la poutre vibrante, le béton est vibré au moyen d'aiguilles vibrantes ; il est conseillé de prévoir une aiguille vibrante par 2 m de largeur de bétonnage.

La plâtresse lisseuse et articulée permet de faire disparaître les petites dénivellations dues aux arrêts de la poutre.



Bétonnage à l'aide d'aiguilles vibrantes et d'une poutre vibrante. A noter, que la poutre vibrante prend appui sur la bordure par l'intermédiaire d'une poutre articulée (ski)

4.2.2 LE BÉTONNAGE À LA MACHINE À COFFRAGES GLISSANTS

Cette technique de bétonnage n'est possible que sur des grands giratoires. En effet, un diamètre trop petit ne permettra pas une bonne extrusion du béton. De plus, il faut disposer d'une machine pouvant bétonner sur 8 voire même 9 ou 10 m de largeur pour les giratoires de grande dimension ou il y a lieu de bétonner le giratoire en deux anneaux concentriques.

Si le giratoire se bétonne en une seule journée, le nettoyage de la machine en fin de bétonnage doit s'exécuter sur le revêtement non entièrement durci et la machine est bloquée sur le giratoire pendant quelques jours, le temps nécessaire au béton pour atteindre une résistance suffisante pour être circulé.



Bétonnage à la machine à coffrages glissants

4.2.3. QUELQUES MESURES PARTICULIÈRES

4.2.3.1. LE BÉTONNAGE EN UNE PHASE ET UNE JOURNÉE

La fermeture du bétonnage de l'anneau se réalisant sur un béton non encore durci, il y a lieu de prévoir une passerelle pour permettre la finition du joint sans marcher dans le béton. De plus, si le bétonnage est supérieur à 150 m³, deux équipes sont nécessaires, elles se relaieront après ± 10 heures de travail.

4.2.3.2. LE BÉTONNAGE EN UNE PHASE ET DEUX JOURNÉES

Lorsque le bétonnage dépasse 150 m³, il peut être envisagé de réaliser un joint de fin de journée. Ce joint est à exécuter au droit d'un des îlots des voiries d'accès afin d'éviter, tout comme pour le joint de début de bétonnage, les sollicitations plus importantes au niveau de celui-ci.

Dans le cas d'un giratoire en dalles de béton, les joints de construction sont toujours goujonnés. Dans le cas d'un giratoire en béton armé continu, les armatures longitudinales sont continues au droit des joints de construction.



Poutre d'ancrage réalisée au niveau d'un futur joint de construction sur toute la largeur du revêtement

4.2.3.3. LE BÉTONNAGE EN DEUX PHASES

Si, pour des raisons de circulation, le carrefour ne peut être isolé, le bétonnage en deux phases peut être envisagé. Les mouvements aux extrémités dus au retrait et aux variations de température restent, en général, limités. Ainsi aucune précaution ne doit être prise pour gérer ces mouvements sauf pour des giratoires à grand rayon - pour lesquels il n'y a pas de problème de circulation -, et dans les cas où la période entre les deux phases de bétonnage excède un an. Il y a également lieu d'apporter une grande attention à l'influence du trafic. En effet, essentiellement en cas de trafic lourd, celui-ci peut engendrer des vibrations à l'extrémité du revêtement bétonné et ainsi, des perturbations au droit des joints de construction. Plusieurs solutions sont possibles pour se prémunir contre les mouvements aux extrémités :

- charger les deux extrémités du revêtement par exemple, par du sable humide ; le chargement préconisé s'effectue sur toute la largeur du revêtement, sur une épaisseur minimum de 50 cm et une longueur de 15 m. En cas de manque de place, cette longueur peut être réduite pour autant que l'épaisseur du chargement soit augmentée ;
- ou réaliser une poutre d'ancrage aux deux extrémités sur toute la largeur du revêtement à l'image d'un voile de culée d'ancrage d'un revêtement classique en béton armé continu.



Bétonnage d'un giratoire en 2 phases distinctes

Dans le cas d'un giratoire en dalles de béton, les joints de construction sont toujours goujonnés. Dans le cas d'un giratoire en béton armé continu, les armatures longitudinales sont dépassantes de manière à pouvoir ligaturer les barres de la seconde phase à celles de la première et ce avec une longueur de recouvrement d'au minimum 1 m. Un aspect important est la longueur des barres longitudinales en attente. Il y a intérêt à faire varier la longueur de celles-ci afin d'éviter une concentration importante de recouvrements dans une même section radiale. Une solution consiste à prolonger les barres longitudinales alternativement de 1, 2, 3, 4 et 5 m (figure 5)

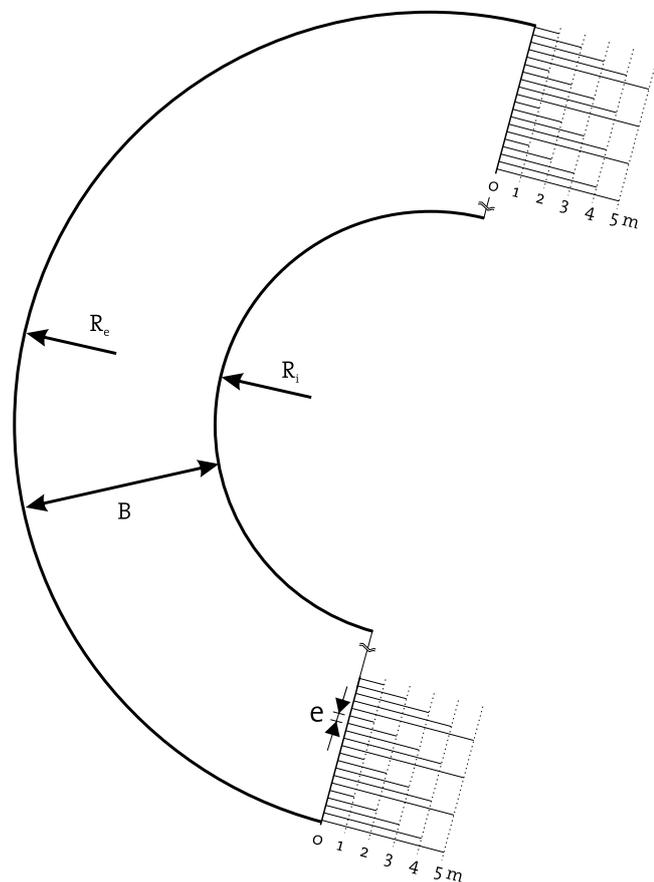


Figure 5 - Exemple de variation de la longueur des armatures longitudinales dans un joint de construction afin d'éviter une concentration importante de recouvrements dans un même axe.

4.2.3.4. LE BÉTONNAGE DES AMORCES

Pour les raisons signalées ci-avant, les amorces des entrées et sorties en béton sont coffrées et bétonnées en même temps que l'anneau. L'amorce doit être telle que la dimension du plus petit côté soit d'au moins 50 à 100 cm.



Bétonnage des amorces

4.2.3.5. LA PROTECTION DES AVALOIRS

Les avaloirs éventuels doivent être protégés pour éviter que du béton ou de la laitance, dans le cas d'un dénudage de la surface du béton, ne pénètre dans le système d'écoulement des eaux.

Dans le cas d'un bétonnage à la poutre vibrante, la mise à niveau du coffrage doit être réalisée au moyen d'une planche appliquée contre le bord de l'avaloir pour assurer la continuité du chemin de roulement.

RÉALISATION DES ANNEAUX SEMI-FRANCHISSABLES

Les anneaux semi-franchissables et les ilots directionnels constituent des points qui demandent également une grande attention.

Pour permettre un franchissement plus facile des camions et/ou longs véhicules, un giratoire ayant un grand diamètre est souhaité. Néanmoins, un tel giratoire n'offre pas toujours un ralentissement suffisant des véhicules plus légers tels que les voitures. Ainsi, une solution peut être apportée par un bon dimensionnement et une conception adéquate d'un anneau semi-franchissable. En réalisant celui-ci en béton coloré, coloré lavé ou imprimé, l'aspect visuel obtenu permet de garder les voitures dans l'anneau du giratoire tandis que l'anneau semi-franchissable peut être circulé par les poids lourds.

En fonction du trafic et de sa largeur, le revêtement en béton de l'anneau semi-franchissable aura une épaisseur de 20 à 25 cm. Ce béton sera généralement armé. Une armature placée dans la partie supérieure du revêtement et constituée de barres de 10 mm de diamètre disposées tous les 15 cm dans les 2 sens avec un enrobage de 40 mm est généralement une bonne solution afin de permettre un espacement des joints de retrait de 4 mètres. La fondation en béton maigre aura une épaisseur de 20 cm.

Etant donné que l'anneau semi-franchissable est conçu pour être circulé par des poids lourds, il est préférable de ne pas placer de bordure sur son pourtour et ce quelque soit le type de revêtement du giratoire (revêtement en béton ou revêtement hydrocarboné). Généralement, l'anneau semi-franchissable sera posé au même niveau que le revêtement de la chaussée. Eventuellement, afin de dissuader d'autant plus les voitures, il peut légèrement être surélevé en réalisant par exemple des bords chanfreinés (2 cm x 2 cm). A noter que dans le cas d'un revêtement discontinu en béton, la continuité des joints radiaux doit être assurée.

Si l'anneau semi-franchissable n'est que peu voire pas circulé, il peut être surélevé par rapport au revêtement de la chaussée. Dans ce cas, une bordure de délimitation est recommandée. Elle peut être en béton de ciment blanc afin d'augmenter l'effet visuel.





Anneau semi-franchissable en béton imprimé. A noter qu'aucune bordure n'est placée entre celui-ci et le revêtement du giratoire. Dans le cas d'un revêtement en dalles de béton, la continuité des joints radiaux doit être assurée.



Le lecteur notera que toutes les considérations développées pour les anneaux semi-franchissables sont également valables pour les ilots directionnels.



Elargissement local en béton imprimé pour un meilleur passage des poids lourds.

4.2.3.6. L'APPROVISIONNEMENT DU BÉTON

Que le bétonnage soit réalisé en une ou deux phases, la place disponible à l'extérieur de l'anneau ne permet pas souvent la circulation des grues et des camions d'approvisionnement de béton, c'est pourquoi cet approvisionnement s'effectue généralement par l'îlot central. Dans le cas d'un revêtement en béton armé continu, un passage dans l'armature doit être laissé ouvert. Ce passage est refermé en fin de bétonnage et la grue restée dans l'îlot pour achever le bétonnage ne pourra en sortir qu'après quelques jours.

4.2.3.7. INTÉGRATION D'UN GIRATOIRE DANS UNE CHAUSSÉE EN BÉTON ARMÉ CONTINU EXISTANTE

Il est de plus en plus fréquent de vouloir insérer un giratoire au niveau d'un carrefour existant et dont la chaussée principale est déjà en béton armé continu. L'intégration du giratoire va donc interrompre la continuité des armatures longitudinales. Afin d'éviter les mouvements importants dus au retrait et aux variations de température des extrémités du revêtement interrompu, celles-ci doivent être chargées. Le chargement préconisé s'effectue sur toute la largeur du revêtement, sur une épaisseur minimale de 50 cm et une longueur de 15 m. En cas de manque de place, cette longueur peut être réduite pour autant que l'épaisseur du chargement soit augmentée. Le revêtement sera ensuite ancré au nouveau giratoire en béton armé continu. Une autre solution consiste à créer une culée d'ancrage aux deux extrémités du revêtement interrompu. Une culée à trois voiles verticales est généralement suffisante étant donné qu'il s'agit d'un béton armé continu ancien.



Approvisionnement du béton par l'îlot central



CONCLUSION

Les giratoires en béton offrent :

- une résistance efficace aux sollicitations engendrées par le trafic lourd ;
- des solutions variées telles que des dalles en béton ou du béton armé continu, le travail en faibles ou grands rayons de courbure, un choix multiple de textures ou de couleurs, une intégration à tout type d'environnement ;
- des possibilités d'exécution rapide et un entretien réduit.

Dans tous les cas, les giratoires en béton demandent une étude préalable détaillée et une exécution soignée, tenant compte des contraintes locales.

En 1995, le premier giratoire en béton armé continu, dans le monde, a été réalisé dans le Hainaut occidental, à l'extrémité de la N52, au croisement des accès aux carrières CCB et à un zoning industriel. Depuis, plus d'une centaine d'anneaux en béton armé continu ont été réalisés en Wallonie et en Flandre et en fonction des difficultés ou des contraintes rencontrées sur chacun des chantiers, la technique de mise en œuvre a été affinée. Par ailleurs, une analyse du comportement à la fissuration des revêtements a été réalisée. 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. L'examen de l'ouverture des fissures et de leur espacement permet de confirmer le bon comportement du béton et en particulier du béton armé continu et de recommander cette technique de construction.



I-4

Ce bulletin est publié par
FEBELCEM
Fédération de l'Industrie Cimentière Belge
Bld du Souverain 68 - 1170 Bruxelles
tél. 02 645 52 11 - fax 02 640 06 70
www.febelcem.be
info@febelcem.be

Auteur :
Ir C. Ployaert

Dépôt légal :
D/2011/0280/05

Éd. resp. : A. Jasienski

BIBLIOGRAPHIE

- [1] JASIENSKI A., Les giratoires en béton armé continu. Conception - Mise en œuvre, Dossier Ciment, bulletin n° 13, Febelcem, 1997
- [2] KABRE H., ABDO J., LAURENT G., Les carrefours giratoires - Atouts de la technique de la chaussée béton, RGRA n° 889, 2010
- [3] Carrefours giratoires en béton - Guide de dimensionnement, CIMbéton, réf T63, 2003
- [4] DEBROUX R., DUMONT R., PLOYAERT C., Roundabouts in continuously reinforced concrete, Design - Construction, 11th International Symposium on Concrete Roads, Sevilla, 2010

infobeton.be

