

Caniveaux à fente en béton extrudé

Retour d'expériences et préconisations

En l'absence de document de synthèse sur les caniveaux à fente (CAF) réalisés par la technique du coffrage glissant, il a été jugé utile de rédiger une note de retour d'expérience faisant le point sur les règles de l'art qui s'appliquent.



Coulage d'un caniveau à en bord de plateforme @SIGNATURE

I. Objet

L'objet du présent document est de :

- Synthétiser le mode d'exécution des caniveaux à fente par la technique du coffrage glissant ;
- Définir les limites et les contraintes de réalisation inhérentes à la méthode, ainsi que les options possibles comme les armatures, fibres, bordures intégrées et l'étanchéité ;
- Définir les tolérances de réalisation : altimétrie, planimétrie ;
- Expliquer les contraintes de réalisation et en particulier les ouvertures de fente et la déformation par ovalisation inhérentes au choix de cette technique ;
- Traiter le cas de l'interaction entre le CAF et le dispositif de retenue routier ;
- Qualifier le béton utilisé, ses caractéristiques et la fissuration naturelle engendrée par ce dernier ;

II. Définition

A. Caniveau à fente extrudé

Ouvrage de recueil hydraulique de surface réalisé en continu par la technique du coffrage glissant, à profil semi-fermé, ayant une fente d'admission continue ou intermittente située sur le dessus, et servant à l'évacuation des eaux de surface.

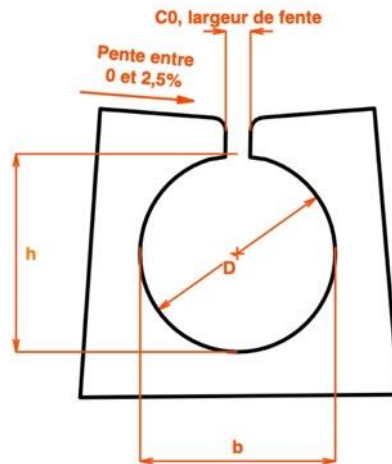
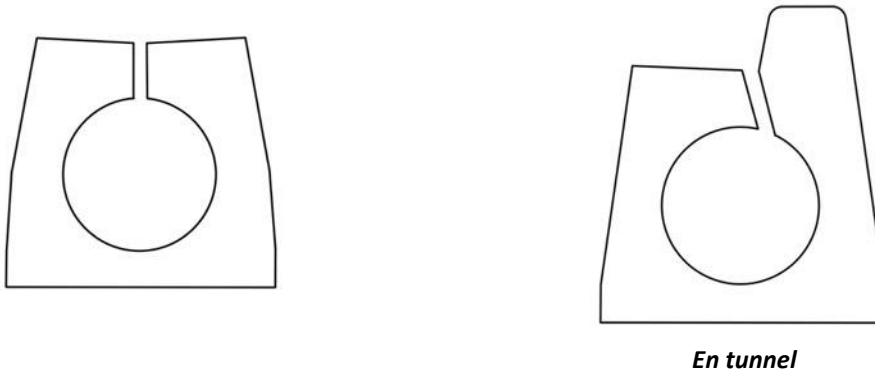


Schéma de principe d'un CAF et cotations @Speceba



Exemples de sections de CAF



Exemple de CAF dissymétrique avec clés de voûte @AGILIS



Exemple de CAF à lèvres décalées @AER

B. Diamètre nominal

Diamètre nominal : désignation numérique du diamètre théorique, correspondant à un nombre entier approximativement égal à la largeur b en millimètres (mm).

Ce diamètre sert à calculer la section hydraulique de l'ouvrage.

C. Ovalisation

Déformation du diamètre nominal avant la prise du béton dû à l'affaissement du béton frais et la déformation de la gaine intérieure sous le poids du béton frais.



Gaine gonflable CF® de réalisation du diamètre intérieur du CAF @PROFIL06

D. Circulation sur CAF

Traversées occasionnelles ou récurrentes de véhicules (sur voies d'accès, sur plateformes), circulation motorisée récurrente longitudinalement (en BDG ou BDD, ...), circulation de charges lourdes sur plateformes (aéronautique, transpalette, ...).

III. Principes généraux

Le caniveau à fente est dans sa version courante un dispositif en béton non armé, et sans clé de voûte.

Le diamètre nominal du coffrage intérieur est fixé par le diamètre des gaines disponibles de \varnothing 300, 400, 500, ou 600 mm.

Un regard de visite est généralement disposé tous les 80m, afin de permettre le curage de l'ouvrage.

***Note :** Le regard de visite peut être judicieusement disposé au droit des arrêts journaliers. Leur inter distance peut être augmentée, jusqu'à 120 m, lorsque les appareils de curage le permettent.*

Une chambre de nettoyage sera réalisée à chaque reprise de bétonnage, afin de pouvoir traiter la continuité du fil d'eau au fond du CAF au niveau de la reprise de coulage.

IV. La réalisation par extrusion

Au moyen de cette technique, l'ouvrage d'assainissement de type CAF est coulé en place en continu et le béton est pervibré à l'avancement.

Cette technique fait appel à des machines « à coffrage glissant », sur chenilles, équipées de vibreurs et guidées en direction comme en altimétrie par l'intermédiaire de vérins asservis par des palpeurs positionnés sur un fil de référence, ou par un guidage 3D. Livré par camion malaxeur dans la trémie de réception de la machine, le béton est ensuite acheminé jusqu'au moule par une vis sans fin ou un tapis convoyeur. Il est soumis à une pervibration permettant de l'extruder au fur et à mesure de l'avancement de la machine. Cette pervibration peut être obtenue par des vibreurs électriques ou hydrauliques. Une plateforme « chemin de roulement » minimale de 4 m dans le profil en travers (hormis celle de l'ouvrage à réaliser) est nécessaire pour permettre à la machine et aux toupies d'évoluer dans de bonnes conditions.

Les principaux atouts des techniques d'extrusion du béton sont, d'une part, la suppression de la manutention inhérente à toutes les autres solutions et, d'autre part, le haut rendement de réalisation et le prix de revient.

Les inconvénients par rapport à une solution préfabriquée sont la présence de fissures de retrait régulières plus ou moins ouvertes et une géométrie variant avec la plasticité et la composition du béton. Ces particularités seront traitées dans ce document.

V. Processus de réalisation

A. Coulage en tranchée

La tranchée doit présenter au moins de 20 cm de réserve de chaque côté de la largeur hors tout du CAF, et au plus 30 cm du côté du chemin de roulement (et de la machine).

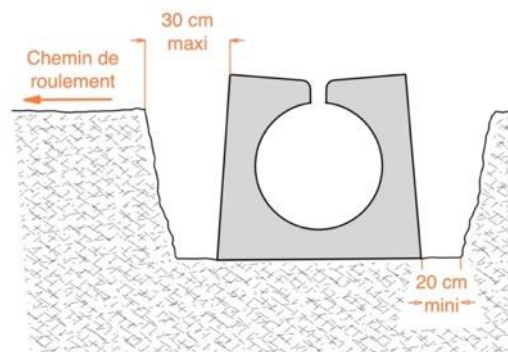


Schéma pour coulage en tranchée @Specbea

B. Réception sol support

Le sol support peut être constitué de sol traité en place, grave traitée, grave non traitée ou béton de propreté.

Profils Support	Assainissements de surface non circulés	Assainissements de surface circulés
Sol stabilisé	Approprié	Approprié (avec calcul de dimensionnement)
Semelle en béton	Non nécessaire	Non nécessaire
Sol traité	Approprié	Approprié
Enrobé	Possible	Possible

Il est obligatoire, afin d'éviter des désordres ultérieurs, de couler les profils sur un support stabilisé et compacté. Une portance PF2 minimum sera exigée.

Caniveaux à fente en béton extrudé : Retour d'expériences et préconisations

Note : La granulométrie de la grave non traitée du support ne doit pas être supérieure à 0/31,5.
L'épaisseur d'un béton de propreté sera de 10 cm.

La portance du sol support sur chantier doit être au minimum celle prise en compte dans le dimensionnement (rapports de terrassement, à défaut essais à la plaque, généralement effectués par l'entreprise en charge des terrassements).

Le sol support et son nivellement doit être allongé au minimum de 2m en amont (début) et prolongé au minimum de 4m en aval (fin) du CAF.

Note : Pour pouvoir positionner la tuyère de gonflage en amont et pour sortir la machine en aval.

C. Nivellement du sol support

On contrôle le nivellement du sol support.

Son nivellement doit permettre d'assurer la tolérance altimétrique finale du CAF et l'épaisseur minimale de son radier.

En cas de non-conformité, plusieurs solutions sont possibles :

- Non réception de la du sol support ;
- Reprofilage du sol support par une couche de matériaux entre le béton et la couche de forme afin de limiter la surconsommation de béton ;
Cette technique doit être réservée au reprofilage des couches de forme. La couche mis en œuvre doit être de faible épaisseur (5 cm max) et réalisée avec des matériaux de granulométrie inférieure à 4 mm (sable) ;
- Surconsommation de béton.

D. Chemin de roulement de la machine

Le chemin de roulement de la machine ne doit pas se situer à plus de 60 cm du bord bas du CAF.

Note : Le chemin de roulement de la machine devrait être éloigné de 60 cm pour pouvoir disposer les potences de guidage entre la machine et le CAF. Sinon, les potences seront installées de l'autre côté du CAF ou à défaut sous la machine.

Il doit être dégagé de tout obstacle et sans dénivelé brutal afin d'assurer un bon uni.

Note : La qualité de l'uni du chemin de roulement est un paramètre important pour celle du CAF réalisé par extrusion. Sa granulométrie ne devrait pas être supérieure à 0/31,5 pour assurer l'uni par compensation altimétrique de la machine.

La portance du chemin de roulement doit être au minimum PF2.

L'emprise de la machine et de l'alimentation nécessite un chemin de roulement 4 m de large minimum et doit être prolongé aux deux extrémités de 4 m minimum.

Les regards et chambres de visites devront être arrasés et recouverts afin de permettre le libre passage de la machine.

E. Tolérance de réalisation

• Tolérance géométrique de la section hydraulique

La tolérance géométrique de la section hydraulique ne pourra être réduite de plus de 10% par rapport à l'exigence hydraulique.

Note : Cette tolérance est essentiellement due au diamètre de la gaine gonflée fournie par le fabricant.

Caniveaux à fente en béton extrudé : Retour d'expériences et préconisations

L'affaissement du béton entraîne une déformation par ovalisation de la section hydraulique des caniveaux à fentes. La vérification de la section hydraulique sera réalisée comme suit :

$$S = \pi (b/2 \times h/2).$$

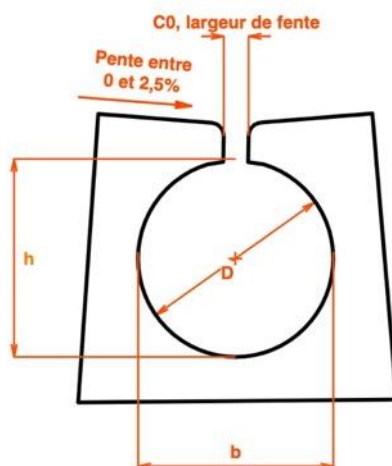


Schéma de principe d'un CAF et cotations @Specbea

- **Tolérance réalisation de la fente**

La dimension de la fente est fixée dans les documents contractuels.

Note : En général, elle est de 2 cm, 4 cm ou 6 cm.

La tolérance d'exécution est -1/+2 cm de la valeur nominale de l'ouverture de la fente (largeur libre entre lèvres).

Note : En cas d'accessibilité PMR, la fente ne pourra excéder 2 cm.

Note : En général, la conception des moules ne permet pas une largeur de fente inférieure à 2 cm.

Note : Le guide du CEREMA « Dispositifs de retenue en section courante - Guide d'installation » ⁽¹⁾ impose une largeur de fente maximale.

La fente nominale doit donc tenir compte de la tolérance d'exécution.

Caniveaux à fente en béton extrudé : Retour d'expériences et préconisations

1.2.7.5 - Caniveau à fente

Un caniveau à fente constitue un dispositif d'assainissement sûr et peut donc être positionné à l'avant comme à l'arrière d'un dispositif de retenue. Dans le cas où il est situé devant le dispositif de retenue, il convient de respecter le dimensionnement ci-dessous.

Position du DR par rapport au caniveau à fente		Largeur de fente maximale admissible
Distance axe fente / nu avant du DR (a)	a ≤ 25 cm	6 cm
	a > 25 cm	3 cm ou 6 cm avec entretoises*

* Longueur d'entretoise de 20 cm tous les mètres.

Tableau 13 : Largeur de fente admissible d'un caniveau en fonction de la distance entre l'axe de la fente et le nu avant du DR

Pour les caniveaux implantés sur refuges, la largeur de la fente sera limitée à 2 cm conformément à la réglementation liée à l'accessibilité des personnes à mobilité réduite.

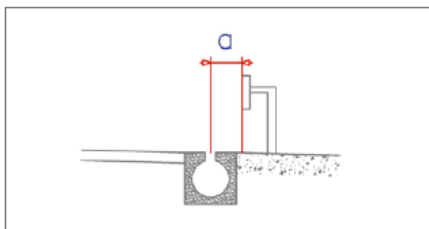


Figure 16 : Implantation d'un caniveau à fente à l'avant d'une barrière de sécurité (Source : Cerema)

Extrait du guide du CEREMA, figure 16¹

- **Tolérance planimétrique et altimétrique**

Le projet doit prendre en compte des tolérances suivantes.

La tolérance planimétrique est de +/-3 cm par rapport à l'implantation effectuée.

Note : Dans le cas où il est nécessaire de respecter des largeurs minimales de voies (BAU, BDG, BDD, ...), l'implantation du caniveau devra donc être décalée de 5 cm.

La tolérance altimétrique est de -2/+1 cm par rapport à l'implantation effectuée.

Note : Il est conseillé de réaliser des fiches d'auto-contrôle du CAF au regard de l'implantation effectuée.

F. Plan de contrôle interne

Contrôle	Nature et méthode	Fréquence	Critère acceptation
État du support	Contrôle visuel	Avant chaque intervention	Absence d'obstacles (pierres, ...), fermeture du support (absence de cavités, ...), granulométrie, largeur de tranchée
Nivellement du support	Mesure ponctuelle aux points d'implantation effectuée	Avant chaque intervention	Uniformité du support
Portance support	Contrôle des rapports de terrassement, à défaut essais à la plaque fournis par le terrassier	Suivant CCTP et chantier, peut-être un par zone ou suivant longueur	PF2 minimum

¹ « Dispositifs de retenue en section courante - Guide d'installation » - collection Les références du CEREMA, janvier 2022

Contrôle	Nature et méthode	Fréquence	Critère acceptation
Chemin de roulement	Contrôle visuel et métrique	Sur l'ensemble du chantier	Carrossable, largeur 4m minimum, débords amont et aval, absence d'obstacles, distance au CAF
Altimétrie, planimétrie du CAF	Contrôle métrique par rapport à l'implantation effectué	Au droit de chaque piquet/clou d'implantation	Prescriptions du CCTP
Gonflage de la gaine plastique	Contrôle visuel et manomètre	Régulier durant le gonflage	Maintien de la pression à 100/150 millibars
Largeur de fente	Contrôle métrique de l'ouverture	Régulier en sortie de moule	Correction sur béton frais
Clés de voute éventuelles	Contrôle métrique de l'inter distance	Ponctuel	Prescriptions du CCTP ou note de calcul

VI. Dispositions constructives particulières

A. Changement du diamètre nominal

Le procédé de mise en œuvre du caniveau à fente par machine à coffrage glissant impose que le changement du diamètre nominal ne s'effectue que sur des linéaires minimums de l'ordre de 200 à 300 ml.

Un regard de visite sera disposé à chaque changement de diamètre nominal.

Note : Le changement de moule conduit à un arrêt de l'avancement d'une journée, réduisant notablement le rendement journalier de l'atelier.

Dans tous les cas, il est déconseillé de changer de diamètre trop fréquemment ou sur des distances trop courtes (à minima 300 m).

B. Dimensions minimales des parois

Des épaisseurs minimales des parois latérales et du radier s'imposent.

Elles dépendent suivant la situation circulée ou non, le type de charges (routières, aéronautiques, industrielles), et le type de circulation (longitudinale occasionnelle ou récurrente ou transversale).

L'épaisseur minimale recommandée est 10 cm pour les parois latérales et pour le radier. Cette disposition ne nécessite aucune justification particulière dans le cas d'une circulation occasionnelle de PL.

Des calculs ou justifications spécifiques (calcul statique équivalent) seront fournis pour les autres cas.

C. Clés de voute

L'objectif des clés de voute est de renforcer la résistance du CAF aux charges de roulement au droit de la fente, pour contrôler sa fermeture.

Pour les CAF avec circulation longitudinale éventuelle, les clés de voûtes ne sont pas nécessaires, sauf préconisations particulières du guide CEREMA² (voir § V.E. avec fente de 6 cm et entretoises et figure 16).

² « Dispositifs de retenue en section courante - Guide d'installation » - collection Les références du CEREMA, janvier 2022

Caniveaux à fente en béton extrudé : Retour d'expériences et préconisations

Pour une circulation transversale occasionnelle de PL sur le CAF, des clés de voûte de 20 cm avec entraxe de 1,20 m seront disposées sans autre justification.

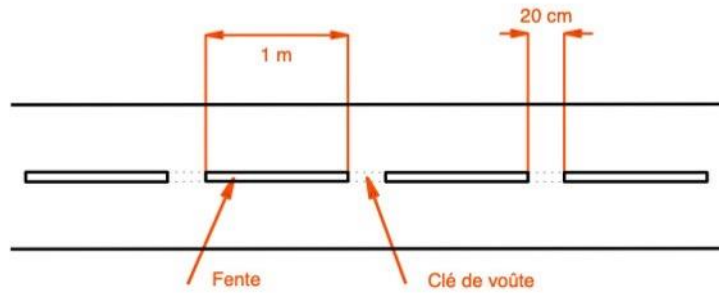


Schéma de disposition courante des clés de voûte @Spebea



Coulage d'un caniveau à fente avec clés de voûte en bord de plateforme @AGILIS

Pour des charges exceptionnelles ou des circulations routières PL non parallèles au CAF, la présence des clés de voûte sera intégrée à la note de calcul.

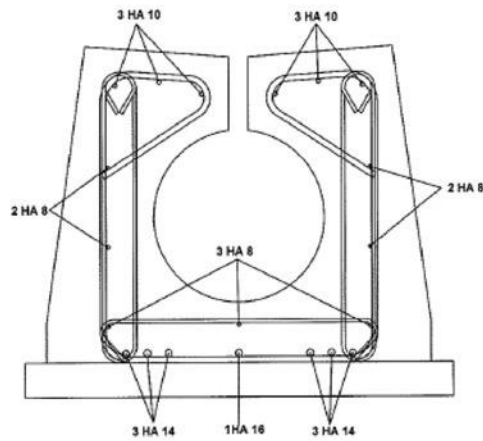
Lorsque les caniveaux doivent être circulés transversalement par des PL, il est conseillé d'incorporer des fibres polypropylènes au béton.

D. Cas particulier des caniveaux armés

Pour les caniveaux à fente supportant une charge à la roue supérieure à 600 kN, il est possible d'armer les caniveaux à fente.

Ces armatures, de qualité minimale Fe500, permettent de reprendre des charges lourdes portuaires ou aéronautiques.

En fonction de la charge et du trafic, une note de calcul doit être produite afin de déterminer la quantité d'acier nécessaire à la reprise des sollicitations par l'ouvrage.



Exemple de ferrailage @AER



Exemples de CAF ferrillé @PASS et @SIGNATURE

Les armatures doivent être soudées et non pointées. On s'assurera par contrôle que les soudures soient suffisamment solides afin d'éviter que l'énergie de compactage du béton les cassent.

Un lit de pose sera confectionné en béton maigre afin d'assurer le bon positionnement des cages d'armatures.

L'enrobage minimal des armatures est de 5 cm.

Note : Toutefois, un enrobage plus important est néfaste dans la partie supérieure du CAF (fissuration des lèvres et de la partie supérieure des parois latérales sous circulation), compte tenu des épaisseurs concernées.

Note : Il existe des solutions alternatives aux armatures développées par certaines entreprises. Ces dernières doivent faire l'objet de justificatifs (essais, notes de calcul etc...).

E. Joints

Les CAF non armés ne comportent pas de joints de dilatation, car la dilatation est absorbée par les joints de retrait.

Les joints de dilatation sont à réserver aux CAF armés au droit des regards soit environ tous les 40 m. Ce joint, de 2 cm d'ouverture minimale, sera rempli d'un matériau compressible (compressibilité de 50% maximum) résistant aux hydrocarbures.

Les joints de fin de journée sont réalisés au droit d'un regard ou d'une chambre et ce sont des joints secs (le béton est réalisé sur le béton repiqué de la veille).

F. Cas particulier en tunnel

En tunnel (et plus particulièrement pour ceux de plus de 300 m de long), les caniveaux à fente intégreront une géométrie spécifique dite « caniveaux incendies » conformément aux préconisations du Dossier pilote Génie Civil Section 7 « Assainissement, drainage et réseaux divers » du CETU et du guide CETU « Assainissement des tunnels routiers de la conception à la maintenance ».

Au droit des zones de refuge, des dispositions particulières sont données (interruption du CAF au droit des issues de secours, caniveau à fente horizontale au droit des zones de garage ou de retournement).

Pour répondre aux exigences de non propagation des incendies, des regards siphoniques coupe-feu spécifiques sont nécessaires. Compte tenu de leur particularité, ces regards sont de type préfabriqués et intégrés à la section courante du CAF extrudé.



CAF en tunnel @AGILIS

VII. Formulation et caractéristiques du béton

A. Choix de la classe d'exposition (EN206+A2/CN) et recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel

Les classes d'exposition pour les ouvrages routiers sont généralement XF2 ou XF4 (le XF4 étant à réserver pour les ouvrages fortement exposés dans les zones montagneuses). D'autres classes peuvent y être associées dans les cas de réalisation dans des zones d'agression spécifiques comme un environnement d'agressivité chimique, maritime, etc.

A cela, peut s'ajouter des contraintes complémentaires décrites dans le guide sur les « recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel ».

Dans ce guide, les ouvrages de voirie coulés en place (bordures et caniveaux) sont catégorisés (niveau de risque faible ou acceptable). Ils sont donc à traiter selon la norme NF EN 206+A2/CN et ne nécessitent pas des prescriptions complémentaires :

- Du fascicule 65 (article 8 et tableau 8B) ;
- Pour le niveau de prévention G ou G+S et leurs prescriptions sont traitées dans le guide du CEREMA – Université Gustave Eiffel intitulé « Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel - Environnements hivernaux rigoureux »³.

Les CAF extrudés étant classés dans la catégorie A, niveau de risque faible ou acceptable, pour les classes d'exposition XF1 à XF4, ils seront à traiter selon la norme en vigueur : dans le cas présent suivant la norme EN 206+A2/CN. Il n'y a aucune nécessité sauf en cas de forte

³ « Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel - Environnements hivernaux rigoureux » - collection Techniques et méthodes, CEREMA – Université Gustave Eiffel, 2021.

Caniveaux à fente en béton extrudé : Retour d'expériences et préconisations

exposition au gel et au sel (zone de montagne) de les traiter suivant le fascicule 65 du CCTG ou de les qualifier en « G » ou « G+S ».

Dans tous les cas, la quantité de ciment ou de liants équivalents ne peut pas excéder 350 kg/m³ (pour granulats D20).

Dans le cadre des contraintes environnementales où on cherche à limiter les rejets des GES, il est important de ne pas surdoser inutilement les bétons en ciment. Un autre effet négatif d'un surdosage et la gestion de la fissuration de retrait et principalement de l'ouverture des fissures.

Plus le béton est dosé, plus le ciment est riche en clinker, plus la température de mise en œuvre du béton est élevée, plus la fissuration naturelle de retrait est ouverte, et plus le risque de RSI est présent en période estivale.

Néanmoins, la technique de réalisation par coffrage glissant des caniveaux ne permet pas l'utilisation de tous les ciments et en particulier les ciments « bas carbone à faible teneur en clinker ». En effet, un béton adapté nécessite une montée en résistance au jeune âge suffisamment rapide afin d'éviter une détérioration et une dessiccation marquées.

Il est important de tenir compte de toutes ces contraintes pour bien prescrire les caractéristiques du béton.

B. Formulations théoriques

La résistance minimale du béton des CAF est normalement C25/30 avec un dosage minimal en ciment de 300 kg/m³. Ces minima seront augmentés pour répondre aux sollicitations de trafic (si circulés en traversée ou en longitudinal) et aux contraintes de durabilité (classes d'exposition).

Les formules comprennent du sable, deux coupures de granulats, un plastifiant et un entraîneur d'air (entre 4 et 6%).

La classe d'affaissement du béton frais est S1 (10 à 40 mm).

Éventuellement des fibres (polypropylènes ou métalliques) pourront être incorporées.

1. Essais sur béton

Contrôle	Nature et méthode	Fréquence	Critère acceptation
Essais sur béton frais et durci	Vérification de la résistance à la compression (peut être réalisée à la centrale à béton)	Suivant CCTP et 1 par jour maximum (la régularité est assurée par la marque NF BPE)	Résistance compression $\geq 25\text{MPa}$ ou autre valeur donnée par NF EN 206+A2/CN et classes d'expositions
Slump-Test	Mesure au cône d'Abrams (sur chantier)	1 ^{ière} toupie / jour (la régularité est assurée par la marque NF BPE)	S1
Air entraîné (occlus)	Mesure de la teneur en air occlus (peut être réalisée à la centrale à béton)	1 ^{ière} toupie / jour (la régularité est assurée par la marque NF BPE)	Entre 4 et 6%

• Slump test

L'essai consiste à contrôler l'affaissement du béton, c'est-à-dire la consistance du béton (ferme, plastique, fluide).

L'essai d'affaissement (slump test) est effectué conformément à la norme NF EN 12350-2.

- **Air occlus**

L'air occlus présent dans le béton par la mesure de l'air entraîné [selon la norme NF EN 12350-7].

La teneur en air est contrôlée à l'aide d'un aéromètre à béton. La mesure repose sur le fait qu'en cas de surpression le volume de l'air contenu dans le béton compacté varie.

- **Résistance à la compression**

La résistance à la compression du béton durci est contrôlée en laboratoire sur des éprouvettes cylindriques confectionnées soit sur le terrain, soit à la centrale à béton.

Elles sont écrasées au minimum à 7 et 28 jours. Elles permettent de garantir que le béton mis en œuvre a bien la valeur minimale de résistance demandée.

C. Remise sous circulation

Il est conseillé d'attendre au minimum 7 jours — cette valeur pouvant être réduite à 4 jours, en fonction de la nature du béton et de la période de réalisation (condition de température), avant tous remblayage ou compactage ou à proximité du CAF.

A défaut, il est fortement conseillé d'utiliser des matériaux autocompactants. L'utilisation de moyen de remblaiement et de compactage classique peut engendrer des dommages structurels visible ou non-visible au caniveau qui nuiront à sa durabilité.

La remise sous circulation ne pourra s'effectuer qu'après avoir atteint un minimum de 80% de la résistance caractéristique (exemples : 20 MPa pour un C25/30 et 25 MPa pour un C30/35).

VIII. Points particuliers

A. Fissuration naturelle de retrait

Le béton est un matériau qui possède une certaine perméabilité naturelle, donc il n'est pas parfaitement étanche. Coulé en place en continu et non armé, il présente de manière intrinsèque et inévitable des fissures de retrait. Celles-ci sont dues à la diminution du volume qui résulte de la réaction chimique qui a lieu pendant la prise du béton et à la perte en eau par évaporation. Le béton se dilatant et se rétractant, tout au long de sa vie du fait des variations de température, les fissures permettent d'absorber la dilatation linéaire du béton. Pendant la vie de l'ouvrage, la taille de l'ouverture des fissures évolue en fonction de la température ambiante.

La fissuration de retrait se développe de manière préférentielle au droit des regards de visite (et leur ouverture est généralement plus importante en ces points) et son espacement dépend de la formulation du béton et de la qualité du sol support. Cette fissuration de retrait est traversante et transversale à l'écoulement des eaux.

Afin de protéger l'environnement des pollutions potentielles liées aux eaux de ruissellement et des pollutions accidentelles, 4 classes de vulnérabilité⁴, définies en fonction de la sensibilité du milieu, permettent aux prescripteurs de choisir les modalités de collecte et de traitement des eaux des plateformes. Si les prescriptions qui en découlent pour les bassins sont clairement établies, en termes d'étanchéité et de modalités de réception, il n'en est pas de même pour les systèmes de collecte de

⁴ « Méthode de hiérarchisation de la vulnérabilité de la ressource en eau » – note d'information du CEREMA, août 2014

ces eaux qui les amènent jusqu'aux bassins. En effet, des règles de l'art ont été édictées pour les caniveaux enherbés, et ne sont pas transposables aux caniveaux en béton.

En conclusion, les zones classées Vertes et Jaunes ne nécessitent aucune disposition particulière pour l'assainissement de surface. Pour les zones classées Rouges et Noires, des dispositions peuvent être prises en fonction des exigences précisées dans les pièces du marché (et pas après réalisation du CAF).

Ainsi, le retour d'expérience sur les CAF amène à considérer que :

- La perméabilité intrinsèque du béton (environ 10^{-11} m/s). La présence d'une fissuration normale due au retrait du béton augmente cette perméabilité. Toutefois, celle-ci n'est pas préjudiciable dans le cas de zones Vertes ou Jaunes, puisqu'on est en présence d'un écoulement sans stagnation, et qu'on assiste généralement à un colmatage naturel des fissures ;

Note : Il convient toutefois de prendre toutes les précautions pour éviter les fissures longitudinales (qualité du sol support, épaisseur du radier, ...).

- **Pour les zones Rouges et Noires, l'utilisation de caniveaux à fente en béton extrudé s'accompagne de dispositions d'étanchéité spécifiques détaillées ci-dessous impactant le coût de réalisation.**

En conclusion, les exigences en termes d'étanchéité finale du CAF, dans les zones Rouges et Noires, doivent être explicitement exprimées dans les pièces du marché, puisqu'elles nécessitent des dispositions spécifiques lors de la réalisation du CAF par extrusion, et impactent le coût global de réalisation. En effet, la fissuration étant un phénomène naturel et imprévisible (espacement, largeur), qui ne peut être maîtrisé pour les bétons coulés en place. Les exigences d'étanchéité requise ne peuvent être obtenue que par la mise en place de l'un des systèmes décrits ci-après.

Note : Il n'existe aucun essai, permettant de contrôler l'étanchéité, adapté à ce type d'ouvrage (profil ouvert, sans pression hydraulique, ...).

i. Membrane étanche intégrée

L'étanchéité est réalisée en même temps que l'extrusion par la mise en place d'une membrane de forte épaisseur de base polyoléfine caractérisée par une raideur très élevée et une résistance aux hydrocarbures.

Elle est liaisonnée mécaniquement au béton, par exemple grâce à une forme de treillis présente sur sa face externe en contact avec le béton.

Une fois la membrane en place, le caniveau sera étanche de manière durable.



Coupe d'un CAF avec membrane étanche intégrée ID Seal® @INTERFACE développement

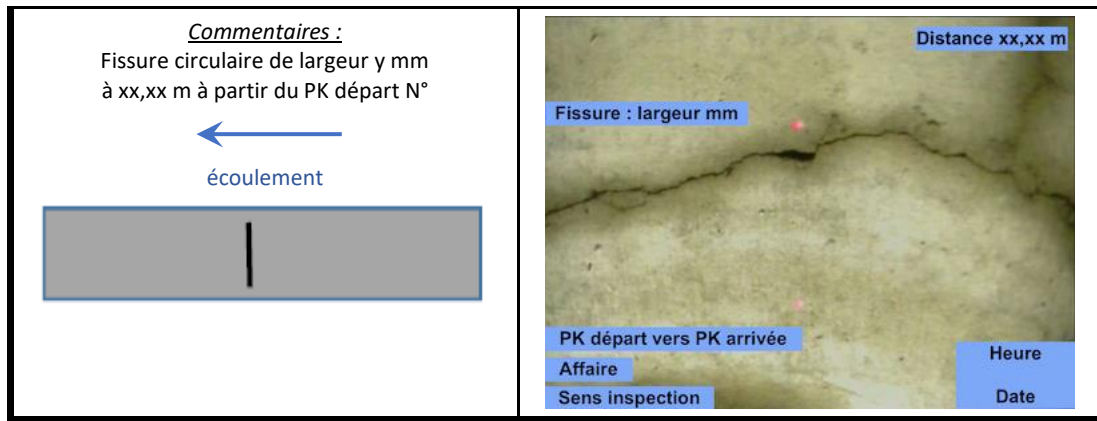
ii. Solution par produit d'étanchéité

• Opération préalable

Les actions suivantes devront permettre de colmater les fissures et ainsi assurer l'étanchéité du CAF et seront menées au préalable :

- Inspection par endomètre, éventuellement complétée par caméra endoscopique du CAF afin de repérer les fissures (après hydrocurage) ;
- Établissement d'un rapport détaillé de l'inspection. Ce rapport doit permettre de situer les fissures (en partant d'un regard) et appréhender leur position par marquage (au marqueur d'un trait signifiant l'axe de la fissure, ponctuellement des flèches et un second trait pouvant être rajouté pour les fissures qui ne sont pas perpendiculaires).

AFFAIRE		RAPPORT D'INSPECTION PAR CAMERA	
Type : Assainissement de surface	Diamètre	Sens écoulement (PK départ et arrivée)	Localisation
Nature : CAF coulé en place		Sens inspection (PK départ et arrivée)	Longueur inspectée
Distance du PK de départ	Photo N°		
<p><i>Commentaires :</i> Départ inspection à l'axe du regard du PK N° au PK N° RAS</p>			
Distance du PK de départ	Photo N°		



Exemple de repérage de la fissuration



Fissure perpendiculaire au CAF
Traitement localisé

Plusieurs fissures en biais
Traitement étendu

Exemple de marquage sur le côté latéral du CAF

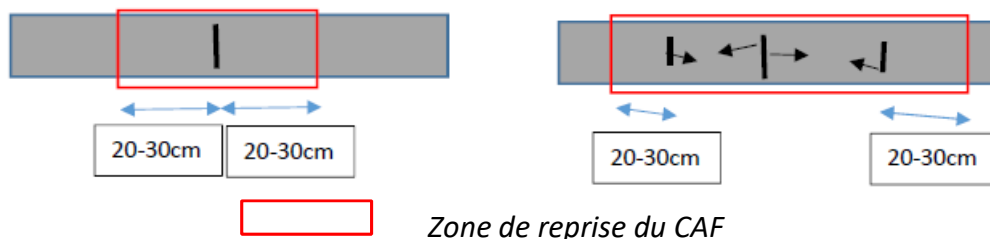
• **Opération de reprise**

La reprise s'effectuera par l'utilisation d'une résine souple de type époxy qui permettra la légère variation de la largeur des fissures sous effets thermiques.

La mise en œuvre de cette résine s'effectuera en couvrant les zones affectées et en respectant les préconisations du fournisseur.

Exemple avec produit Flexter 300 :

- Matériel pour la reprise : Flexter 300 ; gamatte ; mélangeur électrique ; balais ; brouette, solvant ; camera endoscopique.
- Une équipe opérationnelle de reprise sera composée de 2 personnes. Chaque marque sur GBA permet de connaître l'étendu du produit à appliquer.



Fissure perpendiculaire au CAF

Fissure en biais

- Préparation du mélange A+B du Flexter au malaxeur, laisser reposer 15 minutes.
- Après chargement du produit sur le balai, application au droit de la fissure au fil d'eau du caf pour décharger le produit, puis balayage de celle-ci, sur 20-30 cm de part et d'autre de la fissure (3 allers-retours), on aura alors traité une face du CAF, rechargement du produit et deuxième application du même côté ;
- Même opération pour l'autre côté du CAF, 2 chargements et balayage.



Illustration du produit répandu sur le balai

- **Opération de contrôle**

A l'avancement, pour chaque reprise de fissure, on vérifie la reprise de celle-ci à l'aide de la caméra endoscopique (produit bien appliqué sur la zone de fissure, et sur la moitié de la hauteur du CAF), et si besoin, effectue une retouche, tout en ajustant au fur et à mesure l'application des équipes de reprises.



Résultat du produit appliqué partiellement sur la fissure

iii. Autres solutions

D'autres solutions non détaillées dans ce document peuvent être déployées mais ont un coût de réalisation très important.

Il s'agit :

- Soit de traitement complet par pulvérisation de SEL (système d'étanchéité liquide) à l'aide d'un robot ;
- Soit de traitement ponctuel par pulvérisation de résine ou par feuille appelée manchette durcie par UV.

B. Pré-fissuration

La pré-fissuration peut éventuellement être envisagée pour assurer la maîtrise de la fissuration. En effet, son intérêt théorique est de pouvoir rapprocher les fissures pour qu'elles soient plus fines.

Caniveaux à fente en béton extrudé : Retour d'expériences et préconisations

Mais, il est très difficile de fragiliser suffisamment la section (1/3 de l'épaisseur) et impossible d'intervenir sur le radier. C'est pourquoi, la pré-fissuration doit être réalisée en deux temps, dans le béton frais par un prémarquage à la truelle, et le lendemain approfondi à la disqueuse.

Le résultat obtenu ne permet pas de garantir une correspondance à 100 % entre les fissures de retrait et le prémarquage des joints. Néanmoins, l'ensemble améliore la répartition du retrait et permet, en conséquence, de mieux maîtriser l'ouverture des fissures.



Pré-fissuration, première étape sur béton frais à la truelle @ AGILIS

Note : Dans le cas où le béton est fibré métallique, la pré-fissuration est à interdire, les fibres jouant un rôle d'armature continue.

C. Dessiccation du béton : sol support et cure

• Préparation du sol support

Il convient d'humidifier le sol support avant la mise en œuvre du béton, afin d'éviter l'absorption de l'eau du béton par le sol support.

En cas de forte chaleur, il convient également d'arroser les sols supports et en particulier les sols bitumineux, afin de limiter la fissuration de retrait à partir de la surface de contact.

• Cure du béton

Le béton est un matériau fragile au jeune âge. Il est nécessaire de lui éviter des contraintes auxquelles il ne peut pas répondre. Il est obligatoire, surtout par fortes chaleurs ou grands vents, de le protéger et de lui éviter des tensions superficielles, qui se traduiront sur le béton durci par des fissurations et des résistances amoindries. Pour ces raisons, il est nécessaire de prendre des dispositions particulières lors du bétonnage.

En effet, le béton subira à ces heures une forte évaporation superficielle de l'eau, c'est la dessiccation, qui causera un faïençage superficiel du béton durci.

Il est nécessaire de prévoir une protection de surface juste après la mise en œuvre.

La pulvérisation de produits de cure peut remplir ce rôle pour éviter une trop forte évaporation en constituant un film imperméable.

D. Position du dispositif de retenue coulé en place par rapport au CAF

Cette configuration est largement traitée dans la norme NF P98-426 « Barrières de sécurité routières — Séparateurs et murets en béton coulé en place ».

Plusieurs cas sont à considérer selon cette norme, selon la scarification ou non du caniveau. Si le caniveau est non scarifié la figure suivante s'applique. En présence de scarification, le séparateur peut être coulé sur le caniveau à fente sans limite de chevauchement ⁵.

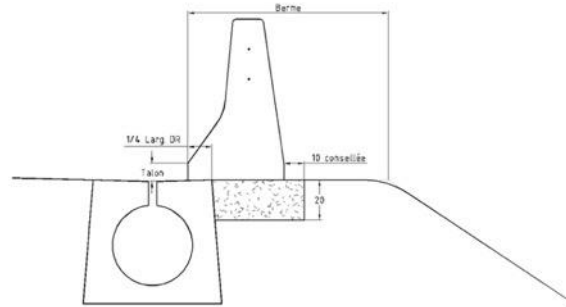


Figure 17 — Positionnement de la GBA sur une semelle et sur un Caniveau à Fente

NOTE Ce présent document n'a pas pour objet de définir la berme qui est représentée à titre indicatif.

Le chevauchement du dispositif sur le caniveau à fente sera au maximum de $\frac{1}{4}$ de la largeur du dispositif de retenue.

Positionnement sans scarification du CAF ⁶

E. Chambre de nettoyage

Le matériel d'hydro curage permet des zones d'action de plus de cent mètres, il est fortement conseillé d'espacer les chambres de visite de cette valeur d'une centaine de mètres. D'autant que leur présence génère des zones d'affaiblissements et donc des zones de fissure.

Ces chambres sont intégrées à la réalisation à l'avancement, avec découpe, de la zone supérieure, à la sortie de la machine.

Une fissure inévitable de retrait va se développer au droit de ces chambres puisqu'elles créent une amorce de fissuration.



Chambre avec fissure @SIGNATURE

⁵ Projet de révision de la norme NF P98-426 de 2018

⁶ Norme NF P98-426 « Barrières de sécurité routières — Séparateurs et murets en béton coulé en place », septembre 2018

F. Regards d'assainissement de piquage sur collecteurs

Ces regards des collecteurs sont généralement préfabriqués et doivent être arasés pour assurer le passage du moule. Le CAF est ensuite découpé de part en part au droit du collecteur et aux dimensions du regard. Le regard est enfin mis à la cote finale et des piquages sont réalisés en permettant la liaison entre le CAF et le regard du collecteur.



Une pré-fissuration a été réalisée faite à droite du regard, la fissure qui s'est développée au niveau du fil d'eau a été traitée

Regard vue de dessus @AGILIS