

8.7 Le béton dans les routes

L'intérêt du béton dans les routes

Un intérêt croissant pour les routes en béton se développe dans le monde entier, tant pour la réalisation des grands axes routiers et autoroutiers que pour les voiries urbaines ou pour des applications plus modestes, mais très nombreuses, telles que les routes secondaires et la voirie rurale, forestière ou de lotissement.

Les raisons principales de ce développement sont dues à la satisfaction qu'elles apportent aux usagers comme aux responsables des réseaux :

- la chaussée en béton apporte à l'usager un niveau de service élevé, associé à un niveau de sécurité remarquable : adhérence par tous temps, absence d'orniérage, visibilité due à une bonne réflexion de la lumière ;
- le bilan économique à long terme est très favorable du fait de la longévité de la chaussée béton et de son entretien réduit ;
- le béton apporte aux chaussées ses performances, notamment sa durabilité (résistance à la chaleur, au froid et au gel), et sa solidité (résistance aux charges, à l'érosion et aux agressions chimiques) ;
- le béton permet de réaliser des chaussées intégrées à l'environnement en employant des granulats,

des colorants et des traitements de surface qui offrent de nombreuses possibilités décoratives ;

- le béton est un matériau simple à réaliser et à mettre en œuvre.

Définitions

■ Le trafic

Il est déterminé en fonction du nombre de poids lourds par jour :

Nombre de poids lourds/jour	750 à 2 000	300 à 750	150 à 300	100 à 150	50 à 100	25 à 50	10 à 25	0 à 10
Classe de trafic	T ₆	T ₅	T ₄	T ₃	T ₂	T ₁	T ₀	T ₋₁
Nature du trafic	FORT ET MOYEN							
				MOYEN ET FAIBLE				

Le dimensionnement d'une chaussée tient compte de la classe de trafic initiale et de la durée de service prévue, conduisant à considérer le trafic cumulé sur cette période.



■ La portance du sol

Les sols sont classés en cinq classes de p_0 à p_5 , caractérisant la capacité du sol à résister aux charges appliquées (voir le chapitre 8.8).

p	Types de sols	Examen visuel (essieu de 13 t)	
p_0	Argiles fines saturées, sols tourbeux, faible densité sèche, sols contenant des matières organiques, etc.	Circulation impossible sol inapte très déformable	
p_1	Limons plastiques, argileux et argilo-plastiques, argiles à silex, alluvions grossières, etc., très sensibles à l'eau.	Ornières derrière l'essieu de 13 t déformable	
p_2	Sables alluvionnaires argileux ou fins limoneux, graves argileuses ou limoneuses, sols mameux contenant moins de 35 % de fines.	Pas d'ornières derrière l'essieu de 13 t	Sol déformable
p_3	Sables alluvionnaires propres avec fines < 5 %, graves argileuses ou limoneuses avec fines < 12 %.		peu déformable
p_4	Matériaux insensibles à l'eau, sables et graves propres, matériaux rocheux sains, etc., chaussées anciennes.		très peu déformable

■ Les caractéristiques du béton

Selon les applications et le trafic, le béton doit présenter des caractéristiques définies par la norme NF P 98-170 « Chaussées en béton – Exécution, Suivi, Contrôle des spécifications »).

Le rôle et la structure de la chaussée béton

Le poids du véhicule est transmis au sol, sous forme de pressions, par l'intermédiaire des pneumatiques. Ces pressions, voisines de la pression de gonflage des pneumatiques, sont relativement importantes : 6 à 7 kg/cm².

D'une manière générale, les sols ne peuvent supporter sans dommage de telles pressions ; il se forme alors des ornières.



Le rôle d'une chaussée est de reporter sur le sol support, en les répartissant convenablement, les efforts dus au trafic. La chaussée doit avoir une épaisseur telle que la pression verticale transmise au sol soit suffisamment faible, afin que celui-ci puisse la supporter sans dégradation.

Comme la pression décroît régulièrement en profondeur, on peut constituer une chaussée par la superposition de couches de caractéristiques mécaniques croissantes à partir du sol. En général, on rencontre successivement.

La couche de fondation

La construction de cette couche ne pose pas de problème particulier ; la plupart des matériaux conviennent.

La couche de base

La construction de cette couche doit faire l'objet d'une attention toute spéciale : le matériau utilisé doit pouvoir résister aux contraintes résultant du trafic.



Les différentes couches qui constituent la structure de la chaussée.

La couche de surface (ou de roulement)

Elle doit notamment résister aux efforts tangentiels des pneumatiques et s'opposer à la pénétration de l'eau.

L'ensemble de ces trois couches constitue l'assise de la chaussée.

L'avantage apporté par la chaussée béton est le remplacement des couches de base, de surface et, éventuellement, de fondation, par une dalle monolithique qui remplit leurs fonctions ; c'est le principe de la chaussée rigide.

Les bétons routiers

A partir des différentes catégories de ciments, il est possible d'obtenir une grande variété de bétons aux caractéristiques appropriées. En fonction de la nature des granulats, des adjuvants, des colorants, le béton s'adapte aux exigences de chaque réalisation, par ses performances comme par son esthétique.

Selon sa destination, on choisira la formulation et la mise en œuvre du béton la mieux adaptée.

Le trafic est déterminé en fonction du nombre de poids lourds par jour.

■ Le béton pervibré

C'est un béton réalisé avec du ciment et des granulats usuels, dosé de 300 à 350 kg de ciment par m³ de béton. La mise en œuvre se fait avec vibration soit à l'aiguille vibrante soit avec des machines plus élaborées allant de la poutre vibrante au finisseur ou encore des machines à coffrage glissant.

■ Le béton fluide

Le béton fluide est un béton routier de composition classique auquel est incorporé un fluidifiant qui facilite sa mise en œuvre sans réduire sa résistance. La fluidification du béton augmente considérablement sa maniabilité, mesurée par l'affaissement au cône qui passe par exemple de 5 cm à 20 cm.

■ Le béton compacté

C'est un mélange de grave, de sable, de liant, d'eau et éventuellement d'adjuvants, ayant des caractéristiques bien définies et dans des proportions données. La granulométrie est particulièrement étudiée pour assurer une stabilité naturelle et permettre une ouverture à la circulation quasi immédiate, après compactage et couche de protection.

Parmi les nombreux types de béton utilisés dans les techniques routières, on peut citer outre les bétons usuels mentionnés ci-dessus.

■ Le béton poreux

Le béton poreux est un béton hydraulique qui se caractérise par une porosité ouverte très importante avec des canaux de forte section. Cette porosité se situe entre 15 et 30 %. Elle est obtenue en supprimant les gravillons intermédiaires et/ou en diminuant la quantité de sable. Ces bétons sont intéressants pour leurs qualités drainantes, d'adhérence, et l'affaiblissement du bruit de roulement.

■ Le béton de sable

C'est un matériau fabriqué en centrale et destiné à être utilisé en assises de chaussées. Il est constitué d'un mélange de sable, de ciment, d'eau, d'adjuvants et éventuellement d'un correcteur granulométrique.

■ Le béton de fibres

La présence des fibres dans le béton apporte une amélioration de certaines caractéristiques du béton, en particulier, en matière de résistance au cisaillement, à la fatigue ou aux chocs. Les fibres sont le plus souvent métalliques, en fonte ou en polypropylène.



Chaussée épaisse en dalles courtes non armées.



Béton armé continu : armatures en fer rond ou en ruban cranté.



La voirie à faible trafic

Une voie est dite « à faible trafic » lorsque le nombre de véhicules qui y circulent est inférieur à l'équivalent de 150 poids lourds (essieux-types de 13 t) par jour, soit environ 1 500 véhicules par jour, tous modèles confondus.

La route à faible trafic en béton est constituée soit d'un revêtement en béton de ciment (pervibré ou fluide), qui sert de couche de roulement, soit d'une couche de base en béton sec compacté revêtue d'un enduit superficiel.

Les caractéristiques mécaniques du béton de ciment (grande rigidité, forte résistance vis-à-vis de diverses sollicitations, etc.) permettent d'apporter des simplifications substantielles au niveau de la conception de la structure, du profil en travers et du profil en long – et, par suite, des économies notables sur l'investissement.

D'une manière générale, la réalisation d'une route dans de bonnes conditions et son bon fonctionnement dans le temps nécessitent de respecter, dans sa conception, certaines règles fondamentales touchant à l'infrastructure, à l'assainissement, au drainage, aux joints et aux matériaux constituant la chaussée.

■ L'infrastructure

La rigidité de la dalle béton permet, la plupart du temps, son exécution directement sur un sol compacté et nivelé lorsqu'il est homogène.

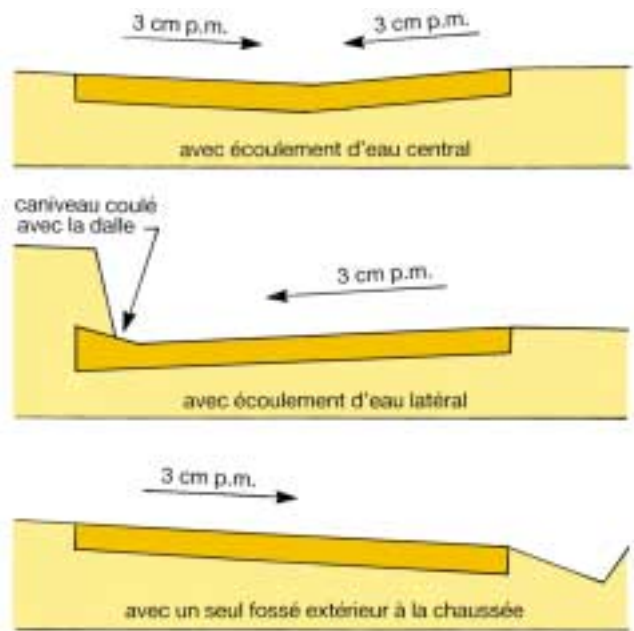
En cas de sol hétérogène ou de faible portance, une couche de forme ou un traitement du sol à la chaux et/ou au ciment peut s'avérer nécessaire.

■ L'assainissement

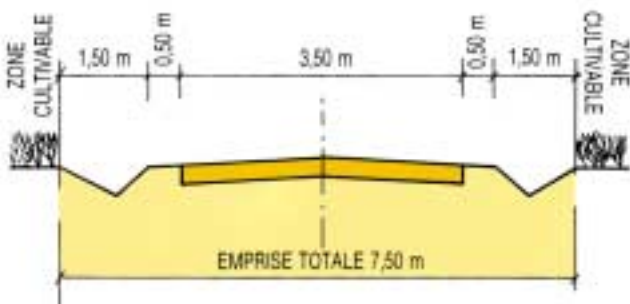
Le projet d'une route à faible trafic en béton doit être conçu en fonction de la spécificité du matériau qui est le béton de ciment.

En effet, par sa forte résistance aux diverses sollicitations extérieures, en particulier à l'érosion, il permet une grande variété de profils (en travers et en long) car la chaussée elle-même peut être utilisée pour assurer le ruissellement des eaux (profil à écoulement central ou latéral, profil en toit).

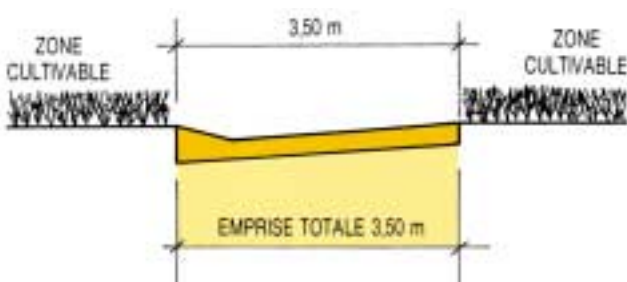
EXEMPLES DE PROFILS EN TRAVERS



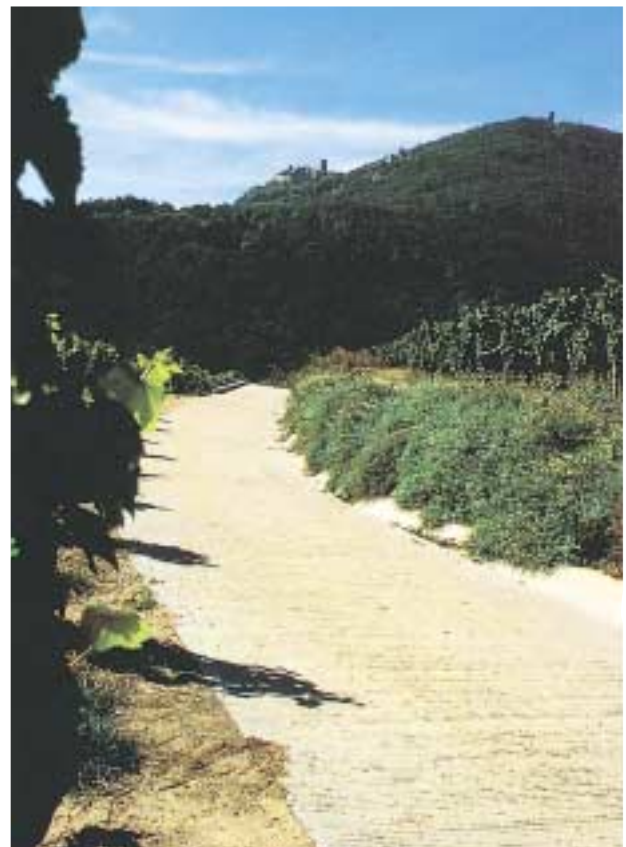
EXEMPLES D'EMPRISES



CHAUSSÉE CLASSIQUE



CHAUSSÉE EN BÉTON DE



■ Le drainage

Le plus souvent, la chaussée en béton ne nécessite pas de dispositif de drainage particulier.

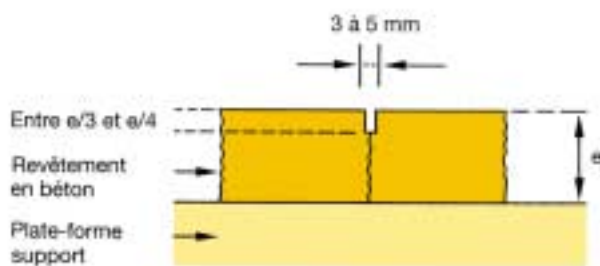
Cependant, pour les sols à teneur en eau élevée ou susceptibles de présenter des accumulations d'eau, il y a lieu de prévoir un drainage efficace, facteur essentiel de durabilité de la chaussée, notamment en matière de résistance aux cycles gel-dégel.

■ Les joints

La réalisation correcte de joints destinés à localiser la fissuration est une condition essentielle de la durabilité de la chaussée. On distingue les joints transversaux et les joints longitudinaux.

Les joints transversaux sont destinés à réduire les sollicitations dues au retrait ou au gradient thermique (joints de retrait), à compenser les variations dimensionnelles d'origine thermique (joints de dilatation) ou à marquer un arrêt de bétonnage (joints de construction).

Les joints longitudinaux, servent à compenser essentiellement les contraintes dues au gradient thermique, sont donc des joints de retrait.



Joint de retrait (scié ou moulé)

■ Les critères de dimensionnement

Les critères de dimensionnement, retenus pour les voiries à faible trafic, sont :

Le trafic

Il correspond aux classes t_6 à t_3^+ , soit 0 à 150 poids lourds par jour.

La portance du sol

Pour les voiries à faible trafic, il suffit que le sol présente une portance au moins égale à p_2 ; en dessous, la réalisation d'une couche de forme s'avère souvent nécessaire pour permettre une assise suffisante de la dalle béton.

Les caractéristiques du béton

Le seuil minimal de résistance à la traction par flexion, paramètre essentiel en matière de dimensionnement, est fixé à 4,5 MPa.

Selon l'évolution prévisible du trafic et la période de service retenue (généralement 20 à 40 ans pour les chaussées béton), les critères adoptés pour le dimensionnement conduisent à une épaisseur optimale de béton comprise entre 15 et 22 cm.

Des catalogues détaillés de structure établis par le SETRA fournissent les valeurs de dimensionnement en chaussée neuve et en renforcement de chaussées anciennes.

■ La réalisation de la chaussée

Les différentes phases de réalisation de la chaussée sont les suivantes :

- les travaux préparatoires ;
- les terrassements incluant notamment les traitements de sols au ciment ou à la chaux ;
- la mise en œuvre du béton, effectuée selon l'une des trois techniques :
 - le béton est penvibré soit à l'aiguille vibrante, soit avec du matériel permettant l'exécution de l'ensemble des opérations de mise en place du béton, de vibration et de lissage (vibro-finiisseur, machine à coffrage glissant) ;
 - le béton fluide, comportant un superplastifiant, se met en place de lui-même, sans vibration ni compactage, entre coffrages réglés ;
 - le béton est compacté avec un compacteur vibrant en une ou deux couches selon l'épaisseur à réaliser.



Serrage à la règle vibrante...



... ou au vibro-finiisseur.



Les finitions

Les joints sont exécutés, soit aussitôt après mise en œuvre du béton par incorporation dans le béton frais d'un profilé en plastique, soit dans le béton durci par sciage avec une machine à disque diamanté.

Les traitements de surface du béton permettent de créer une texture donnant une bonne adhérence sur revêtement sec ou mouillé, et un aspect esthétique qui peut être agrémenté par des colorations variées.

Les traitements usuels sont le brossage, le striage, ainsi que le dénudage des granulats mécaniquement ou par voie chimique.

La cure du béton frais permet d'éviter la dessiccation du béton sous l'effet du vent ou de la chaleur.

Elle est généralement réalisée par pulvérisation d'un produit de cure ou, plus simplement, par protection par un film de polyéthylène ou par arrosage.



Surface striée au balai ou au râteau.



Les applications

La voirie à faible trafic, à laquelle le béton apporte ses avantages technico-économiques, représente plusieurs centaines de milliers de kilomètres :

- les voiries de lotissement ;
- les voies piétonnes dans les centres urbains ;
- les pistes cyclables ;
- les voiries communales ;
- les voiries agricoles, forestières, viticoles.

La technique béton est également applicable à la réalisation de sols industriels, aires de stockage, quais de chargement, parkings (voir le chapitre 8.6).

Pour toutes ces voiries ou sols en béton, des traitements de surface peuvent enrichir l'esthétique de l'ouvrage et faciliter son intégration dans des environnements variés. Ces traitements sont principalement :

- le béton désactivé ;
- le béton bouchardé ;
- le béton imprimé.

Le béton désactivé

Cette technique consiste à éliminer le mortier superficiel du revêtement en béton de façon à faire apparaître les granulats et à conférer à la surface des caractéristiques particulières d'adhérence et/ou d'aspect.

Le béton bouchardé

La surface du béton durci est attaquée avec un marteau spécial « boucharde ».

Le béton imprimé

Des matrices ou des moules spéciaux sont utilisés pour créer des dessins ou motifs à la surface d'un béton frais.

Les routes à moyen et fort trafic

Il s'agit des routes qui supportent un passage de poids lourds supérieur à 100 par jour (classement T_0 à t_3). C'est un domaine dans lequel le béton a démontré ses avantages depuis de nombreuses années, notamment dans le secteur autoroutier.

Parmi les techniques en présence celles utilisant les dalles courtes non armées et le béton armé continu se développent tout particulièrement.

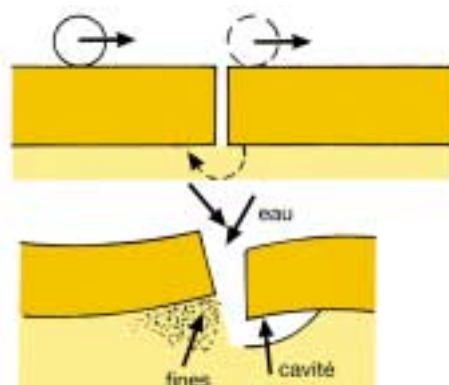
Techniques	Utilisation préférentielle
Dalles courtes non armées	Tout type de route
Dalle épaisse	Route à fort trafic Autoroute
BAC	Route à fort trafic Renforcement
Béton sec compacté	Route à faible et moyen trafic

Les dalles courtes non armées

La longueur maximale des dalles varie entre 3,50 m et 6 m.

Le principe de fonctionnement

La technique est déjà ancienne, mais son mérite est d'avoir su évoluer pour s'adapter aux conditions actuelles de trafic, et d'éliminer les défauts qui s'étaient manifestés à l'origine. Ces défauts étaient liés aux modifications des conditions d'appui des dalles au droit des joints, se traduisant par un phénomène de « pompage », des décalages et des fracturations de dalles.





Les dispositions constructives

Elles permettent d'éliminer ces phénomènes et sont aujourd'hui bien maîtrisées.

Le drainage

L'emploi de dispositifs drainants longitudinaux en bord de dalle est une solution efficace et économique.

L'utilisation de matériaux d'appui peu érodables

Le comportement du revêtement en béton est conditionné par les effets de l'eau pouvant s'accumuler entre la dalle de béton et la fondation. En cas de mise sous pression dynamique sous l'action des charges du trafic, cette eau risque de provoquer une érosion à l'interface fondation-revêtement, pouvant entraîner un battement de dalles et la formation de cavités sous le revêtement. De ce fait, la non-érodabilité des matériaux de couche de fondation est une propriété essentielle qui doit être prise en compte dans la conception.

Pour lutter contre l'érosion de la surface de la fondation, il faut procéder à un choix judicieux des matériaux en fonction de la catégorie du trafic. A cet égard, il faut éviter la présence de fines non liées sous le revêtement en béton ; une couche de profilage en sable est donc à proscrire dans tous les cas.

La surlargeur de la dalle béton par rapport à la bande de circulation

Elle permet d'éviter la dégradation dans la zone sensible constituée par le bord du revêtement.

Les joints

Les joints de retrait sont réalisés par la création d'une amorce de fissuration à une profondeur variant entre le quart et le tiers de l'épaisseur de la dalle, soit par moulage dans le béton frais, soit par sciage dans le béton durci. Les joints transversaux et longitudinaux sont généralement scellés au niveau de la gorge créée à la partie supérieure du joint. Ce scellement est destiné à éviter l'entrée d'eau dans la structure.

Pour les chaussées à fort trafic, ou lorsque les conditions climatiques sont rigoureuses, une liaison entre dalles, destinée à empêcher le décalage sur la

hauteur, est réalisée par des goujons en acier d'environ 60 cm de longueur, de diamètre 20 à 30 mm, espacés d'environ 30 cm.

L'épaisseur

L'épaisseur de la dalle, variable selon le trafic et la durée de service, est généralement comprise entre 20 et 28 cm.

Dans certains cas, la couche de roulement et la fondation sont réunies en une seule couche de béton qui constitue la « dalle épaisse ». Elle peut atteindre 30 à 40 cm.

■ Le béton armé continu (BAC)

Le Béton Armé Continu (BAC) est un revêtement de chaussée en béton de ciment qui comporte des armatures longitudinales, continues et disposées en nappe, en général à mi-épaisseur de la dalle. Il est caractérisé par l'absence de joints de retrait transversaux.

L'armature longitudinale est prévue pour contrôler la fissuration et pour conserver l'intégrité structurelle du revêtement. La quantité d'armatures est calculée de manière à répartir le retrait, se traduisant par des fissures régulièrement réparties (tous les 1 à 3 mètres) non préjudiciables. Elles sont suffisamment fines (0,4 à 0,5 mm au maximum) pour résister à la pénétration de l'eau et pour garantir un bon transfert de charges.

En France, la technique du BAC a évolué vers les pratiques suivantes.

- Le pourcentage d'armatures longitudinales, placées à mi-hauteur de la dalle, est réduit au minimum. A titre d'exemple, il est actuellement de 0,67 % pour les aciers Haute Adhérence type FeE 500 et de 0,30 % pour les rubans crantés à haute limite élastique de type Fe 90.
- La recherche de l'optimisation de l'adhérence entre l'armature et le béton, conduit à augmenter la surface de contact acier/béton ; l'emploi d'aciers plats correspond à cette évolution. Ces armatures se présentent sous forme de rubans crantés d'environ 40 mm de largeur et 2 mm d'épaisseur et permettent une économie de l'ordre de 50 % d'acier par rapport aux armatures traditionnelles.
- La surlargeur non circulée permet une meilleure répartition des charges en bordure de dalle.
- Le drainage efficace de l'interface dalle-couche de fondation est généralement assuré par un béton porteur.
- En fondation, on utilise un matériau non érodable.
- L'épaisseur actuellement couramment utilisée est comprise entre 16 et 22 cm, selon le trafic et les caractéristiques de la plate-forme.





- La mise en œuvre du béton peut se faire de deux façons :

- BAC monocouche : un béton homogène est disposé sur toute l'épaisseur de la dalle avec une machine à coffrage glissant ;

- BAC bicouche monobloc : deux couches de béton sont disposées en une seule opération ; elles se différencient essentiellement par la nature des granulats : durs et de très bonne qualité en partie supérieure pour assurer l'adhérence et le polissage, plus ordinaires et moins onéreux pour la couche inférieure (granulats généralement locaux).

■ **Les applications du béton dans les chaussées à moyen et fort trafic**

Le béton, aussi bien en dalles courtes qu'en BAC, est utilisé pour la construction d'autoroutes ou de routes à fort trafic, ou pour le renforcement et la réfection d'anciennes chaussées.

Le BAC se développe en particulier :

- en renforcement de chaussées anciennes à deux voies ou trois voies avec ou sans élargissement ;
- en réfection de voie lente d'anciennes chaussées avec ou sans conservation de la fondation en grave traitée existante.

■ **Le béton de ciment mince collé « BCMC »**

Le BCMC est une technique d'entretien superficiel des structures bitumineuses. Il s'agit d'une technique récente en France inspirée de celle développée par les Américains ces dix dernières années. Elle consiste à fraiser ou à raboter la structure bitumineuse dégradée sur une épaisseur adéquate et à mettre en œuvre, après nettoyage de la surface, une couche mince de béton de ciment (6 à 10 cm) qui adhère parfaitement à la couche bitumineuse résiduelle sous-jacente.

■ **Les équipements de la route**

De nombreux ouvrages en béton viennent compléter une route ajoutant des éléments de sécurité, de confort ou d'apport à l'environnement : séparateurs en béton, caniveaux, dispositifs de drainage et d'assainissement des eaux polluées, passages pour animaux.