



Chapitre

4

Mise en œuvre du béton routier

- 1 - Introduction**
- 2 - Préparation du chantier**
- 3 - Mise en œuvre du béton**
- 4 - Le talochage**
- 5 - La confection des joints**
- 6 - Le traitement de surface**
- 7 - La cure du béton**
- 8 - Conclusion**

1. Introduction

Les revêtements routiers sont mis en place soit par compactage soit par vibration. Celle-ci présente de nombreux avantages sur le compactage :

- moindre sollicitation du squelette granulaire, ce qui permet l'utilisation de granulats moins durs, donc moins onéreux,
- moindre sollicitation du sol support, le béton peut donc être mis en place sur des sols de faible portance,
- compacité homogène de la couche de béton quelle qu'en soit l'épaisseur.

Ces avantages constituent un atout supplémentaire pour le béton.

D'autre part, le mode de mise en œuvre n'est pas la seule différence entre le béton et les autres matériaux de chaussées. Les principales propriétés mécaniques du béton - rigidité, résistance, retrait - bien qu'issues des mêmes phénomènes physiques que celles des matériaux compactés traités aux liants hydrauliques, sont en pratique suffisamment différentes pour induire des dispositions constructives et des matériels d'exécution spécifiques.

Quelle que soit la taille du chantier et quelle que soit la technique de construction, la mise en œuvre d'un revêtement en béton s'articule en plusieurs phases :

- la préparation du chantier,
- la mise en œuvre du béton,
- la finition (traitement de surface et cure),
- les joints.

2. Préparation du chantier

Pour réaliser un revêtement en béton dans de bonnes conditions, des dispositions doivent être prises avant et pendant l'exécution des travaux.

2.1 - Protection du chantier

La protection du chantier se fait par balisage de manière à empêcher le passage des véhicules, des piétons, etc. sur le béton frais. Il faut, le cas échéant, prévoir l'aménagement de passages pour piétons et de passerelles d'accès aux habitations.



2.2 - Protection des ouvrages existants

Les ouvrages contigus au chantier, tels que façades d'immeubles, candélabres, calepinage en pavés, bordures, etc., doivent être protégés.

Deux possibilités existent :

- soit par application d'un produit de protection qui facilite le nettoyage ultérieur,
- soit par la mise en place d'un film plastique de protection.



2.3 - Préparation de la plate-forme support de chaussée

Il importe de soigner la préparation de la plate-forme destinée à recevoir le béton. Pour cela, il faut :

- débarrasser la plate-forme de toutes traces de boue, de matières organiques, etc.,
- évacuer les eaux superficielles,

- soigner le compactage de la plate-forme. La présence d'un petit rouleau vibrant sur le chantier est indispensable. Le compactage est effectué, avant la pose des coffrages, sur une largeur égale à celle du revêtement augmentée - le cas échéant - de 50 cm de chaque côté,
- vérifier le profil de la plate-forme : une tolérance de 2,5 cm, mesurée à la règle de 3 mètres posée dans n'importe quelle direction, est admise,
- éliminer, le cas échéant, les ornières formées par les véhicules ou engins appelés à circuler sur la plate-forme. Il est recommandé de les combler avec une couche granulaire et de la compacter. Tout comblement avec une couche de sable doit être proscrit, et ceci quelle que soit son épaisseur.

***Nota :** Dans le cas d'un chantier de renforcement en béton, l'attention doit être attirée sur la nécessité de bien préparer l'assise des coffrages ou les chemins de roulement de la machine à coffrages glissants (voir § 3.2.4).*

2.4 - Coffrages : types, pose et vérification

Les coffrages sont constitués par des éléments en bois ou en tôle d'acier d'une hauteur égale à celle de la dalle à exécuter. Chaque élément de coffrage doit pouvoir être fixé au sol par des fiches dont l'espacement est inférieur à 1 mètre. Les éléments sont assemblés bout à bout par un système d'éclissage rigide.

Le montage correct des coffrages exige tout d'abord une implantation du tracé du projet. Le repérage s'effectue au moyen de piquets solidement enfoncés dans le sol et disposés à intervalles de 5 mètres environ.

Les points correspondant au niveau supérieur des coffrages sont visualisés sur les piquets. On les relie ensuite par un cordeau qui détermine le niveau des coffrages et de leur emplacement.

Les coffrages seront posés directement sur la plate-forme support.

On enfonce ensuite les fiches dans le sol et on procède à l'assemblage des éléments soit à l'aide d'éclisses, soit à l'aide des broches de liaison. On ne doit observer ni écart en hauteur ni écart en plan supérieur à 1 cm par rapport à l'alignement théorique.

Une dernière opération consiste à enduire soigneusement d'huile, les faces intérieures des coffrages afin d'éviter de provoquer des arrachements du béton lors du décoffrage.

A l'exception des chantiers dont la mise en œuvre est effectuée à l'aide d'une machine à coffrages glissants, l'utilisation des coffrages est indispensable pour la mise en œuvre du béton.



2.5 - Calepinage en pavés

Le calepinage offre les avantages suivants :

- il peut faire office de joints de retrait/flexion,
- il peut servir de coffrages pour le coulage du béton,
- il facilite la mise en œuvre du béton en permettant le déplacement des ouvriers sur le chantier,
- il rompt la monotonie des surfaces trop importantes,
- il renforce les contrastes et règle les rythmes des couleurs soigneusement choisies par le concepteur,
- il reprend les lignes des bâtiments (façades, toitures, etc.),
- il facilite, le cas échéant, l'accessibilité aux réseaux enterrés.



Le calepinage doit être posé sur un lit de mortier ou de béton (patins de calepinage), dosé à 300 kg de ciment/m³ (minimum).

Le patin doit être à bord franc (sans chanfrein) et déborder le moins possible du pavé (figure 3).



Fig. 3 : Disposition d'un calepinage en pavés.

Le calepinage doit être réalisé quelques jours avant les travaux de bétonnage pour permettre au lit de pose d'acquies une résistance suffisante.

2.6 - Préparation autour des points singuliers

Lorsque des points singuliers (regards, avaloirs, etc.) sont prévues dans le revêtement en béton, le projet précise, la réalisation :

- d'un joint de dilatation tout autour de l'obstacle,
- d'un joint transversal de retrait dans le revêtement sur un des côtés de l'émergence si celle-ci est de forme rectangulaire, dans l'axe si elle est de forme circulaire.

Au moment de la préparation du chantier, il convient donc de :

- Réaliser les réservations aux endroits prévus pour les émergences, les éléments n'étant placés qu'après durcissement du béton. Les dimensions des coffrages ainsi réalisés doivent tenir compte de l'épaisseur du joint de dilatation (1 à 2 cm). Une attention particulière doit être observée quant au respect des niveaux.
- Réaliser, le cas échéant, le calepinage en pavés, qui fait office de joint de retrait transversal, tel qu'il a été décrit ci-dessus.

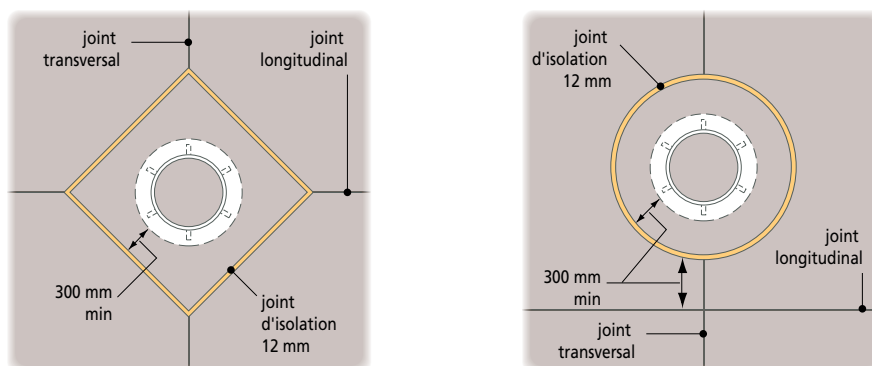


Fig. 4 : Dispositions d'un joint de dilatation autour d'un couvercle de regard

3. Mise en œuvre du béton

La mise en œuvre du béton est une opération très importante, dont dépendent en grande partie la réussite d'un aménagement et sa pérennité dans le temps. Il convient donc d'y apporter un soin particulier et de prendre en compte tous les paramètres techniques et climatiques qui peuvent influencer lors du déroulement de cette opération.

3.1 - Prise en compte des conditions climatiques

L'entreprise devra se tenir informée des conditions météorologiques afin de prendre les dispositions nécessaires en cas de pluie, vent, forte chaleur ou gel. Dans le cas d'un chantier important, l'entrepreneur devra installer, à une hauteur de 1 m au-dessus du sol, en un point du chantier accepté par le maître d'œuvre, un enregistreur de température et d'hygrométrie.

Les conditions atmosphériques ont une action sur la vitesse d'évaporation de l'eau du béton.

L'entreprise devra prendre des précautions en fonction des conditions climatiques telles que celles définies dans le tableau 10 :

Tableau 10 : Précautions en fonction T des conditions atmosphériques				
Température ambiante / Hygrométrie	De 5 à 20°C	De 20 à 25°C	De 25 à 30°C	> 30°C
De 60 à 100%	Conditions normales de bétonnage			Cure renforcée
De 50 à 60%	Cure renforcée		Cure renforcée et arrosage maintenu de la plate-forme	Bétonnage à partir de 12 heures
De 40 à 50%	Cure renforcée		Bétonnage à partir de 12 heures	Cure renforcée et arrosage maintenu de la plate-forme
< 40%	Arrosage maintenu de la plate-forme		Cure renforcée et arrosage maintenu de la plate-forme	Pas de bétonnage sans mesures spéciales

3.2 - Bétonnage

La vibration du béton est une opération **obligatoire**. Réalisée avec soin, elle confère au béton une grande compacité, des caractéristiques mécaniques élevées et par conséquent une grande durabilité.

Il existe deux modes de vibration,

- la vibration externe : le béton est vibré en surface (règle vibrante, vibrofinisseur),
- la vibration interne ou pervibration : le béton est vibré à l'aide d'aiguilles vibrantes immergées dans le matériau (cas des aiguilles vibrantes et des machines à coffrage glissant).

Durant cette opération, il est important de considérer les éléments suivants :

- en cas de mise en œuvre par vibration externe, le béton est d'abord étalé puis vibré à l'aiguille notamment le long des coffrages avant le passage de la règle,
- en cas de mise en œuvre à la machine à coffrage glissant : la fréquence de vibration doit être réglée en fonction de la consistance du béton. Celle-ci, mesurée au cône d'Abrams, doit se situer dans une fourchette de 2 à 5 cm.

On veillera tout particulièrement à ce que l'approvisionnement en béton assure un niveau constant du matériau dans la chambre de pervibration.

Différents procédés de mise en œuvre du béton existent.

Le choix de l'un ou de l'autre de ces procédés se fait en tenant compte du type de chantier à réaliser, de la géométrie du projet, de l'emprise disponible de part et d'autre du revêtement, etc.

Les procédés de mise en œuvre sont les suivants :

- mise en œuvre à l'aiguille et à la règle vibrante,
- mise en œuvre au rouleau Striker,
- mise en œuvre au vibrofinisseur,
- mise en œuvre à la machine à coffrage glissant.

3.2.1 - Mise en œuvre à l'aiguille et/ou à la règle vibrantes

C'est la méthode la plus simple.

L'approvisionnement en béton se fait par camions-toupies. Le béton est d'abord étalé manuellement, puis vibré à l'aiguille, notamment le long des coffrages avant le passage de la règle vibrante. On réalise ainsi de 50 à 100 mètres linéaires de chaussée par jour.

Les joints sont le plus souvent moulés dans le béton frais, cette solution étant la plus économique. Ils peuvent également être sciés dans le béton durci.



Après le moulage des joints, on procède au traitement de la surface du béton et à la cure.

Équipement nécessaire à l'entreprise :

- coffrage : 200 m,
- aiguilles vibrantes : 2 à 3,
- règle vibrante,
- petits matériels de striage ou balayage et cure,
- une petite machine de sciage du béton.



3.2.2 - Mise en œuvre au Striker

Le rouleau Striker est un nouveau matériel destiné à la mise en œuvre d'une voirie en béton. Il est constitué d'un tube en acier entraîné en rotation par un moteur thermique et hydraulique. Il prend appui sur des coffrages et est tiré manuellement par deux ouvriers. Le poids du tube et la rotation en sens inverse au déplacement permet de conférer au béton d'une part une compacité optimale garantissant des résistances mécaniques élevées, et d'autre part une homogénéité du béton sur toute l'épaisseur de la dalle permettant l'obtention d'une mosaïque homogène dans le cas du béton désactivé.



3.2.3 - Mise en œuvre au vibro-finis seur

Le vibro-finis seur est muni de trois poutres. Il se déplace sur des rails qui servent en même temps de coffrage. L'écartement réglable de cette machine peut assurer la mise en place du béton sur une largeur allant de 1 à 5 mètres.

L'approvisionnement en béton, par camions-toupies, peut être frontal ou latéral. Le déversement et la répartition du béton doivent être réalisés de manière à obtenir une couche uniforme devant la machine.

Le béton est réglé, vibré et lissé successivement par les trois poutres du vibro-finiisseur, qui permet de réaliser 200 à 250 mètres linéaires de chaussée par jour.

L'exécution des joints, du traitement de surface (striage ou balayage, cure) se fait de la même manière que pour la mise en œuvre à la poutre et à l'aiguille vibrantes.

Équipement nécessaire à l'entreprise :

- 500 m de coffrages rails,
- un vibro-finiisseur,
- petits matériels de striage ou balayage et cure,
- une petite machine de sciage du béton.



3.2.4 - Mise en œuvre à la machine à coffrage glissant

La mise en œuvre à la machine à coffrage glissant présente de nombreux avantages :

- économie de main d'œuvre
- dans la mesure où le volume de travaux est suffisant pour assurer le plein emploi de la machine, des économies d'échelle substantielles permettent d'obtenir des coûts très compétitifs
- meilleure qualité dans la réalisation des ouvrages
- rapidité d'exécution des chantiers, qui réduit considérablement la gêne créée pour les usagers des voies sur lesquelles les travaux sont exécutés.

Le principe général de fonctionnement de ces machines est le suivant.

Le béton est introduit dans un moule à la forme voulue. Il est puissamment vibré par des aiguilles vibrantes placées à l'intérieur du moule, ce qui assure son serrage et la tenue de l'ouvrage dès sa sortie du coffrage. Le moule est tracté et guidé par un ensemble châssis automoteur, lui-même guidé en nivellement et en direction par fil.

Les matériels proposés sur le marché en France diffèrent par la conception de l'ensemble tracteur et par la conception de la fixation du moule à l'élément tracteur.

On peut distinguer :

- les machines portées par deux, trois ou quatre chenilles, le moule étant placé entre chenilles ou à l'extérieur de celles-ci,
- les machines portées par deux ou quatre chenilles ne travaillant qu'en déporté, caractérisées par un poids élevé nécessaire pour assurer leur stabilité,
- les machines portées par trois chenilles à géométrie variable.

Certaines machines sont équipées d'une fraise qui règle parfaitement le sol afin de permettre au moule de glisser sur une surface plane (ce qui élimine les pertes de béton et maintient la pression dans le moule à un niveau élevé). Dans cette catégorie de machines, certaines exécutent le fraissage et le moulage de l'ouvrage en une seule opération, d'autres nécessitent deux passages.



3.3 - Bétonnage bicouche

Cette technique peut être envisagée pour des raisons économiques (granulats d'un coût élevé). Le bétonnage bicouche nécessite un bon collage entre les deux couches, qui peut être obtenu par une adhérence frais sur frais. L'épaisseur minimale de la couche supérieure doit être 3 fois la dimension maximale (D_{max}) du granulat du béton utilisé dans cette couche.



4. Le talochage

Après la vibration du béton, la surface du revêtement peut présenter quelques irrégularités (cavités apparentes, vaguelettes, etc.). Un lissage à l'aide d'une taloche ou d'une lisseuse - manuelle ou mécanisée - est donc fortement recommandé.



5. La confection des joints

La réalisation correcte des joints est une condition essentielle à la pérennité de la voirie. Pour la réalisation des joints de construction ou d'arrêt de bétonnage, il convient de retailler la dalle à 90° afin d'obtenir un bord franc, et de la solidariser avec la coulée de béton suivante, à l'aide de goujons de 30 mm de diamètre, placés dans le sens longitudinal, à mi-hauteur de la dalle et espacés de 0,75 mètre.

L'exécution des joints transversaux de retrait/flexion s'effectue de deux manières :

5.1 - Exécution des joints moulés

Les joints moulés doivent être exécutés aussitôt après la mise en œuvre du béton. Ils doivent avoir une profondeur minimale égale au quart de l'épaisseur de la dalle béton.

Ils sont réalisés par enfoncement dans le béton frais d'une languette ou profilé en plastique, en contre-plaqué ou en bois aggloméré, d'épaisseur comprise

entre 3 et 5 mm, qui demeurera dans le béton après son durcissement.

Après achèvement du joint, la surface du béton doit être rectifiée par talochage de part et d'autre du joint sur environ 50 cm.



5.2 - Exécution des joints sciés

Le sciage des joints doit être exécuté lorsque le béton de la dalle a suffisamment durci pour éviter que la scie ne laisse des traces à la surface du béton, donc obli-

gatoirement après l'opération de cure du béton frais.

Il est capital de bien choisir le moment du sciage. Ce délai varie entre 6 et 48 heures, après le bétonnage, en fonction des caractéristiques du béton et des conditions climatiques. Ces joints sont réalisés à l'aide d'une machine à disques diamantés réglée sur une profondeur de l'ordre du quart ou du tiers de l'épaisseur de la dalle. La largeur de sciage est d'environ 3 à 4 mm.



6. Le traitement de surface

Après la mise en œuvre du béton, la surface du revêtement présente un aspect uni, plein et plan. On cherche alors à lui conférer de bonnes qualités antidérapantes. De telles qualités résultent d'une combinaison adéquate de micro et de macrorugosité.



Le passage d'une toile de jute humidifiée permet d'enlever la laitance de surface et de mettre en relief les grains de sable. On obtient ainsi une texture de

type « papier de verre » qui présente une bonne microrugosité.

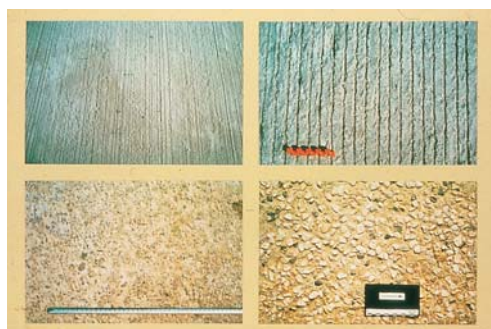
Pour améliorer le drainage, plusieurs techniques de traitement de surface ont été mises au point, répondant aux exigences de sécurité et d'adhérence. On peut citer à ce propos, le brossage, le striage et le rainurage.

Depuis quelques années, de nouvelles exigences sont apparues, du fait du développement des voies de communication par route. Aujourd'hui, le projeteur doit prendre en considération, avec des degrés de préoccupation adaptés, d'autres paramètres tels que :

- le bruit à l'extérieur et à l'intérieur des véhicules ;
- les projections d'eau par temps de pluie ;
- la résistance au roulement (consommation de carburant) ;
- l'usure des pneus.

Le concepteur doit faire ses choix en fonction d'un certain nombre de critères parfois contradictoires, pour arriver à un compromis conduisant à la technique optimale.

Devant ces nouvelles données, d'autres techniques de traitement de surface des revêtements en béton se sont développées : cloutage, dénudage, bouchardage et béton imprimé.



Le choix du projeteur, parmi ces différentes techniques, doit se faire en tenant compte des critères suivants :

- la fonction de la voirie et des aménagements urbains ;
- la nature du site ;
- l'importance du trafic ;
- le coût.

6.1 - Le brossage ou balayage

Ce type de traitement de surface est le plus utilisé sur les voiries à faible trafic. Il vise à créer, à la surface du béton frais, une macrotexture fine, constituée par des canaux fins qui assurent, en cas de pluie, d'une part un drainage accéléré de la surface de revêtement, d'autre part une réduction sensible de l'épaisseur du film d'eau entre le pneu et la chaussée. Il en résulte une bonne adhérence à grande vitesse et un drainage superficiel efficace.

Le brossage est réalisé, en général, dans le sens transversal. Certains pays utilisent aussi le brossage



longitudinal qui présente l'avantage d'un moindre bruit de roulement, mais offre par contre un moins bon drainage superficiel. On applique le brossage au moyen d'un balai ou d'une brosse dure, soit manuellement, soit de façon mécanisée. Si le brossage transversal est réalisé manuellement, il est souhaitable de disposer d'une passerelle enjambant le revêtement et qui sert de guide au personnel qui l'emprunte pour exécuter son travail. En outre, il faut veiller à ce que l'outil n'attaque pas trop brutalement la surface du béton frais, sous peine de créer des empreintes, des ondulations et des déchaussements des granulats du béton.

Cette technique apporte à la chaussée des caractéristiques de surface convenables pour les voiries à faible trafic ; en particulier :

- l'adhérence mesurée à l'essai « hauteur de sable » donne des valeurs comprises entre 0,5 et 1 mm selon le type de brosse utilisé ; ce qui est un résultat intéressant pour les voiries à faible trafic ;
- le drainage est efficace, ce qui réduit les projections d'eau et améliore la visibilité et la sécurité des usagers.

Une cure est ensuite réalisée sur le béton pour éviter la dessiccation de surface.



6.2 - Le striage

Le striage est une technique de traitement de surface qui vise à créer une macrotexture grossière constituée par des canaux d'une profondeur d'environ 5 mm, espacés de 15 à 30 mm. Ces canaux assurent, en cas de pluie, un drainage plus efficace qu'avec la technique du brossage. Il en résulte une nette amélioration de l'adhérence de la chaussée. Par contre, on constate une augmentation du bruit de roulement.

Le striage est réalisé, en général, dans le sens transversal, soit manuellement, soit de façon mécanisée.

Quand le striage est effectué à l'aide d'une machine, le mouvement transversal est combiné avec celui de la progression longitudinale, de telle sorte que les stries soient perpendiculaires à l'axe de la chaussée.

Dans le mode manuel, le striage du béton est obtenu à l'aide de râteliers



dont les dents, en plastique ou en acier, sont distantes d'environ 20 à 50 mm. La profondeur des stries est de l'ordre de 3 à 5 mm. Il est souvent utilisé pour les voiries à faible trafic.

Comme dans le cas du brossage, si le striage transversal est effectué manuellement, il est souhaitable de disposer d'une passerelle pour les raisons citées plus haut. En outre, il faut veiller à ce que l'outil n'attaque pas trop brutalement la surface du béton frais, sous peine de créer des arrachements de granulats qui dégradent les qualités d'uni du revêtement.

Les mesures à l'essai « hauteur de sable » donnent des valeurs comprises entre 0,75 et 1,25 mm, en fonction du matériel employé et de la qualité de la mise en œuvre.

Une cure est ensuite réalisée sur le béton pour éviter la dessiccation de surface.

6.3 - La désactivation

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.

On pulvérise à la surface du béton, immédiatement après sa mise en place, un produit retardateur de prise, le « désactivant », qui s'oppose à la prise superficielle du mortier durant un délai déterminé (plusieurs heures) qui est fonction des conditions atmosphériques régnant au moment de l'exécution des travaux. La surface du béton est ensuite lavée au jet d'eau haute pression afin d'éliminer la laitance de surface, qui n'a pas fait prise, et de mettre à nu la face supérieure des gravillons.

En fonction du dosage utilisé, l'action du désactivant peut être plus ou moins profonde pour répondre à l'effet attendu : adhérence et aspect. La rugosité

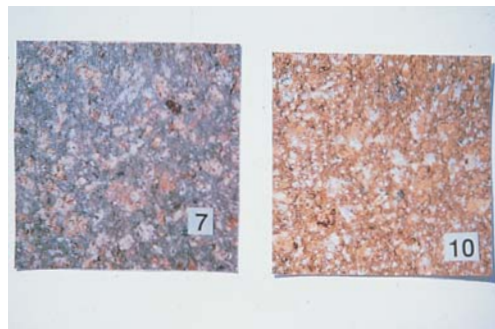


géométrique obtenue, mesurée par l'essai « hauteur de sable », est voisine de 2 mm. Une cure est ensuite réalisée sur le béton pour éviter la dessiccation de surface.

6.4 - Le bouchardage

Cette technique consiste à attaquer la surface du béton durci avec un marteau spécial, la « boucharde », dont la surface de frappe est hérissée de dents pyramidales (« pointes de diamant »). Le procédé est simple : le béton - dont la composition est spécialement étudiée - est coulé en place, réglé, vibré, puis taloché et protégé par un produit de cure suivant le processus classique de mise en œuvre.

Quand il a suffisamment durci (environ 7 jours), il est alors bouchardé avec un appareil pneumatique qui porte les bouchardes. Les reliefs en forme de pointes de diamant, en frappant la surface, font éclater le mortier du béton et fracturent légèrement les granulats. Cette technique permet, par un choix judicieux des granulats et une formulation adéquate, d'obtenir des aspects de surface imitant les pierres naturelles en granit.



6.5 - Le béton imprimé

Cette technique consiste à imprimer, à l'aide de matrices ou de moules spéciaux, des dessins ou motifs à la surface d'un béton frais.

Sur un support préalablement nivelé et compacté, le béton est coulé en place entre les coffrages, vibré puis taloché. Le marquage périphérique ainsi que les obstacles (regards, arbres, etc.) et le traçage des bordures sont exécutés à l'aide d'outils spéciaux (quarts-de-rond, trusquins). La surface du béton ainsi préparée est ensuite saupoudrée de 2 ou 3 couches d'un produit colorant et anti-usure, incorporé en surface du béton par talochage et lissage. Après la mise en place d'un film pour les dessins lisses ou de la poudre de démoulage pour les dessins « structurés », les moules spéciaux sont appliqués et retirés au fur et à mesure,

imprimant à la surface le motif choisi. Après quelques jours de séchage, la surface du béton subit un nettoyage au jet d'eau à haute pression, suivi de la pulvérisation d'un produit de protection (résine ou cire).



6.6 - Le cloutage

Cette technique consiste à répandre uniformément, à la surface du béton frais, des granulats d'un calibre déterminé (compris entre 10 et 20 mm) et de haute résistance au polissage (coefficient de polissage accéléré CPA $\geq 0,50$), à raison d'environ 6 à 8 kg/m², et à les incruster par damage et/ou par vibration à l'aide d'un équipement approprié. Les granulats sont ainsi enchâssés dans le béton frais, suffisamment pour résister à l'action du trafic, tout en restant apparents

pour apporter la rugosité recherchée.

Le cloutage permet ainsi l'emploi de granulats locaux dans la masse du béton, sans nuire à l'adhérence, il est donc particulièrement indiqué dans les régions qui ne disposent pas de granulats de qualité pour la confection du béton.



Le cloutage est réalisé au moyen d'une machine qui assure à la fois le dosage précis, la répartition des matériaux de cloutage et leur enchâssement dans le béton frais. Il s'agit, soit d'une machine indépendante sur rails pour les travaux entre coffrages fixes, soit d'un dispositif asservi au train de bétonnage, qui permet d'effectuer simultanément le traitement de surface par cloutage.



La texture superficielle obtenue par le cloutage présente les caractéristiques suivantes :

- propriétés antidérapantes élevées : en effet, les résultats obtenus par les mesures du coefficient de frottement transversal sont les suivants :
 - à 40 km/h : > 0,60,
 - à 80 km/h : > 0,45,
 - à 120 km/h : > 0,40.

Par ailleurs, les mesures à l'essai « hauteur de sable » donnent des valeurs de l'ordre de 1,5 à 2 mm ;

- qualité de l'uni non affectée.

7. La cure du béton

Pour éviter la dessiccation de la surface de la dalle de béton sous l'effet des agents atmosphériques (vent, pluie, soleil, variation de l'hygrométrie ...), on procède immédiatement après la mise en œuvre du revêtement, à la protection du béton. Celle-ci peut être réalisée soit par la mise en place d'un film en polyane, soit par la pulvérisation d'un produit de cure.



Cette pulvérisation peut être faite soit à l'aide d'une machine automatique, soit, plus simplement avec des pulvérisateurs manuels de type agricole.

Le produit de cure est, en général, de couleur blanche pour en contrôler la bonne répartition. Il forme à la surface du béton un film imperméable qui assure une protection efficace et empêche l'évaporation de l'eau.

Le tableau 11 précise, pour chaque technique de traitement de surface, les dispositions à prendre pour assurer une bonne protection du béton.

Tableau 11 : Dispositions à prendre pour assurer une bonne protection du béton pour chaque technique de traitement de surface

Technique de traitement	Protection	Produit de cure
Brossage		Cure immédiatement après le traitement
Striage		Idem
Cloutage		Idem
Désactivation		Cure avant et après désactivation, sauf si le désactivant fait office d'un produit de cure
Bouchardage		Cure avant bouchardage
Béton imprimé		Cure après le traitement (empreinte) mais avant la protection (cire)

8. Conclusion

Les techniques de mise en œuvre des voiries et aménagements urbains en béton sont simples. Pour assurer une durabilité accrue, il faut veiller à appliquer les règles de l'art stipulées dans le CCTP et qui ont été présentées dans ce chapitre.

ANNEXE 2

Tableau 12 - Les bétons : caractéristiques et mise en œuvre.

Tableau 12 : Les bétons - caractéristiques et mise en œuvre		
Paramètre	Technique	Béton préfabriqué
CARACTÉRISTIQUES	Type de ciments	Tous les CIMENTS NORMALISÉS norme NF EN 197-1
	Nature et caractéristiques des granulats	Tous les granulats non gélifs. Dimension du plus gros granulats ≤ 40 mm
	Dosage du ciment	de 300 à 350 Kg/m ³
	Dosage en eau	$\frac{E}{C} \leq 0,50$
	Affaissement au Cône d'Abrams	de 3 à 10 cm
	Adjuvants	Entraîneur d'air
Autres		Plastifiant
EXEMPLE DE FORMULATION	<ul style="list-style-type: none"> • Ciment • Granulats 	CEM II/A 32,5 330 Kg 0/4 580 Kg 4/20 685 Kg 20/40 660 Kg
	<ul style="list-style-type: none"> • Dosage en eau • Entraîneur d'air • Autres adjuvants 	E/C : 0,45 (soit 150 l) Air occlus : 5% (soit 0,20 Kg/m ³) Plastifiant : 0,5% du poids du ciment (soit 1,65 Kg/m ³)
MISE EN ŒUVRE	Bétonnage	<ul style="list-style-type: none"> • Vibration obligatoire • Multiples possibilités de mise en œuvre : de la règle vibrante à la machine à coffrage glissant
	Utilisation préférentielle de la technique	Toutes les catégories de voiries et aménagements urbains
	Rendement journalier	<ul style="list-style-type: none"> • de 50 à 100 mètres à la règle vibrante • de 500 à 600 mètres à la machine à coffrage glissant
JOINTS	<ul style="list-style-type: none"> • Joints transversaux de retrait 	Oui
	<ul style="list-style-type: none"> • Espacement 	3 à 5 mètres
	<ul style="list-style-type: none"> • Garnissage des joints 	Le cas échéant
FINITION	Produit de Cure	Oui