

Voiries et aménagements urbains : le béton imprimé

En France, le développement du réseau routier dans les zones urbaines a pris une nouvelle orientation ces dernières années. L'accent n'est plus mis sur l'aménagement et la construction de routes plus larges ayant une capacité plus forte. L'objectif est plutôt d'essayer d'améliorer la sécurité et les conditions de circulation. La voirie urbaine n'est plus uniquement réservée à l'automobiliste et à la fluidité du trafic, mais de plus en plus elle est conçue, imaginée et gérée comme un lieu collectif de rencontre entre de multiples usagers pour des fonctions variées.

Sur ces voiries, on cherche à faire en sorte que l'automobiliste ressente instinctivement qu'il n'est plus sur une autoroute ou une route, mais sur une aire de circulation appelant à un comportement plus paisible. Cette nouvelle orientation a nécessité un réaménagement géométrique de l'espace urbain assorti d'une palette d'exigences en matière de sécurité, d'esthétique, d'intégration à l'environnement, de mise en œuvre, de confort, de durabilité, etc.

La technique béton de ciment a pleinement accompagné ces évolutions. Longtemps utilisé dans la partie structurelle des voiries urbaines, enfoui sous d'autres matériaux de surface, le béton présente aujourd'hui d'autres possibilités d'application comme matériau de revêtement ou de surface, caractérisé par un choix varié de couleurs, de formes et de textures.

Ces bétons urbains connaissent actuellement un développement important, en particulier avec la technique du béton imprimé.

L'objet de cette documentation technique est triple :

- présenter la technique du béton imprimé, ses qualités et ses performances ;
- rappeler, ensuite, les règles de l'art en matière de conception et de dimensionnement des voiries béton, qui sont applicables à la technique du béton imprimé ;
- décrire, enfin, les différentes étapes de mise en œuvre du béton imprimé, en insistant plus particulièrement sur les aspects spécifiques de cette technique.

LE BÉTON IMPRIMÉ

● LA TECHNIQUE

Le béton, en tant que matériau, possède une particularité qui lui est propre : il n'atteint sa forme et sa qualité finales qu'au cours du temps. Cette particularité offre aux concepteurs et aux aménageurs urbains une plus grande flexibilité pour



▲ Voirie en béton imprimé : aspect de pavés romains.

donner au revêtement une touche architecturale en jouant sur les formes, les couleurs et les textures. Le béton imprimé en est l'illustration parfaite. Cette technique consiste à imprimer, à l'aide de matrices ou de moules spéciaux, des dessins ou des motifs à la surface d'un béton frais. L'aspect obtenu dépend du choix des matrices, de la coloration et de la finition de surface.

- Les matrices : une gamme standard importante est disponible chez les concessionnaires des différentes marques

commercialisées en France (plusieurs dizaines de moules spéciaux standards pour chaque marque). Elles offrent au concepteur un très large choix, à partir duquel il pourra créer son propre style de dallage.

- La coloration : elle peut être obtenue soit en colorant le béton dans la masse, le colorant liquide ou en poudre étant alors introduit lors de la fabrication du béton, soit en colorant le béton en surface sur environ 3 à 5 mm par incorporation dans le revêtement, et avant prise du béton, d'une poudre colorante comportant un durcisseur offrant ainsi au revêtement une résistance élevée à l'abrasion.

- La finition de surface : d'autres possibilités techniques sont offertes aux concepteurs, permettant de réaliser, dans le cas d'un béton coloré dans la masse, une finition de surface soit désactivée, soit tamponnée, soit broyée, soit réalisée au rouleau.

Les combinaisons de formes, de couleurs et de textures sont innombrables. Il est donc parfaitement possible de reproduire très fidèlement toutes sortes de pierres naturelles telles que l'ardoise, la brique, la pierre naturelle, le parquet, les pavés, etc.

Le béton imprimé peut ainsi être utilisé, sans aucune restriction, pour tous les types de voiries et d'aménagements urbains, et dans toutes les applications à caractère privé.

● QUALITÉS ET PERFORMANCES

Le béton imprimé est une technique offrant un large éventail de qualités :

CIRCULABILITÉ : du piéton au véhicule lourd, avec des adaptations techniques ;

LIBERTÉ : possibilité de choix très diversifié au niveau des formes, des couleurs et de l'aspect ;

INTÉGRATION : reproduisant très fidèlement l'aspect et la forme des pierres naturelles, il convient parfaitement pour traiter une voirie ou un aménagement dans un souci de qualité esthétique et d'intégration aux bâtis environnants ou au paysage : centre-ville, cœur de village, etc. ;

POLYVALENCE : il peut être un matériau rural et même rustique (imprimé à l'ancienne), comme il peut être un matériau moderne d'aspect plat et lisse ;

IMAGE DE SÉCURITÉ : il symbolise bien souvent la rupture de la fonction routière du fait de la variété des couleurs et des textures, il permet ainsi une meilleure lecture de l'espace urbain, de ses usages et de ses priorités ;

ADAPTABILITÉ : plat ou en pente, contours simples ou complexes, le béton s'accommode des contraintes urbaines, sa plasticité et sa moulabilité lui permettant d'épouser toutes les formes avec une qualité de finition irréprochable ;

DISPONIBILITÉ : matériau de proximité, l'intérêt économique local n'est pas négligeable. La présence sur l'ensemble du territoire de carrières et de centrales de béton fait que l'on peut obtenir facilement un matériau de qualité ;

PERFORMANCE ET DURABILITÉ : les voiries et les aménagements urbains en béton imprimé répondent parfaitement à l'ensemble des exigences techniques suivantes : résistance au trafic, à l'usure, au gel, à la chaleur, aux attaques chimiques, au cisaillement (virages, carrefours, etc.), à la canalisation des charges (couloirs de bus), au poinçonnement (parkings et aires de stationnement). Ils assurent la sécurité des usagers par un maintien durable de l'uni de surface et une adhérence à toute épreuve.

CONCEPTION

D'une manière générale, la réalisation d'une voirie ou d'un aménagement urbain dans de bonnes conditions et leur bon fonctionnement dans le temps nécessitent de respecter, dans leur conception, certaines règles fondamentales touchant à l'infrastructure et aux matériaux constituant la chaussée.

● L'INFRASTRUCTURE

Les qualités principales d'un revêtement en béton sont sa tenue à la fatigue, qui garantit sa durabilité, et sa grande rigidité, qui permet d'assurer une bonne répartition des charges sur le support. Celui-ci n'est, de ce fait, que peu sollicité.



▲ Les combinaisons de formes, de couleurs et de textures sont innombrables et permettent de reproduire toutes sortes de pierres naturelles.

Les structures rigides se passent donc de fondations complexes, et l'économie ainsi engendrée les rend très compétitives, notamment dans le cas des voiries à faible trafic, où le revêtement en béton est, en règle générale, posé directement sur la plate-forme support sans couche de fondation. En fonction de la nature des travaux à réaliser, deux cas sont envisagés :

RÉFECTION DE VOIRIES URBAINES

La réfection d'une voirie existante consiste à décaisser la structure sur une épaisseur bien déterminée correspondant au dimensionnement de la nouvelle structure (voir paragraphe *Dimensionnement*) et à mettre en œuvre, selon les règles de l'art, le nouveau revêtement en béton.

Mais pour pouvoir déterminer l'épaisseur de la nouvelle structure, il est nécessaire de connaître – au préalable – les caractéristiques de la plate-forme obtenue après décaissement (degré d'homogénéité et niveau de portance).

En règle générale, la plate-forme support envisagée pour la nouvelle structure présente une bonne homogénéité et un niveau de portance suffisant, supérieur ou égal à P_2 (voir tableau 3), par suite de la protection du support assurée par l'ancien revêtement et de sa consolidation acquise au cours du temps.

À partir de l'échelle de portance SETRA (voir tableau 3), on définit alors quatre niveaux de portance possibles :

P_2, P_3, P_4 et P_{EX} .

Pour le choix de la portance, on distingue deux cas :

● existence d'une étude géotechnique préalable

Le géotechnicien doit pouvoir apprécier l'homogénéité et la portance de la plate-forme envisagée en se basant sur les critères de l'échelle de portance (P_2, P_3, P_4 et P_{EX}) définie ci-dessus ;

● absence d'étude préalable

On se place alors dans le cas le plus défavorable, et on suppose que la portance de la plate-forme envisagée est égale à P_2 .

Dans le cas où une amélioration localisée de la portance de la plate-forme est nécessaire, des travaux de purge doivent être envisagés. Ces travaux sont à réaliser chaque fois que la portance du support est inférieure à P_2 . Selon la profondeur des purges, le gain de portance obtenu est donné dans le tableau 1.

Tableau 1 : Choix des améliorations du support de la purge.

Profondeur de la purge	Gain en portance à long terme
30 cm	+ 1
50 cm	+ 2

REVÊTEMENT NEUF EN BÉTON

La construction d'un revêtement neuf en béton consiste à décaiper la terre végétale, à effectuer les travaux de terrassement et enfin à mettre en œuvre, selon les règles de l'art, la structure en béton.

Trois cas peuvent se présenter :

● cas d'un sol de faible portance

Des solutions d'amélioration (couche de forme ou traitement des sols en place à la chaux et/ou au ciment) sont à prévoir chaque fois que la portance du sol au moment des travaux est P_0 ($CBR \leq 3$) ou P_1 ($3 < CBR \leq 6$). Les améliorations nécessaires sont données dans le tableau 2 :

Tableau 2 : Choix des améliorations du sol support.

Portance	Améliorations nécessaires		
	Épaisseur de la couche traitée en place	Épaisseur de la couche de forme non traitée	Gain en portance
$P = P_0^*$; $CBR \leq 3$	35 cm	50 cm	+ 2
$P = P_1$; $3 < CBR \leq 6$	20 cm	30 cm	+ 1

* De plus, si ce niveau de portance nulle ($P = P_0$) caractérise aussi la portance à long terme de la plate-forme, la solution d'amélioration sera associée à des travaux de drainage.

● cas d'un sol hétérogène et portant

Une couche de réglage, d'une épaisseur de 10 cm, doit être interposée entre le sol support et le revêtement ;

● cas d'un sol homogène et portant

La structure béton est réalisée directement sur le sol convenablement préparé (nivelé et compacté).

● LES JOINTS

On distingue trois grandes familles de joints :

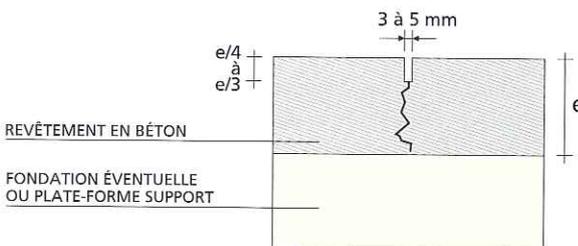
LES JOINTS TRANSVERSAUX

Ils sont perpendiculaires à l'axe de la route et sont classés en deux catégories.

● joints de retrait/flexion

Leur rôle est de réduire les sollicitations dues au retrait et au gradient de température. Ils sont les plus fréquents dans un revêtement en béton.

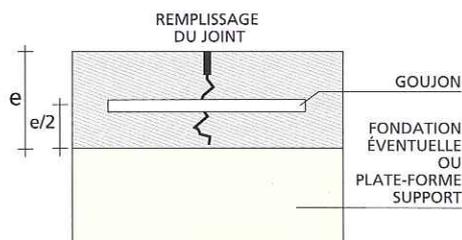
Ils sont réalisés en créant dans le revêtement une saignée ou une entaille qui matérialise un plan de faiblesse selon lequel le béton est amené à se fissurer sous l'action des contraintes de traction ou de flexion. Ces joints doivent avoir une profondeur comprise entre un quart et un tiers de l'épaisseur du revêtement et une largeur comprise entre 3 et 5 mm.



● joints de construction

Ils sont réalisés après chaque arrêt de bétonnage supérieur à une demi-heure.

La dalle est retaillée à 90° pour obtenir un bord franc, et solidarisée avec la coulée de béton suivante à l'aide de goujons d'un diamètre de 30 mm, placés dans le sens longitudinal et espacés de 0,75 m.



LES JOINTS LONGITUDINAUX

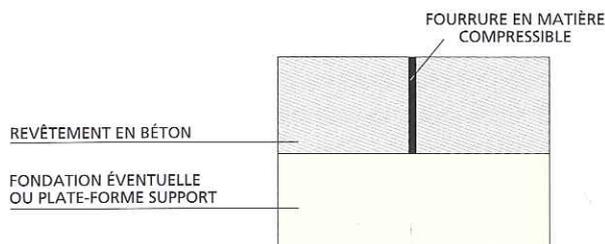
Ces joints sont parallèles à l'axe de la route. Ils servent principalement à compenser les contraintes provoquées par le gradient thermique. Ce sont des joints de retrait/flexion réalisés en créant dans le revêtement, longitudinalement, une saignée ou une entaille dont les caractéristiques sont similaires à celles des joints de retrait transversaux.

Les joints longitudinaux de retrait/flexion ne sont nécessaires que si la largeur de la chaussée est supérieure à 4,50 m.

LES JOINTS DE DILATATION

Leur rôle est de compenser les variations dimensionnelles des dalles, dues essentiellement à l'élévation de température. Ils ne sont requis que dans certains cas particuliers, pour séparer complètement la dalle de certains équipements fixes comme les regards, les socles de lampadaire, les bâtiments, les approches d'ouvrages d'art, les virages à faible rayon de courbure, etc.

Ils constituent une interruption totale du revêtement. La saignée est remplie d'une fourrure en matière compressible dont l'épaisseur est comprise entre 10 et 20 mm. Un soin particulier doit être accordé à la réalisation de ces joints.



NOTA

Pour concevoir un schéma de jointolement, on tiendra compte des règles de bonne pratique suivantes :

- dans le cas où un calepinage en pavés est prévu, celui-ci fait office de schéma de jointolement. Il faut alors veiller à ce que le patin, ou le lit de mortier sur lequel sont posés les pavés, soit à bord franc (sans chanfrein) et déborde le moins possible des pavés ;
- dans le cas d'un aménagement urbain, le schéma de jointolement ou le calepinage en pavés doit découper le revêtement en dalles dont la superficie ne dépassera pas 20 m², de préférence de forme carrée ou rectangulaire avec un rapport dimensionnel maximal de 1,5 ;
- dans tous les cas, il faut que les dalles ne comportent pas d'angles aigus.

LE DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement consiste à déterminer l'épaisseur du revêtement en béton et, le cas échéant, celle de la couche de fondation, dans le but de permettre à la chaussée d'assurer sa fonction pendant une période bien déterminée.

Trois paramètres interviennent dans le dimensionnement d'une chaussée en béton :

- le trafic ;
- la plate-forme support de chaussée ;
- les caractéristiques mécaniques du béton et, éventuellement, celles de la couche de fondation.

Le choix de ces différents paramètres, et notamment l'évaluation du trafic, conditionnera en grande partie le comportement futur de la chaussée.

LE TRAFIC

Le trafic constitue un élément essentiel du dimensionnement des chaussées. En effet, chaque passage de véhicule sur la chaussée entraîne une légère usure de celle-ci, tant en ce qui concerne la structure qu'au niveau des caractéristiques de surface. L'accumulation de ces dommages élémentaires conduit à la dégradation progressive de l'ensemble. Le calcul de dimensionnement fait donc intervenir le trafic cumulé qui circule sur la chaussée durant la période de service prévue.

En outre, l'expérience a montré l'influence fondamentale du poids des essieux sur le dommage observé. Il est donc nécessaire de quantifier le trafic sur le plan de l'agressivité des véhicules. En France, le trafic estimé est alors converti en nombre d'essieux standards au moyen d'un coefficient multiplicateur qui tient compte de l'agressivité du type de véhicule. Le terme essieu standard désigne un essieu isolé à roues jumelées supportant une charge de 13 tonnes, qui est la charge maximale légale en France.

Le trafic cumulé à prendre en compte dépend alors :

- du trafic poids lourds existant ou prévu lors de la mise en service de la voirie,
- de l'agressivité du trafic poids lourds,
- de la période de service souhaitée de la chaussée,
- du taux moyen de croissance annuelle du trafic poids lourds pendant cette période.

Le trafic cumulé est évalué par la méthode LCPC/SETRA qui n'est pas développée dans la présente documentation.

Le lecteur pourra s'y référer soit en consultant le *Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic*, SETRA/LCPC 1981, soit en consultant le guide *Voiries et aménagements urbains en béton : conception et dimensionnement*, Cimbéton 1996.

● LA PLATE-FORME SUPPORT DE CHAUSSEE

Pour dimensionner correctement une structure de chaussée, il faut évaluer la portance à long terme de la plate-forme support. Celle-ci est égale à la portance à long terme du sol mis à nu par les terrassements, augmentée, le cas échéant, du gain de portance obtenu soit par une éventuelle couche de forme, soit par un éventuel traitement en place du sol (voir tableau 3). La portance du sol peut être appréciée soit par un essai (CBR, EV2, K), soit par un examen visuel.

Le tableau 3 donne l'échelle de portance et les critères de classification des sols en fonction de leur portance, comme ils ont été définis dans le *Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic*, SETRA/LCPC, 1981. Les sols sont classés en six niveaux de portance désignés, dans l'ordre croissant, par P_0 , P_1 , P_2 , P_3 , P_4 et P_{EX} .

● LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET MÉCANIQUES DU BÉTON

Les bétons pour la couche de roulement et éventuellement pour la couche de fondation doivent répondre aux sollicitations du trafic et des conditions climatiques. La composition de ces bétons doit donc être établie compte tenu des caractéristiques des matériaux disponibles localement, des caractéristiques physiques et mécaniques requises des bétons, et des exigences complémentaires définies par le maître

Tableau 3 : Classification des sols en fonction de leur portance.

PORTANCE DES SOLS : CLASSIFICATION ET ESSAIS						
P	Examen visuel (essieu de 13 t)	Indice portant CBR	Module de déformation à la plaque EV2 MPa	Module de réaction du sol daN/cm ² K	Types de sols	
P_0	Circulation impossible ; sol inapte, très déformable	$CBR \leq 3$	$EV2 \leq 15$	$K \leq 3$	Argiles fines saturées, sols tourbeux, faible densité sèche, sols contenant des matières organiques, etc.	
P_1	Ornières derrière l'essieu de 13 t, déformable	$3 < CBR \leq 6$	$15 < EV2 \leq 30$	$3 < K \leq 5$	Limons plastiques, argileux et argiloplastiques, argiles à silex, alluvions grossières, etc., très sensibles à l'eau	
P_2 ou PF_1	Pas d'ornières derrière l'essieu de 13 t	Déformable	$6 < CBR \leq 10$	$30 < EV2 \leq 50$	$5 < K \leq 6$	Sables alluvionnaires argileux ou fins limoneux, graves argileuses ou limoneuses, sols marneux contenant moins de 35 % de fines
P_3 ou PF_2		Peu déformable	$10 < CBR \leq 20$	$50 < EV2 \leq 120$	$6 < K \leq 7$	Sables alluvionnaires propres avec fines < 5 %, graves argileuses ou limoneuses avec fines < 12 %
P_4 ou PF_3		Très peu déformable	$20 < CBR \leq 50$	$120 < EV2 \leq 250$	$7 < K \leq 15$	Matériaux insensibles à l'eau, sables et graves propres, matériaux rocheux sains, etc., chaussées anciennes
P_{EX} ou PF_4		Très peu déformable	$CBR > 50$	$EV2 > 250$	$K > 15$	Matériaux insensibles à l'eau, sables et graves propres, matériaux rocheux sains, etc., chaussées anciennes

d'œuvre. En particulier, ils doivent respecter les caractéristiques suivantes :

- teneur en air occlus : 3 à 6 % mesurée selon la norme NFP 18-353 ;
- consistance mesurée au cône d'Abrams (norme NFP 18-451) définie en fonction du procédé de mise en œuvre envisagé. En général, elle se situe dans une fourchette de 5 à 10 cm ;
- résistance à la traction par flexion (norme NFP 18-407) ou résistance en fendage (norme NFP 18-408), requises conformément aux directives SETRA/LCPC et à la norme NFP 98-170. Le tableau 4 donne les caractéristiques mécaniques de ces bétons retenues dans la présente documentation.

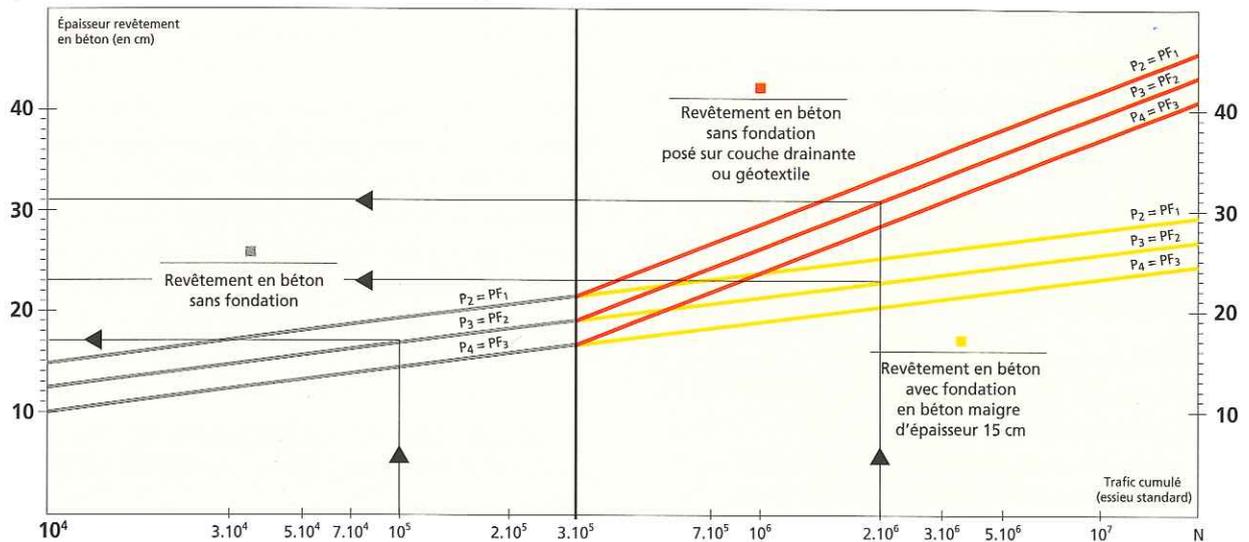
Tableau 4 : Caractéristiques mécaniques des bétons routiers.

Caractéristiques mécaniques	Béton de ciment pour couche de roulement	Béton maigre pour couche de fondation
Résistance à la traction par flexion à 28 jours	4,5 MPa ou 45 bar	2,8 MPa ou 20 MPa à la compression
Résistance à la traction par fendage (essai brésilien)	2,7 MPa ou 27 bar	1,7 MPa

● LE DIMENSIONNEMENT PROPREMENT DIT

Le dimensionnement du revêtement en béton est effectué en lisant sur l'abaque (figure 1) l'épaisseur de la couche de roulement en béton en fonction du trafic cumulé N, exprimé en essieux standards de 13 tonnes, de la portance de la plate-forme ($P_2 = PF_1$, $P_3 = PF_2$, $P_4 = PF_3$), et en fonction de la structure envisagée pour la chaussée (structure sans fondation, structure avec fondation en béton maigre).

Figure 1 : Détermination de l'épaisseur de la couche de roulement en béton, en fonction du trafic cumulé, de la portance de la plate-forme et de la nature de la structure envisagée.



Dans le cas où le trafic cumulé estimé dépasse $2,5 \cdot 10^6$ essieux standards, il est conseillé de goujonner les dalles béton du revêtement dans le but d'améliorer le comportement à long terme de la structure. L'utilisation des goujons au droit des joints de retrait/flexion apporte, au niveau de la couche de roulement, les réductions d'épaisseur suivantes :

- structure goujonnée sans fondation, posée sur couche drainante ou géotextile : - 3 cm par rapport à l'épaisseur obtenue sur la figure 1, toutes conditions égales par ailleurs ;
- structure goujonnée avec fondation en béton maigre d'épaisseur 15 cm : - 3 cm par rapport à l'épaisseur obtenue sur la figure 1, toutes conditions égales par ailleurs ;
- structure goujonnée avec fondation en béton maigre d'épaisseur 19 cm : - 5 cm par rapport à l'épaisseur obtenue sur la figure 1, toutes conditions égales par ailleurs.

EXÉCUTION DES TRAVAUX

EXÉCUTION DES TRAVAUX

L'ordre et l'organisation des différentes phases élémentaires d'exécution varient en fonction de la nature des travaux à réaliser. Deux cas sont envisagés :

RÉFECTION DE VOIRIES

L'exécution des travaux suit le processus suivant :

- décaissement de l'ancienne structure sur une épaisseur correspondant au dimensionnement de la nouvelle structure en béton ;
- réorganisation éventuelle des réseaux enterrés ;
- travaux éventuels de purge et de comblement ;
- compactage de la plate-forme ;
- mise en œuvre de la structure en béton.

CHAUSSÉES NEUVES EN BÉTON

L'exécution des travaux suit le processus suivant :

- travaux préparatoires : tracé, décapage de la terre végétale

et exécution éventuelle des réseaux d'assainissement enterrés ;

- travaux de terrassement : déblais, remblais, réalisation de la plate-forme support de la chaussée ;
- compactage de la plate-forme ;
- mise en œuvre de la structure en béton.

CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE DU BÉTON

Quel que soit le procédé d'exécution adopté, des précautions doivent être prises quand la mise en œuvre du béton se fait dans des conditions météorologiques particulières. Les paramètres à considérer sont :

- la température ambiante ;
- l'humidité relative de l'air ;
- la variation de température entre le jour de bétonnage et la première nuit.

Les précautions à prendre en fonction des paramètres de température et d'humidité de l'air sont indiquées dans le tableau 5.

Figure 5 : Précautions à prendre en fonction des conditions atmosphériques.

Température ambiante	de 5 à 20 °C	de 20 à 25 °C	de 25 à 30 °C	> 30 °C
	Hygrométrie			
de 60 à 100 %	Conditions normales de bétonnage			Cure renforcée
de 50 à 60 %		Cure renforcée	Cure renforcée et arrosage de la plate-forme	• Bétonnage après 12 heures
de 40 à 50 %		• Cure renforcée	• Bétonnage après 12 heures	• Cure renforcée
< 40 %		• Arrosage de la plate-forme	• Cure renforcée	Pas de bétonnage sans mesures spéciales

COFFRAGES : TYPES, POSE ET VÉRIFICATION

À l'exception des chantiers de réfection, l'utilisation des coffrages est indispensable pour la mise en œuvre du béton.

Les coffrages peuvent être des éléments en bois ou en tôle d'acier, des bandes d'éléments modulaires (cas d'un calepinage) ou des rails en acier (cas d'une mise en œuvre au vibrofinisseur). Ils doivent être réglés en hauteur pour correspondre exactement à l'épaisseur de la dalle à exécuter. La pose des coffrages doit être effectuée avec soin. On ne doit observer ni écart en hauteur ni écart en plan supérieur à 1 cm par rapport à l'alignement théorique.



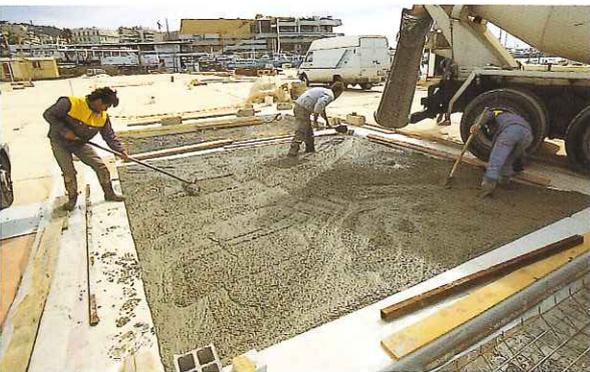
▲ Préparation du chantier : pose des coffrages, signalisation.

HUMIDIFICATION DE LA PLATE-FORME

Dans le cas où le matériau de la plate-forme est susceptible d'absorber une partie de l'eau du béton, il est recommandé d'arroser la plate-forme immédiatement avant le bétonnage.

FABRICATION ET APPROVISIONNEMENT DU BÉTON

Pour les voiries et aménagements urbains, la taille des chantiers ne justifie pas, en général, le déplacement d'une centrale. Il est conseillé, dans ce cas, de faire appel à une centrale de béton prêt à l'emploi (BPE). L'approvisionnement du béton se fait par des camions malaxeurs.



▲ L'approvisionnement du béton et sa mise en œuvre.

LE BÉTONNAGE

La mise en œuvre du béton a une grande influence sur le résultat final. Différents procédés de mise en œuvre existent. Le choix de l'un de ces procédés se fait en tenant compte du type de chantier à réaliser et de la nature du trafic prévu.

Pour les voiries ayant à supporter un trafic de véhicules, il est nécessaire de vibrer le béton pour lui conférer de bonnes caractéristiques mécaniques, et par conséquent une grande durabilité. Il existe deux modes de vibration :

- la vibration externe : le béton est d'abord étalé au râteau puis vibré en surface à l'aide soit d'une règle vibrante soit d'un vibrofinisseur ;

- la vibration interne ou pervibration : le béton est d'abord étalé au râteau puis vibré à l'aide d'aiguilles vibrantes immergées dans le matériau.

Pour les aménagements n'ayant pas à supporter de trafic de véhicules, l'emploi d'un matériel vibrant n'est pas obligatoire, à condition de veiller à incorporer dans le béton un plastifiant facilitant sa mise en œuvre et de prévoir, pour compenser l'absence de vibration, une surépaisseur de 2 cm de béton par rapport à l'épaisseur du revêtement déterminée par la méthode de dimensionnement.

LE TALOCHAGE

Après la vibration du béton, la surface du revêtement peut présenter quelques irrégularités (cavités apparentes, vaguelettes, etc.). Un talochage est donc fortement recommandé afin de lui conférer une surface lisse et plane.

LE MARQUAGE PÉRIPHÉRIQUE

Le marquage périphérique ainsi que les obstacles (regards, arbres, candélabres, façades, etc.) et le traçage des bordures sont exécutés à l'aide d'outils spéciaux (quarts-de-rond, trusquins, etc.).



◀ La lisseuse en quart-de-rond permet d'arrondir le bord du revêtement, écartant ainsi tout risque d'épaufrures.

L'APPLICATION DE LA POUDRE COLORANTE

La surface du béton, ainsi préparée, est ensuite saupoudrée d'une poudre colorante et anti-usure, qui doit être soigneusement incorporée dans le béton à l'aide d'une lisseuse. De nombreuses passes ou couches successives de colorant sont souvent nécessaires pour l'obtention d'une coloration homogène sur une épaisseur de 3 à 5 mm du revêtement.

Outre les pigments minéraux, la poudre colorante contient une résine, du ciment, ainsi que des particules de quartz qui vont conférer au revêtement une résistance élevée à l'abrasion.

Il faut toutefois préciser que l'application de cette poudre colorante n'est pas nécessaire quand le choix s'est porté sur un béton coloré dans la masse.



▲ La poudre colorante est répandue à la main...



▲ ... puis incorporée dans le béton à l'aide d'une lisseuse.



▲ Joint de retrait/flexion scié.



▲ Application de la couche de protection.

L'APPLICATION D'UN AGENT DE DÉMOULAGE

Il peut s'agir soit de la mise en place d'un film plastique pour l'obtention de dessins lisses, soit de l'application d'un produit de démoulage d'une façon analogue à celle de la poudre colorante pour l'obtention de dessins structurés. L'utilisation d'un agent de démoulage est nécessaire pour éviter que le béton n'adhère aux matrices. Il faut donc veiller à ce que l'agent de démoulage recouvre soigneusement toute la zone à traiter.

L'APPLICATION DES MATRICES OU DES MOULES SPÉCIAUX

Après l'application d'un agent démoulant, les matrices ou les moules spéciaux sont appliqués et retirés au fur et à mesure, donnant à la surface du revêtement le dessin choisi. Les matrices, fabriquées avec un caoutchouc rigide pour les parties courantes et souple pour les zones jouxtant les éléments saillants (poteaux, façades, etc.), sont positionnées d'une façon précise et définie à l'avance. En fonction de la consistance du béton, il est nécessaire de marteler plus ou moins vigoureusement le moule avec une massette afin d'assurer une bonne impression du motif à la surface du revêtement.

C'est une opération très importante pour le rendu final, c'est pourquoi il est recommandé de confier cette tâche à un même opérateur spécialisé.



▲ La fermeté du béton impose de marteler suffisamment les moules afin d'imprimer correctement le motif.

LA CONFECTION DES JOINTS

L'exécution des joints de retrait/flexion (transversaux et longitudinaux) s'effectue de la manière suivante :

- soit dans le béton frais par incorporation d'une languette ou d'un profilé en plastique ou en contre-plaqué ;
- soit par sciage du béton durci avec une machine spéciale à disque diamanté. Il est important, dans ce cas, de bien choisir le moment du sciage, qui peut varier entre 6 et 48 heures après le bétonnage, en fonction des caractéristiques du béton et des conditions climatiques ;
- soit en chaînettes de pavés, caniveaux ou autres éléments. Dans ce cas, il faut veiller à ce que l'assise de ces éléments soit à bord franc (sans chanfrein).

LE LAVAGE

Après quelques jours de séchage, la surface du béton est nettoyée au jet d'eau à haute pression, éliminant ainsi le produit démoulant en excès.

LA PROTECTION DU BÉTON

Après séchage de la surface du béton, on y applique une couche de protection anti-UV à base de résine ou de cire. Cette couche, en obturant les pores et les capillaires, imperméabilise la surface du revêtement et interdit l'incrustation de toutes formes de salissures (hydrocarbures, poussières, etc.).

● CONCLUSION

Un intérêt croissant pour la technique du béton imprimé se manifeste, en France, dans le domaine des voiries et des aménagements urbains. Cet essor est dû à la satisfaction qu'elle apporte aux usagers comme aux responsables des réseaux pour des raisons techniques, économiques, écologiques et esthétiques. Le développement de cette technique depuis plusieurs années est un signe concret qui traduit bien cette prise de conscience et l'orientation vers une politique d'aménagement à long terme, autant qualitative que quantitative.