

VOIRIES ET AMÉNAGEMENTS URBAINS EN BÉTON



Points essentiels
d'un cahier
des charges



Specbea

SPÉCIALISTE DE LA CHAUSSEE
EN BÉTON ET DES AMÉNAGEMENTS

9 rue de Berri - 75008 Paris

specbea@fntp.fr

www.specbea.com

Sommaire

Les points forts des règles de l'art à décliner en clauses techniques indispensables dans un cahier des charges sont :

- ❖ La typologie de la structure,
- ❖ Le dimensionnement,
- ❖ Le calepinage des joints,
- ❖ Le béton de revêtement (classes de résistance et d'exposition),
- ❖ Le matériau de fondation,
- ❖ La finition du béton (coloration et traitement de surface),
- ❖ Les produits en relation avec la mise en œuvre,
- ❖ Les épreuves de convenance,
- ❖ La démarche qualité (points d'arrêt ; contrôle de la plate-forme support ; contrôle des bétons ; contrôle des coffrages ; etc.).



Version du 27 mars 2024

La typologie de la structure

On distingue :

- Les structures en dalles courtes non armées et à joints non goujonnées dites dalles californiennes (BC) ;
- Les structures en dalles courtes non armées et à joints goujonnés (BCg), dites dalles goujonnées,
- Le béton armé continu (BAC).

[Réf. (3) Figure 2.1 Typologie des structures béton, page 20]

Le choix de la typologie se fait en deux étapes :

1. La recherche d'une typologie structurale

Elle dépend de la destination de l'aménagement (non circulé ou avec trafic PL) :

- Choix du revêtement
- Nécessité ou non d'une couche de fondation.

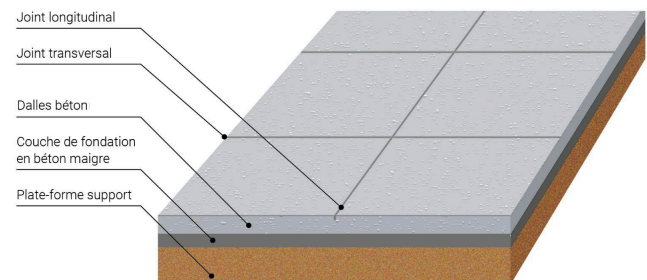
Typologie	Trafic poids lourds (TMJA/sens)					
	T = 0	1 ≤ T ≤ 2	3 ≤ T < 50	50 ≤ T < 300	300 ≤ T < 1200	T ≥ 1200
BC	Recommandé				Déconseillé	
BCg	Autorisé				Recommandé	Autorisé
BAC	Autorisé				Recommandé	
Fondation	NON	NON	NON	OUI	OUI	OUI

2. La recherche d'une typologie complémentaire

Elle prend en compte les besoins ou les souhaits particuliers du maître d'ouvrage.

En exemple, un maître d'ouvrage qui souhaite un revêtement sans joints de retrait transversaux (pour le confort à l'usage et pour s'affranchir des contraintes d'entretien de ces joints) peut faire le choix du béton armé continu BAC, y compris pour un ouvrage sans sollicitation de poids lourd comme c'est le cas d'une piste cyclable.

Schéma de calepinage d'un revêtement en béton non armé



Le dimensionnement

Il s'effectue en considérant les 3 paramètres de trafic, de portance de la plate-forme support et des caractéristiques mécaniques des matériaux en référence aux trois normes NF P98-086, NF EN 206+A2/CN et NF P98-170, pour lesquelles le maître d'œuvre doit faire un choix validé par le maître d'ouvrage.

[Réf. (3) Tableaux, page 23]

	Classes de résistance du béton	Résistance caractéristique en compression (MPa)	Classes de résistance en compression du béton	Classes de résistance en fendage
Béton de revêtement	BC4	29	C30/37	S2,4
	BC5	32	C35/45	S2,7
	BC6	38	C40/50	S3,3
Béton de fondation	BC2	20	C20/25	S1,7
	BC3	25	C25/30	S2,0

La démarche de dimensionnement se fait en suivant l'une ou l'autre parmi les deux procédures opérationnelles :

- **Le calcul spécifique** selon la méthode française de dimensionnement des chaussées (norme NF P98-086 et logiciel Alizé),
- **Les calculs préétablis formatés en « catalogue de structures »** (pratique la plus largement utilisée). Les tableaux de structures-types ou abaques couvrant, pour des durées de service de 20, 30, voire 50 ans, tout ou partie des classes de trafic, donnent les portances minimales de plate-forme, les classes mécaniques autorisées du matériau béton de revêtement et de fondation, et les épaisseurs minimales requises.

Plateforme support	Aménagement non circulé (épaisseurs minimales)	
	Exclusivement piétonnier	Circulation occasionnelle
	0 (PL/j)	0-2
PF2	12 cm	17 cm
PF2 qs	12 cm	16 cm
PF3	12 cm	15 cm

Plateforme support	Aménagement circulé (épaisseurs minimales, durée de service de 20 ans)					
	T5	T4	T3	T2	T1	T0
	3-25	25-50	51-150	151-300	301-750	> 750
PF2	20 cm	22 cm	16 cm BC5 18 cm BC3	18 cm BC5 18 cm BC3	20 cm BC5 18 cm BC3	22 cm BC5g 18 cm BC3
PF2 qs	18 cm	20 cm	16 cm BC5 16 cm BC3	18 cm BC5 16 cm BC3	20 cm BC5 16 cm BC3	20cm BC5g / 16cm BC3 21cm BC5g / 9cm GB3
PF3	17 cm	18 cm	15 cm BC5 15 cm BC3	17 cm BC5 15 cm BC3	19 cm BC5 15 cm BC3	18cm BC5g / 15cm BC3 19cm BC5g / 9cm GB3

Note : Pour des durées de vie de 30 et 50 ans ou des bétons drainants, on peut se référer aux :

- [Réf. (3) Tableaux, page 25] ;
- [Réf. (4) Tableaux, pages 71 à 74].

Points d'attention : Trafic, plate-forme, matériaux béton et anticipation des aléas

❖ **Trafic** : Il doit être évalué en prenant en compte les variations événementielles ou saisonnières engendrées par une augmentation du trafic à certaines périodes de l'année
[Réf. (4) Chapitre 5, paragraphe 3.1, pages 59-61] ;

❖ **Plates-formes** : Privilégier les classes de portance supérieures ou égales à PF2qs
[Réf. (4) Tableau 14, page 68] ;

❖ **Fondations** : Pour les bétons de fondation, la prescription peut être faite soit par la classe BCi, soit par la classe en compression Cxx/yy.
[Réf. (4) Tableau 15 ; page 69]

Pour les matériaux bitumineux, la classe préconisée est GB3 ;

❖ **Bétons de revêtement** : la prescription doit être, en principe, faite soit par la classe BCi, soit par la classe en fendage Sxy. La classe BC5 est une classe de référence dans le calcul de dimensionnement.

[Réf. (4) Tableau 15 ; page 69]

Tout autre choix, lorsque celui-ci est autorisé, notamment la classe BC4 pour les classes de trafic inférieures ou égales à T3, implique une augmentation de l'épaisseur des structures « catalogues » de 2 cm de béton.

❖ **Cas des giratoires** : conformément à la norme NF P98-086, l'agressivité du trafic est plus importante qu'en section courante et sera prise en compte avec une majoration de 10% des épaisseurs dimensionnées en section courante.

❖ **Anticipation des aléas** : Les épaisseurs figurant dans les tableaux de dimensionnement [Réf. (3) Tableau 2.6, page 25] sont des valeurs de référence. Pour certaines applications ou dans certaines conditions spécifiques de projet, il serait judicieux d'opter pour une sur-épaisseur de l'ordre de +1 à +2 cm de béton permettant de se prémunir des conséquences de la variabilité des épaisseurs inhérente à la configuration et l'organisation des chantiers urbains, même en exécution soignée.

Le calepinage des joints (1/2)

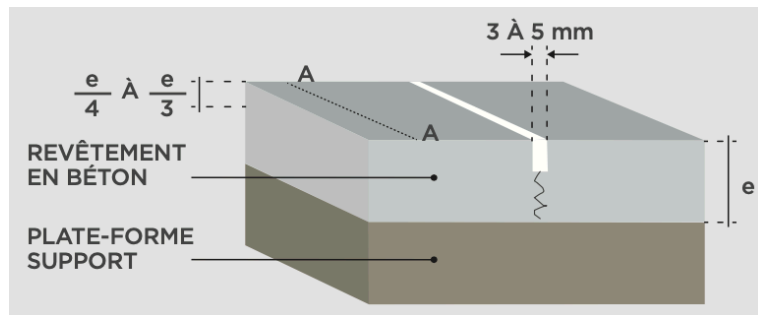
Le **plan de calepinage** a pour but l'intégration de la maîtrise de la fissuration naturelle du béton en lien avec :

- La forme et la dimension géométrique du projet,
- Les émergences,
- Les intégrations consécutives au parti d'aménagement, qui dans tous les cas doivent respecter les impératifs techniques.

On distingue **4 types de joints** qui constituent les éléments essentiels et obligatoires d'un plan de calepinage.

1. Joint de retrait (contrôle du béton au jeune âge)

Un joint de retrait est une entaille sur la partie supérieure du revêtement (entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{3}$ de l'épaisseur), dont le rôle est de fragiliser le revêtement à cet endroit afin que la fissuration de retrait apparaisse sous le joint. Il réduit les sollicitations dues au retrait du béton et au gradient thermique.



Point d'attention : Quelques règles d'or à respecter simultanément pour les joints de retrait

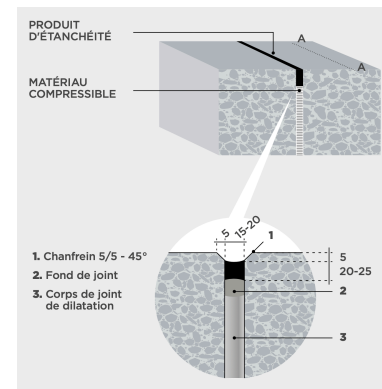
- Espacement maximum des joints ≤ 25 fois l'épaisseur du béton et maximum 5 m
- Rapport longueur/largeur $\leq 1,5$
Attention : Plus l'espacement est faible, plus élevée sera la durabilité de l'ouvrage.
- Angles des coins de dalles : 90° ou à défaut $\geq 75^\circ$.
Attention : bien respecter cette règle pour les ouvrages linéaires à bandes étroites type plate-forme de tramway ou piste dédiée aux modes actifs de déplacement.
- Pour les voies à trafic routier et/ou exposées à des agressions chimiques (sels de déverglaçage et autres), les joints sont élargis et garnis par un produit de colmatage selon l'annexe D de la norme NF P98-170.

2. Joint de dilatation (permet les allongements des dalles béton sous l'effet des variations de température)

Un joint de dilatation est une interruption totale du revêtement sur une largeur d'environ 2 cm. L'espace ainsi créé est rempli d'un matériau déformable. Ce joint est prévu pour absorber la dilatation de l'ouvrage par déformation des matériaux compressibles qui le composent.

Il complète la contribution à l'absorption de la dilatation procurée par les joints de retrait (non obstrués ou scellés), et notamment pour s'affranchir des conséquences dommageables si ces derniers ne s'ouvrent pas après sciage. Le joint de dilatation reprend les déformations géométriques des variations saisonnières de température et non les effets des gradients thermiques des variations journalières générant des cambrures de dalles qui peuvent être maîtrisées par des bèches en bord de dalles.

Le joint de dilatation peut être équipé d'un dispositif de transfert de charge (goujons) pour reprendre les efforts de cisaillement.



Points d'attention sur les joints de dilatation

- Pour concevoir un schéma de calepinage des joints de dilatation, suivre le modèle de note de calcul des joints de dilatation [Réf. (3) Annexe 2.1, page 40].
- En cas de bétonnage hivernal, il est indispensable de se doter de joints de dilatation pour mieux encaisser la dilatation excessive du béton provoquée par des amplitudes élevées de température (écart entre la température ambiante observée la plus élevée et la température de bétonnage).
- Lorsque le coulage du béton s'opère contre un autre ouvrage ou lorsque le phasage du chantier appelle à un coulage du béton entre des surfaces déjà bétonnées, on ne peut pas faire l'économie de joint de dilatation ou d'isolement.

Le calepinage des joints (2/2)

3. Joint de construction (arrêt de bétonnage ; bord à bord)

Un joint de construction est une interruption totale du revêtement, mais bord à bord.

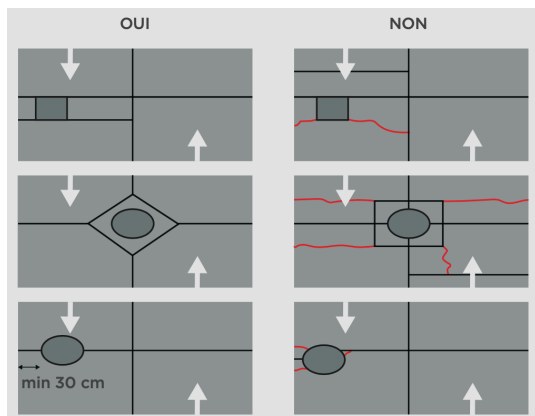
Il est réalisé pour chaque arrêt de bétonnage d'une durée supérieure au temps de prise du béton (environ 1 heure). Il peut être équipé d'un dispositif de transfert de charges (clé sinusoïdale, goujons, etc.).

[Réf. (3) 2.6.3, page 36]

4. Joint d'isolement

Il assure la désolidarisation de deux revêtements en béton ou entre la dalle de béton et les appareillages d'émergence des réseaux enterrés. Dans ce dernier cas, l'état de l'art offre 2 options dont le choix est à mettre en perspective avec les règles d'or appelées pour les joints de retrait.

Option 1 : Placer les joints précités au niveau de chaque émergence soit le long d'un côté ou le long d'une diagonale (cas d'une émergence carré ou rectangulaire) soit dans le prolongement du diamètre à l'extérieur de l'appareillage (cas d'une émergence circulaire) [cf. figure ci-dessous].



Option 2 : Réaliser un chaînage ou un ferrailage autour de l'émergence.



Le béton de revêtement (1/2)

1. Choix du béton de revêtement

La maîtrise d'un projet d'aménagement en béton décoratif appelle une concertation étroite entre maître d'ouvrage, maître d'œuvre et entreprise d'application. Au cœur du dispositif, le maître d'œuvre est le maillon central. Son lien avec le maître d'ouvrage valide la finition et le rendu esthétique du béton, le choix des constituants du béton, le choix du béton sur les aspects de propriétés mécaniques et de la prise en compte des exigences environnementales et d'exploitation. Son lien avec l'entreprise valide le choix du béton sur les aspects de l'exécution impliquant sa consistance et les sujétions de finition et de mise en service.

2. Choix des constituants du béton

Les constituants du béton sont le ciment (normes NF EN 197), les granulats (norme NF EN 12620 et classés conformément à la norme NF P18-545), l'eau (norme NF EN 1008), les adjuvants (norme NF EN 934-2), les pigments (norme NF EN 12878), les additions et les fibres synthétiques (norme NF EN 14889-1) ou de verre (norme NF EN 15422).

A la croisée des performances mécaniques, fonctionnelles et esthétiques visées pour le béton décoratif, le choix des granulats revêt une importance de premier ordre. Leurs caractéristiques intrinsèques et de fabrication, au-delà de leur couleur se doivent d'être bien précisées et contrôlées.

[Réf. (3) Tableau 3.1, page 49]

Points d'attention granulats

Le choix des granulats est essentiel. Dans tous les cas, il faut s'assurer de leur bonne adéquation avec l'usage et la destination présente et future de l'ouvrage.

[Réf. (3) Tableau 3.1, page 49]

3. Classe de résistance mécanique du béton

Elle est intégrée dans le dimensionnement pour assurer résistance et durabilité sous respect des règles de bonne exécution.

Pour les aménagements destinés aux mobilités actives (piétons, cyclistes,...) ainsi que pour ceux à faible trafic (inférieur à 150 PL/j), la classe mécanique minimale du béton de revêtement est BC4 (S 2,4).

Pour ceux dont le trafic est supérieur à 150 PL/j, la classe mécanique minimale du béton de revêtement est BC5 (S 2,7).

Le béton de revêtement (2/2)

Points d'attention : Remise à la circulation rapide

Dans le cas où l'on envisage une remise en circulation rapide du revêtement, Il faut préciser dans le cahier des charges que le béton doit avoir, à l'échéance prévue pour l'ouverture à la circulation, une résistance en compression minimale, fonction du niveau du trafic prévisible, tel que mentionnée dans le tableau ci-après.

Trafic	Fort T0 - T1	Moyen T2 - T3	Faible T4 - T5
Rc avant remise à la circulation	30	25	20
% de résistance par rapport à Rc conventionnelle à 28j	0,8	0,7	0,6

4. Classe d'exposition du béton

Il s'agit d'intégrer les contraintes environnementales en respectant les exigences réglementaires de la norme NF EN206+A2/CN. Elle comprend également les sujétions d'exploitation hivernale.

GEL [FD P18-326]	SALAGE			
	Aucun	Peu fréquent < 10 j/an	Fréquent ≥ 10 j/an < 30 j/an	Très fréquent ≥ 30 j/an
Faible ou modéré	XF1	XF1	XF2	XF4
Sévère	XF3	XF3	XF4	XF4

Points d'attention : Classe d'exposition

Pour le gel, le maître d'œuvre déterminera le niveau du gel (faible, modéré, sévère) en se basant sur la carte du gel en France (NF EN 206+A2/CN). Pour la fréquence de salage, le maître d'œuvre questionnera le maître d'ouvrage sur ses pratiques de salage en rapport avec sa politique de gestion hivernale et plus globalement sa politique d'entretien présente et future. Le maître d'œuvre vérifiera que l'ouvrage ne relève pas d'autres classes d'exposition (sels marins, sels divers, attaques chimiques). [Réf. (3) *Tableau Caractéristiques minimales requises d'un béton routier, page 57*]

Points d'attention : Adjuvants

Pour les classes XF2 à XF4, l'emploi d'un entraîneur d'air est nécessaire. La teneur en air occlus du béton doit être comprise entre 4 et 6%.

L'emploi d'un plastifiant est recommandé.

1. Classe de consistance du béton

Il s'agit de mettre en perspective un mode de mise en place du béton compatible avec sa plasticité et son couplage éventuel avec la finition du béton décoratif choisie. Les prescriptions suivantes sont requises.

[Réf. (3) *Tableau 5.1 Classes de résistance du béton et recommandations des procédés de mise en œuvre associés, page 63*]

Points d'attention : Classe d'exposition

Pour sa mise en œuvre, la plasticité du béton doit être obtenue par l'adjuvantation et non par ajout d'eau. Le rapport Eau efficace sur liant équivalent $E_{\text{eff}}/L_{\text{eq}}$ doit toujours être respecté sans ajout d'eau.

Pour les voiries circulées, le béton est serré par vibration interne ou en surface (classes de consistance S1 ou S2). Pour les voiries non circulées ou dont le trafic est inférieur ou égal à T5 (25 PL/j), le béton peut être serré sans vibration à condition que :

- La consistance du béton soit adaptée (classe S3 ou plus),
- Le rapport G/S (proportion Granulats/Sable) soit compris entre 1,8 et 2,2.

La régularité de la consistance doit être un point de vigilance important.

Le dialogue au quotidien, nécessaire entre l'applicateur et le fournisseur du béton, doit permettre une anticipation de l'évolution de la consistance pendant le transport, afin d'assurer, au sein de la classe choisie, la régularité requise pour la mise en œuvre du béton décoratif et sa finition.



Le matériau de fondation

Pour les aménagements significativement circulés (trafic supérieur ou égal à T3 ou $T > 50$ PL/j), le choix d'un matériau de fondation s'impose.

Selon la typologie du projet (géométrie, phasage, conditions d'exécution, ressources) et son usage, on fera appel à :

- Un béton de ciment maigre de classe mécanique BC2 ou BC3, conformément à la norme NF P98-170 ;
- Un béton compacté routier BCR, de classe mécanique T4 ou T5, conformément à la norme NF P98-128 ;
- Un matériau traité aux liants hydrauliques GTLH, de classe mécanique GC3 ou GC4, conformément aux normes NF EN 14227-1 et NF EN 14227-5 ;
- Une grave-bitume de classe GB3, conformément à la norme NF EN 13108-1.

Selon la nature de la fondation, le collage à l'interface entre la couche de fondation et le revêtement est à rechercher ou est à proscrire.

Les choix techniques possibles et les sujétions qui s'y rattachent en matière de collage ou non collage aux différentes interfaces sont résumées ci-après :

Typologie des structures de voiries	Trafic poids lourds (TMJA/sens)			
	$0 \leq T < 50$	$50 \leq T < 300$	$300 \leq T < 1200$	$T \geq 1200$
Fondation	NON	OUI (GTLH ou BCR ou BC2 ou BC3 ou GB3)	OUI (BC2 ou BC3 ou BCR ou GB3)	OUI (BC2 ou BC3 ou BCR ou GB3)
Interface revêtement / fondation ou support	Collée	Décollée ⁽¹⁾ (GTLH ou BCR ou BC2 ou BC3)	Décollée ⁽¹⁾ (BCR ou BC2 ou BC3)	Décollée ⁽¹⁾ (BCR ou BC2 ou BC3)
		Semi-collée (GB3)	Semi-collée (GB3)	Semi-collée (GB3)

⁽¹⁾ Interface décollée volontairement à la construction pour éviter la remontée des fissures de retrait de la fondation vers la surface. Ceci est obtenu par la réalisation à la surface de la fondation d'une double couche de cure ou une couche d'émulsion bitumineuse, dosée à 1,2 kg/m² minimum. Le recours au polyane est proscrit car il crée un gradient hydrique augmentant le risque de tuilage.



Pour les fondations en matériaux bitumineux, le collage est obtenu naturellement et mis à profit pour optimiser le dimensionnement de la structure (chaussées composites). La GB3 répond à cet objectif. Une telle structure est validée pour les typologies BAC/GB3 et BC5g/GB3.

La conception des structures et leur dimensionnement intègrent les modalités de collage ou non collage qu'il est impératif de concrétiser à l'exécution.

Point d'attention : Matériaux de fondation

Les matériaux de type GTLH ou GB, qui se mettent en place par compactage énergétique, nécessitent, pour un bon effet d'enclume, de disposer d'une plate-forme support de bonne qualité, dont la portance est supérieure ou égale PF2qs ($80 < EV2 \leq 120$ MPa), notamment pour ouvrages à fort trafic.



Finition du béton (traitement de surface et coloration)

Couleur, texture, porosité, singularités sont autant de leviers sur lesquels le concepteur porte son dévolu pour répondre au choix esthétique ou fonctionnel du maître d'ouvrage. La grande palette des bétons décoratifs qui y répond est ordonnée dans le Tome 1 [Réf. (1)] qui distingue 3 familles :

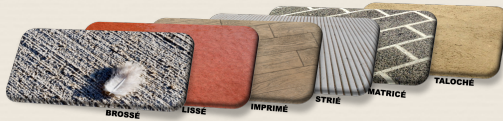


L'URBA-Béton

L'URBA-Béton structure l'espace public. Son utilisation optimise la circulation, l'accessibilité, la lisibilité et la convivialité de l'espace.

Le choix s'opère au sein de 2 sous familles :

- Béton texturé dans le béton frais (Béton taloché, strié, brossé, lissé, imprimé, matricé),



- Béton travaillé dans le béton durci ou ancien (béton bouchardé, squamé, poncé, sablé, désactivé).

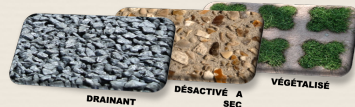


L'ECO-Béton

L'ECO-Béton s'inscrit dans un objectif environnemental très affiché.

Il regroupe les techniques suivantes :

- Béton drainant, dépolluant, phonique, lumière, fraîcheur,
- Béton végétalisé.



L'INNO-Béton

L'INNO-Béton a une connotation recherche/innovation portant sur l'animation de la surface béton. (béton énergétique, béton connecté, etc.).

La couleur est une préoccupation fréquente dans le choix et la conception d'un béton décoratif. Tous les composants du béton y contribuent : choix des gravillons, du sable, du ciment, recours à un pigment.

Pour le choix d'un revêtement clair, il faut privilégier des granulats à tendance claire.

Les pigments synthétiques sont à base d'oxyde dont la nature fixe la couleur dominante : oxyde de titane (blanc), oxyde de fer (rouge, jaune ou noir ou par combinaison d'autres couleurs), oxyde de chrome (vert), oxyde de cobalt (bleu).

Un référentiel approprié, le regard et l'anticipation sur la compétence validée de l'applicateur, sont des points essentiels pour la réussite du projet.

Au-delà du choix de la finition de béton décoratif porté par la dimension esthétique du parti d'aménagement, il faut dans chaque projet vérifier la bonne adéquation entre la finition choisie et l'usage de l'ouvrage du point de vue des caractéristiques de surface d'adhérence et de non-glissance.

Points d'attention : Finition du béton et rendu esthétique

Ne pas faire l'impasse sur :

- ❖ La fourniture d'un échantillon représentatif au MOA / MOe à la remise de l'offre ;
- ❖ Le principe de l'exécution réalisée par l'entreprise ou par un sous-traitant identifié, disposant des compétences inhérentes et des qualifications requises ;
- ❖ L'analyse du mémoire technique ;
- ❖ La réalisation d'une planche d'essais de 4 m² (environ 1 m³ de béton) de la composition et finition retenues ;
- ❖ La réception préparée et participative, intégrant les références conservées et le vécu du chantier.

Les produits en relation avec la mise en oeuvre

On distingue :

1. Les produits en interaction directe avec le matériau béton frais ou durci

• **Produit de cure**

Les produits de cure seront conformes à la norme NF P18-370.

La cure est d'usage obligatoire. Pour des conditions atmosphériques extrêmes régnant au moment de l'exécution du chantier (température élevée et hygrométrie faible), une cure renforcée peut être requise.

[Réf. (3) Tableaux 6 Précautions à prendre en fonction des conditions atmosphériques, page 74]

• **Produit désactivant**

Le produit désactivant a pour rôle de ralentir la prise du mortier de surface afin de l'éliminer et mettre à nu la partie supérieure des gravillons, effet recherché pour le béton désactivé. À privilégier, le produit désactivant qui assure à la fois les fonctions de retardateur de prise de surface et de cure.

• **Produit démoulant**

Le produit démoulant facilite le démoulage des matrices appliquées à la surface du béton pour le béton imprimé.

• **Produit de protection de la surface du béton**

Le produit de protection contribue au bon vieillissement esthétique et mécanique du béton.

L'usage et l'exigence de propreté conditionnent le choix parmi 3 types de solutions :

- Revêtement filmogène,
- Imprégnation hydrophobe,
- Imprégnation minéralisante.

[Réf. (2) Tableau synthétique Typologies et domaines d'emploi des produits de protection, page 21]

2. Les produits en interaction avec le mode de fonctionnement du revêtement en béton

• **Goujons**

Ce sont des barres en acier lisse, plastifiées ou enduites pour faciliter le glissement du béton, positionnées à la fibre neutre, dans le sens de la dilatation et du retrait, à cheval sur le joint de chaussée en béton, afin d'assurer le transfert de charge tout en permettant la dilatation du béton.

Les spécifications des goujons doivent être conformes à la norme NF EN 13877-3.

[Réf. (3) Implantation et dimensionnement des goujons, page 53]

• **Les armatures longitudinales du BAC**

Les armatures longitudinales doivent être conformes aux normes NF EN 10080, NF EN 13877-1 (en particulier l'article 6.7) et NF P98-170.

Le nombre d'armatures à mettre en place est calculé à partir du taux de ferrailage « P » qui est égal au rapport des sections acier/béton. Le taux de ferrailage « P », le diamètre des armatures ainsi que leur espacement sont donnés dans le paragraphe B.3 de l'Annexe B informative de la norme française NF P98-170. A titre d'exemple, le taux est couramment de 0,67 % dans le contexte français.

• **Fers de liaison**

Les fers de liaison sont conformes à la norme NF EN13877-1. L'annexe B de la norme NF P98-170 précise les conditions de choix des fers de liaison. Ce sont des barres d'acier de nuance Fe E400. Leur longueur est supérieure ou égale à 80 cm. Leur diamètre est fonction de l'épaisseur de la couche de béton, sans être inférieur à 10 mm.

• **Treillis soudés**

Les treillis soudés doivent être conformes à la norme NF EN13877-1.

En voirie, l'usage de ces produits n'intervient pas dans la résistance du béton ni dans le dimensionnement.

• **Produits pour joints**

Ce sont des produits préformés ou coulés à chaud ou à froid, qui doivent être conformes aux normes suivantes :

- ❖ NF EN 14188-1 pour les produits de scellement à chaud,
- ❖ NF EN 14188-2 pour les produits de scellement à froid,
- ❖ NF EN 14188-3 pour les produits de scellement préformé.

• **Produits pour bandes structurantes**

Ce sont des pavés, des dalles ou des bordures en béton ou en pierre naturelle.

Les pavés béton devront être conformes aux spécifications de la norme NF EN 1338. Les dalles béton devront répondre aux spécifications de la norme NF EN 1339.

Les éléments modulaires en pierres naturelles sont des dalles et opus calcaire, des dalles en marbre, des pavés, dalles et opus en granit, porphyres, quartzite, schiste et ardoises, des pavés et dalles en terre cuite, etc.

Le recours aux bandes structurantes est réservé à des applications urbaines à trafic modéré.

Les épreuves de convenance

La démarche de convenance du béton, depuis le choix préalable du maître d'ouvrage jusqu'à l'exécution par l'entreprise et la réception de l'ouvrage se décline en quatre niveaux.

1. La commande du béton

La commande du béton intègre les choix esthétiques (échantillons et planche de référence) et d'usage du maître d'ouvrage.

Une commande détaillée et complète du béton (codification normative précisant la classe mécanique ; la classe d'exposition ; la classe de consistance ; la classe de chlorure ; le Dmax), permet à l'unité de production du béton de bien comprendre la destination du béton et de l'ouvrage suivant la désignation du BPS (béton à propriétés spécifiées) ou sa déclinaison simplifiée de béton à performance garantie.

Le mode de commande en procédure BCP (béton à composition prescrite) est peu utilisé, mais a ses adeptes pour des opérations très créatives avec des acteurs très spécialisés et expérimentés, valorisés par des références significatives.

[Réf. (3) Figure 5.1 Exemple de code barre pour la commande d'un béton routier BPS, page 64]

2. L'épreuve de convenance de fabrication

L'épreuve de convenance de fabrication permet de vérifier que l'unité de production dispose des moyens de stockage et des équipements conformes aux normes en vigueur. Elle est simplifiée lorsque la centrale BPE est titulaire du droit d'usage de la marque NF.

3. L'épreuve de convenance de mise en œuvre

L'épreuve de convenance de mise en œuvre est indispensable pour toute opération importante (plus de 500 m³ de béton ou durée de plus d'une semaine). Le maître d'œuvre doit la demander et la valider en présence du maître d'ouvrage dans toute la mesure du possible. Elle se concrétise par une planche de référence de 4 m² minimum avec les modalités de fabrication et de transport prévues, ainsi que la palette complète des matériels et hommes de l'art mobilisés par l'entreprise.

4. La réception des travaux et de l'ouvrage

La réception des travaux et de l'ouvrage comprend 3 volets :

- Le rendu esthétique et sa conformité par rapport à l'attente du maître d'ouvrage (référentiel de la dévolution du marché et du démarrage du chantier),
- Les indicateurs de durabilité de l'ouvrage appréhendés pendant tout le processus d'élaboration et d'exécution du projet,
- Les indicateurs de propriétés de surface : adhérence du revêtement, régularité et uni, étanchéité des joints, propreté.

Points d'attention : réception des travaux et mémoire technique

Les démarches de réception des travaux sont facilitées par la mise en perspective des observations avec le mémoire technique de l'entreprise, maillon de la chaîne qualité.

[Réf. (3) Le mémoire technique quel contenu et quelle forme pour en valoriser l'efficacité ?, pages 54-55]



Exemple d'échantillons pour convenance

La démarche qualité et les contrôles

La démarche qualité implique la levée des points d'arrêts intervenant au niveau :

1. Des travaux préparatoires

• Contrôle de la plate-forme support de chaussée

Le contrôle pour la réception de la plate-forme porte sur le nivellement, les cotes altimétriques, les pentes et les dévers, le calage des émergences, la propreté et la portance.

• Affinage du calepinage des joints

Le plan de calepinage est validé ou adapté pour être conforme aux règles strictes de positionnement des différents types de joints, de format et de forme des dalles ainsi que des espacements entre joints de retrait/flexion. Les conditions climatiques réelles au moment du bétonnage valident l'implantation des joints de dilatation.

• Efficacité des coffrages du béton

Le contrôle porte sur la stabilité, la robustesse et la hauteur des coffrages qui doivent retenir toute l'épaisseur du béton, et des fiches ancrées tous les mètres dans la plate-forme.

• Protection des ouvrages contigus

Il s'agit de la vérification des dispositions prises pour protéger les ouvrages contigus ou intégrés au chantier (façades, bordures, mobiliers urbains, mariage avec d'autres revêtements).

2. Des contrôles du revêtement en béton

• Fabrication et approvisionnement du béton

Réalisé le plus souvent en centrale de béton prêt à l'emploi et transporté par camions toupies,
On vérifie au niveau du chantier :

- Les bons de livraison à chaque toupie,
- La consistance du béton et sa régularité,
- La teneur en air occlus.

• Épaisseur du revêtement

Compte tenu de la sensibilité des revêtements en béton vis-à-vis de la variation d'épaisseur, il faut, pour assurer la durée de dimensionnement et la pérennité de l'ouvrage, être particulièrement vigilant à vérifier le respect de l'épaisseur béton prévue dans le projet. Il en est de même pour les bétons de fondation.

• Mise en place et serrage du béton

Le choix important à vérifier est le recours ou non à la vibration du béton selon l'usage de l'ouvrage, la finition visée et le matériel de mise en œuvre sélectionné par l'entreprise.

• Cure du béton

Le produit pulvérisé au bon dosage permet la couverture homogène de la dalle et de ses flancs. En cas de désactivation du béton, la cure doit être rétablie après le lavage.

• Confection des joints

C'est le savoir-faire de l'entreprise que d'exécuter les joints de retrait par sciage au bon moment sur le béton suffisamment durci. Idem sur la maîtrise d'exécution des joints de construction et de dilatation.

• Maîtrise des finitions de surface

La vérification de la qualification et de l'expérience des hommes de l'art qui procèdent à la finition est essentielle. On vérifie que le bon geste au bon moment avec le bon outil produit la finition de qualité attendue.



Bibliographie

• Normes

- (a) NF EN 197-1 Liants hydrauliques. Ciments courants. Composition, spécifications et critères de conformité
- (b) NF EN 12620 Granulats pour béton
- (c) NF P18-545 Granulats, éléments de définition, conformité et codification
- (d) NF EN 1008 Eau pour béton
- (e) NF EN 934-2 Adjuvants pour béton.
- (f) NF EN 10080 Aciers pour l'armature du béton. Aciers soudables pour béton armé. Généralités
- (g) NF EN 206+A2/CN Béton. Spécifications, performances, production et conformité
- (h) NF EN 13877-1 Chaussée en béton. Partie 1 : matériaux
- (i) NF EN 13877-2 Chaussée en béton. Partie 2 : exigences fonctionnelles pour les chaussées en béton
- (j) NF EN 13877-3 Chaussée en béton. Partie 3 : spécifications relatives aux goujons
- (k) NF P98 086 Dimensionnement des chaussées
- (l) NF P98-170 Chaussées en béton de ciment. Exécution et contrôle
- (m) NF EN 14188-1 Produits de scellement de joint. Partie 1 : spécifications pour produits de scellement appliqués à chaud
- (n) NF EN 14188-2 Produits de scellement de joint. Partie 2 : spécifications pour produits de scellement appliqués à froid
- (o) NF EN 14188-3 Produits de scellement de joint. Partie 3 : spécifications pour joints préformés
- (p) NF EN 12350-2 Essai sur béton frais. Partie 2 : affaissement
- (q) NF EN 12350-7 Essai sur béton frais. Partie 7 : teneur en air, méthode de la compressibilité
- (r) NF EN 12390-1 Essai sur béton durci. Partie 1 : formes dimension et autres exigences relatives aux éprouvettes et aux moules
- (s) NF EN 12390-3 Essai sur béton durci. Partie 3 : résistance à la compression des éprouvettes
- (t) NF EN 12390-6 Essai sur béton durci. Partie 6 : résistance en traction par fendage des éprouvettes

- (u) NF P98-254-4 Essai relatif aux chaussées. Mesure de propriété liée à la perméabilité des matériaux. Partie 4 : mesure de l'écoulement surfacique au perméamètre à charge constante dans un matériau drainant
- (v) NF EN 13036-1 Caractéristiques de surface des routes et des aéroports. Partie 1 : Méthode d'essai pour mesurer la profondeur de macrotexture de la surface d'un revêtement à l'aide d'une technique volumétrique à la tâche
- (w) NF EN 13036-4 Caractéristiques de surface des routes et des aéroports. Partie 4 : Méthode d'essai pour mesurer la microtexture de la surface d'un revêtement à l'aide du pendule SRT
- (x) NF P98-218-2 Essais relatifs aux chaussées. Essai lié à l'uni. Partie 2 : mesure avec la règle roulante de 3 m

• Textes officiels

- (A) Fascicule 28 du CCTG, Exécution des chaussées en béton

• Guides

- (1) Les bétons décoratifs : Voiries et aménagements Urbains - Tome 1 : Finitions, gestes et techniques ; Ouvrage Specbea
- (2) Les bétons décoratifs : Voiries et aménagements Urbains - Tome 2 : Entretien et rénovation ; Ouvrage Specbea
- (3) Les bétons décoratifs : Voiries et aménagements Urbains - Tome 3 : Les règles de l'Art ; Ouvrage Specbea
- (4) Voiries et aménagements urbains en béton - T50, Tome 1 : Conception et dimensionnement ; Collection Technique CIMbéton
- (5) Voiries et aménagements urbains en béton - T52, Tome 3 : CCTP-type - Bordereau de prix unitaires BPU - Détail estimatif DE ; Collection Technique CIMbéton
- (6) Chaussées en béton ; Guide technique LCPC-Sétra
- (7) Manuel de dimensionnement des chaussées neuves à faible trafic ; Guide Collection Références IDRRIM
- (8) L'adhérence des chaussées, Etat de l'art et recommandations ; Guide Collection Références IDRRIM
- (9) Mesure de l'adhérence des chaussées routières ; CFTR Info N°11

Glossaire des abréviations

- **BAC** revêtement en béton armé continu
- **BC** revêtement en béton de ciment
- **BCg** revêtement en béton de ciment goujonné
- **BCP** béton à composition prescrite
- **BCR** béton compacté routier
- **BPE** béton prêt à l'emploi
- **BPS** béton à propriétés spécifiées
- **E/C** rapport Eau sur ciment
- **E_{eff}/L_{eq}** rapport Eau efficace sur liant équivalent
- **G/S** proportion massique Granulats sur Sable
- **GB** grave bitume
- **GTLH** grave traitée aux liants hydrauliques
- **PL** poids lourd
- **Rc** résistance caractéristique
- **TMJA** trafic moyen journalier annuel
- **VL** véhicule léger



Aire de jeu : revêtement amortissant sur béton drainant

VECU, Voiries, Espaces publics et Chantiers d'aménagements Urbains

Le comité VECU réunit des entrepreneurs, des Maîtres d'Œuvre, des experts, le SNBPE et France Ciment.

Ses missions

- ✓ Rendre lisible l'offre en béton décoratif
- ✓ Faire la promotion des URBA-, ÉCO- et INNO-bétons
- ✓ Communiquer auprès des Maîtres d'Ouvrage, Maîtres d'Œuvre, entreprises, professionnels de l'aménagement urbain, enseignants et étudiants
- ✓ Publier des ouvrages de référence

Sa devise

Si savoir-faire est indispensable, faire savoir est essentiel

Ses ouvrages



Les bétons décoratifs - Tome 1 sur 3 - Finitions, techniques

Plus de cinquante finitions du béton de voirie classées, détaillées et abondamment illustrées, voici la proposition de cet ouvrage réalisé par les entreprises spécialistes des bétons d'aménagement et d'environnement adhérentes au Specbea. Issu d'une réflexion sur l'environnement urbain contemporain, il permet de découvrir toutes les solutions pour une ville à la fois esthétique, écologique et innovante. Avec le tome 1, « Finitions, gestes et techniques », découvrez les techniques et les savoir-faire proposés dans le domaine des bétons décoratifs.

Les bétons décoratifs - Tome 2 sur 3 - Entretien, rénovation

A la suite du tome 1 de la série d'ouvrages consacrée aux bétons décoratifs et réalisée par les entreprises spécialistes des bétons d'aménagement et d'environnement adhérentes au SPECBEA, voici le deuxième volet intitulé « Entretien et rénovation ». Neuf bétons décoratifs sur dix ne profitent d'aucune protection après leur mise en service. Résistants et esthétiques, ils doivent pour le rester longtemps bénéficier d'un entretien adapté. Cet ouvrage expose techniques et produits grâce auxquels un béton décoratif ne perdra ni de son utilité ni de son lustre.



Les bétons décoratifs - Tome 3 sur 3 - Règles de l'art

Après la publication des deux premiers tomes – « Finitions, gestes et techniques » et « Entretien et rénovation » –, « Les règles de l'art » vient clore une trilogie d'ouvrages consacrée aux bétons décoratifs et réalisée par les entreprises spécialistes des bétons d'aménagement et d'environnement adhérentes au Specbea. Tout en proposant un point exhaustif sur les matériaux, techniques et savoir-faire indispensables à la qualité et la pérennité des ouvrages, ce tome 3 vient préciser les rôles et responsabilités de la maîtrise d'oeuvre comme de la maîtrise d'ouvrage.

Syndicat de spécialité de la Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP), créée en 1936, le **Specbea** représente les **Spécialistes de la chaussée en béton et des aménagements**.

Le **Specbea** regroupe des entreprises de TP qui réalisent :

- ◆ des aménagements de sécurité et d'assainissement en béton extrudé,
- ◆ des infrastructures lourdes pour les transports collectifs,
- ◆ des voiries et aménagements en béton décoratif,
- ◆ l'entretien et la rénovation des revêtements en béton.

Le **Specbea** est un réseau solide qui permet d'agir dans l'échange et la concertation.



Ses missions :

- Accompagner votre entreprise et donner les outils nécessaires à une bonne gestion technique et administrative
- Veiller aux innovations techniques, définir les règles d'applications, suivre la normalisation française et européenne
- Promouvoir les métiers d'applicateur
- Fournir conseil, assistance technique auprès des adhérents, des maîtres d'œuvres, des maîtres d'ouvrages.

Sa devise :

Mettre l'expertise de chacun au service de tous.

Ses partenaires :

CIMbéton (France ciment),



SNBPE



VOIRIES ET AMÉNAGEMENTS URBAINS EN BÉTON



Points essentiels
d'un cahier des charges



Specbea

SPÉCIALISTE DE LA CHAUSSÉE
EN BÉTON ET DES AMÉNAGEMENTS

9 rue de Berri - 75008 Paris

specbea@fnfp.fr

www.specbea.com