

CHAPITRE 2

STRUCTURE DE VOIRIE ET AUTRES ESPACES PUBLICS

Cahier des prescriptions techniques

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	1/29

Tableau de suivi des révisions

Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Vérifié par	Nb Page
13/07/10	A	Création	L. Leduc	G. Gourret et M. Diallo	25
20/05/11	B	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	25
11/06/11	C	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	27
03/02/16	D	Mise à jour	E. Maillard	P. Lebreton	27

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	2/29

SOMMAIRE

PREAMBULE	4
I – INDICATIONS GENERALES :	5
1- CARACTERISTIQUES MECANIQUES :	5
▪ Résistance à la fatigue	5
▪ Résistance à l'orniérage	5
▪ Résistance à la fissuration	5
2- GESTION :	5
▪ Réparabilité	5
▪ Nettoyabilité	6
▪ Approvisionnement	6
3- DEVELOPPEMENT DURABLE :	6
4- DUREE DE VIE :	6
5- ESTHETIQUE ET CONFORT D'UTILISATION :	8
▪ Esthétique	8
▪ Confort d'utilisation	8
II – DIMENSIONNEMENT DES CHUSSEES ET CARACTERISTIQUES PRINCIPALES :	9
1- CONSTITUTION D'UNE CHUSSEE	9
2- DIMENSIONNEMENT MECANIQUE	9
▪ Procédure de dimensionnement à suivre :	10
▪ Durée de vie des aménagements	10
▪ Classe de trafic	11
▪ Qualité de la plateforme support de chaussée	11
▪ Abaque de dimensionnement des couches d'assise	12
▪ Couche de forme	13
3- EXEMPLES DE STRUCTURES TYPES	17
IV – REVETEMENTS	20
1- MATERIAUX MODULAIRES : PAVES ET DALLES	20
▪ Définition	20
▪ Qualité des produits	22
▪ Dimensionnement selon le trafic	22
▪ Calepinage	23
▪ Pose de pavés et de dalles	23
2- BORDURES	24
▪ Matériaux	24
▪ Calepinage	24
▪ Validation de la Ville d'Angers	27
V – ANNEXES	28
1- REVETEMENTS PAR SECTEUR ET TYPOLOGIES	28

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	3/29

Préambule

Le présent guide des structures de voirie et autres espaces publics donne des orientations générales sur les critères à prendre en compte pour leur conception et réalisation. Ainsi, ce dossier présente les caractéristiques mécaniques d'une structure ainsi que les contraintes de gestion, la démarche de développement durable, la recherche de pérennité des ouvrages ainsi que l'ergonomie des espaces (confort, revêtements adaptés pour les personnes handicapées, ...) et les contraintes de nuisances sonores.

Par ailleurs, ce cahier technique aborde aussi la méthodologie du dimensionnement de chaussée (structures souple, type enrobé, ou chaussées constituées de matériaux modulaires). Sans pour autant détailler les choix particuliers d'aménagement, ce guide constitue la base à systématiquement respecter. Les revêtements plus diversifiés doivent être analysés au cas par cas. Les propositions des maîtres d'œuvre et maîtres d'ouvrage doivent être soumises à la validation de la Ville d'Angers.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	4/29

I – Indications générales :

1- Caractéristiques mécaniques :

Selon les trafics, les revêtements de chaussée subissent des chocs plus ou moins importants. Il est donc nécessaire de répondre à certaines qualités de résistance détaillées ci-dessous :

- Résistance à la fatigue

La circulation des véhicules se traduit par des phases de compression et de traction détériorant les revêtements. Plus l'épaisseur des matériaux est grande, plus le phénomène se réduit. Les matériaux doivent conserver leurs caractéristiques mécaniques tout au long de la durée de service de l'aménagement.

- Résistance à l'orniérage

Sur les axes passagers, les forts trafics provoquent des contraintes de cisaillement. La couche de surface doit présenter une bonne stabilité et une bonne résistance au fluage pour éviter les ornières.

- Résistance à la fissuration

Des contraintes horizontales apparaissent du fait de la diminution des contraintes verticales par l'intermédiaire des structures multicouches sous-jacentes. La couche de surface doit avoir une bonne résistance à la traction.

2- Gestion :

Afin d'optimiser l'entretien des aménagements et de réduire les dépenses directement induites, les qualités exigées des matériaux mis en œuvre doivent répondre à plusieurs critères :

- Réparabilité

Afin de ne pas perturber les circulations urbaines, les interventions de réparation doivent être de courte durée. Cela implique une bonne maniabilité des matériaux mis en place, principalement pour d'éventuelles interventions dans des zones restreintes et difficiles d'accès et de manipulation.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	5/29

- Nettoyabilité

Cette particularité est très importante en milieu urbain, et est fortement liée à la perméabilité des supports. En effet, les surfaces poreuses ne peuvent pas être entretenues avec les mêmes moyens techniques que les zones imperméables à toutes pénétrations d'eau mais aussi des saletés dues à la pollution.

- Approvisionnement

Cela prend en compte d'une part la mise en œuvre des matériaux, parfois en petites quantités et dans des conditions difficiles, d'autre part les déblais de réapprovisionnement nécessaires liés à la fabrication du matériau (attention aux enrobés, aux bitumes de synthèse).

3- Développement durable :

Dans le cadre d'une démarche d'intégration du développement durable dans les projets, les thématiques de structures de voirie et autres espaces publics ouvrent la porte à de nombreuses propositions innovantes. Ces dernières émanent généralement des entreprises, comme par exemple la mise en place d'enrobés à basse température, d'enrobés recyclés ou à base de liants végétaux.

Dans ce contexte, la Ville d'Angers souhaite promouvoir l'innovation. Les propositions, présentées sous la base de dossiers techniques, sont proposées par le maître d'œuvre à son maître d'ouvrage.

De même, la valorisation des matériaux du site ainsi que le recyclage de béton (concassé par exemple) sont volontiers analysés et mis en valeur en cas de réalisation.

4- Durée de vie :

L'objectif, à la Ville d'Angers, est d'obtenir une durée de vie des aménagements au minimum de 20 ans.

Les chaussées, structures multicouches, subissent les pressions exercées par la circulation en surface. Un sous dimensionnement de la structure d'une chaussée, dû à une méconnaissance du trafic, engendre des dégradations telles que l'orniérage, le vieillissement, des fissurations ainsi que des affaissements. Un bon dimensionnement est donc essentiel en amont de chaque projet. La durée de vie correspond à la période au cours de laquelle aucune intervention, de renforcement n'est nécessaire.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	6/29



Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	7/29

5- Esthétique et confort d'utilisation :

▪ Esthétique

L'esthétique est un des fils conducteurs dans la conception des projets d'aménagements d'espaces publics sans suivre les effets de mode. Les choix de revêtements de sol doivent assurer une excellente intégration du projet dans son environnement urbain et une bonne harmonie.

▪ Confort d'utilisation

Un aménagement ne doit pas seulement être esthétique, mais aménagé de sorte à être confortable pour l'usage souhaité de la voie (voie piétonne, cyclable, mixte ou pour les modes mécanisés). Les revêtements doivent être agréables à parcourir. Un cheminement accessible aux PMR doit être libéré de tout obstacle. La signalisation doit être nettement visible pour assurer une bonne sécurité. L'aménagement d'une voie peut être également influencé par la recherche de réduction des nuisances sonores.

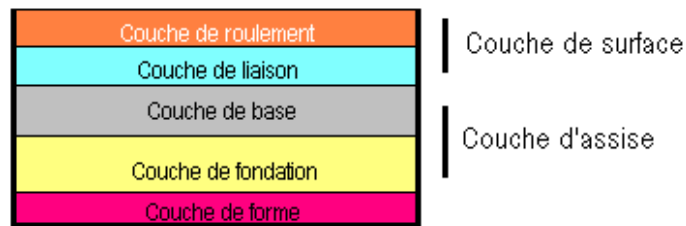
Si des pavés sont mis en place, ils ne doivent pas provoquer d'inconfort.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	8/29

II – Dimensionnement des chaussées et caractéristiques principales :

1- Constitution d'une chaussée

Voici schématiquement la constitution d'une chaussée :



2- Dimensionnement mécanique

Le dimensionnement consiste à déterminer les épaisseurs de chaque couche constituant la chaussée qui doit ainsi résister aux diverses agressions mécaniques qui lui sont imposées. Un bon dimensionnement permet d'éviter les dégradations (endommagements, déformations, ...).

Le dimensionnement d'une chaussée urbaine est réalisé à partir des paramètres suivants :

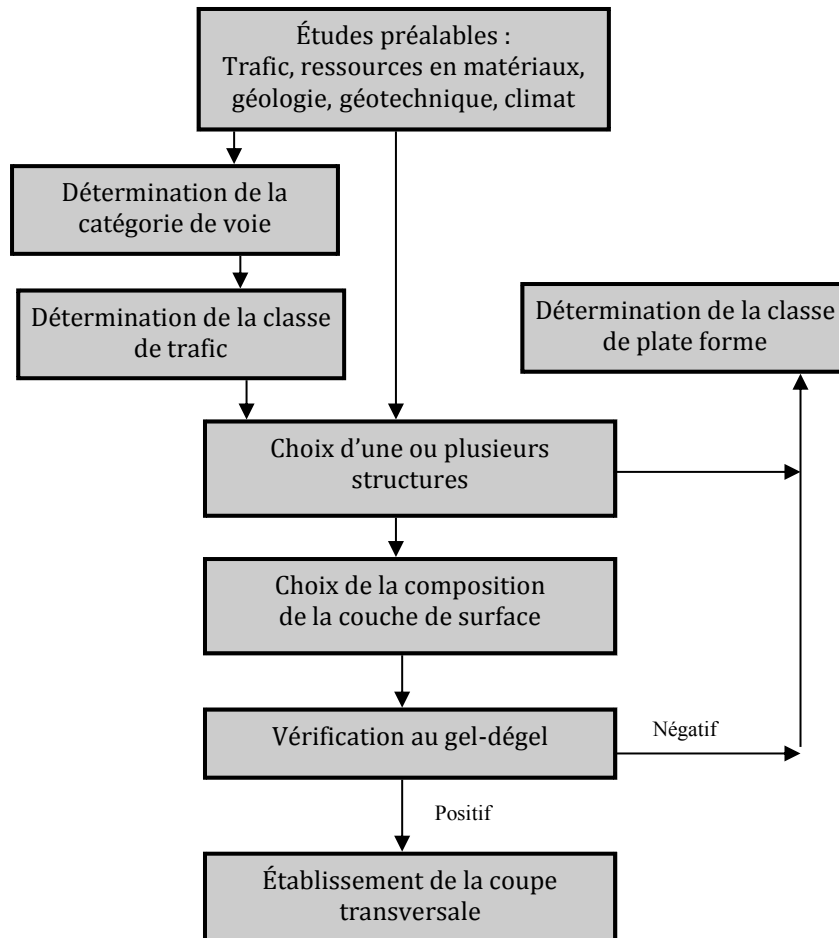
- i. Trafic
- ii. Portance de la plate forme support
- iii. Nature des matériaux des couches d'assises
- iv. Nature du revêtement

En milieu urbain, il est moins courant de réaliser une structure complète, telle qu'elle est représentée dans le schéma ci-dessus que de d'entreprendre des réhabilitations ou restructurations des voies. De plus, la présence de réseaux empêche parfois d'intervenir sur une forte profondeur.

Néanmoins, il existe des zones, telles que les zones d'aménagement concertées, où le présent guide peut être appliqué dans sa totalité car des voies nouvelles sont créées à cette occasion. Dans le cas de réhabilitations ou de restructurations de voies, il s'agit d'intervenir sur une chaussée existante. Le nouveau dimensionnement doit lui aussi tenir compte des paramètres évoqués ci-dessus à l'appui d'essais (déflexion et carottage) complémentaires pour connaître l'état mécanique de l'existant avant travaux. Dans ce cas, il convient de se rapprocher du guide SETRA/LCPC élaboré spécialement sur ce sujet.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	9/29

■ Procédure de dimensionnement à suivre :



■ Durée de vie des aménagements

La durée de vie correspond à la période durant laquelle aucun entretien structurel n'est théoriquement à prévoir. La durée de vie, préconisée à la Ville d'Angers, est de 20 ans.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	10/29

▪ Classe de trafic

Les études de dimensionnement se basent sur le trafic de poids lourd cumulé.

Le trafic cumulé est généralement pris sur une période de 20 ans, portée à 30 ans pour les voies de réseaux structurants au trafic plus important. Le trafic cumulé est exprimé en millions de poids lourds et déterminé sur la voie la plus chargée.

Ce trafic cumulé permet d'obtenir la classe de trafic d'après le tableau suivant :

Voies de réseaux structurants	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8
Trafic en millions de PL	0,5	1	3	6	14	38	94	
Voies de réseaux non structurants	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8
Trafic en millions de PL	0,2	0,5	1,5	2,5	6,5	17,5	43,5	

A défaut de données sur les poids lourds, on considérera que le trafic poids lourd équivaut à 6 % du trafic total.

La détermination des trafics est explicitée dans la norme NF P 98.082.

▪ Qualité de la plateforme support de chaussée

La plateforme est le support des assises de la chaussée. Elle permet d'assurer une portance minimale.

A la Ville d'Angers, la classe de la plateforme sera de **niveau PF2** comme dans toute zone urbaine avec un module compris entre 50 et 120 MPa.

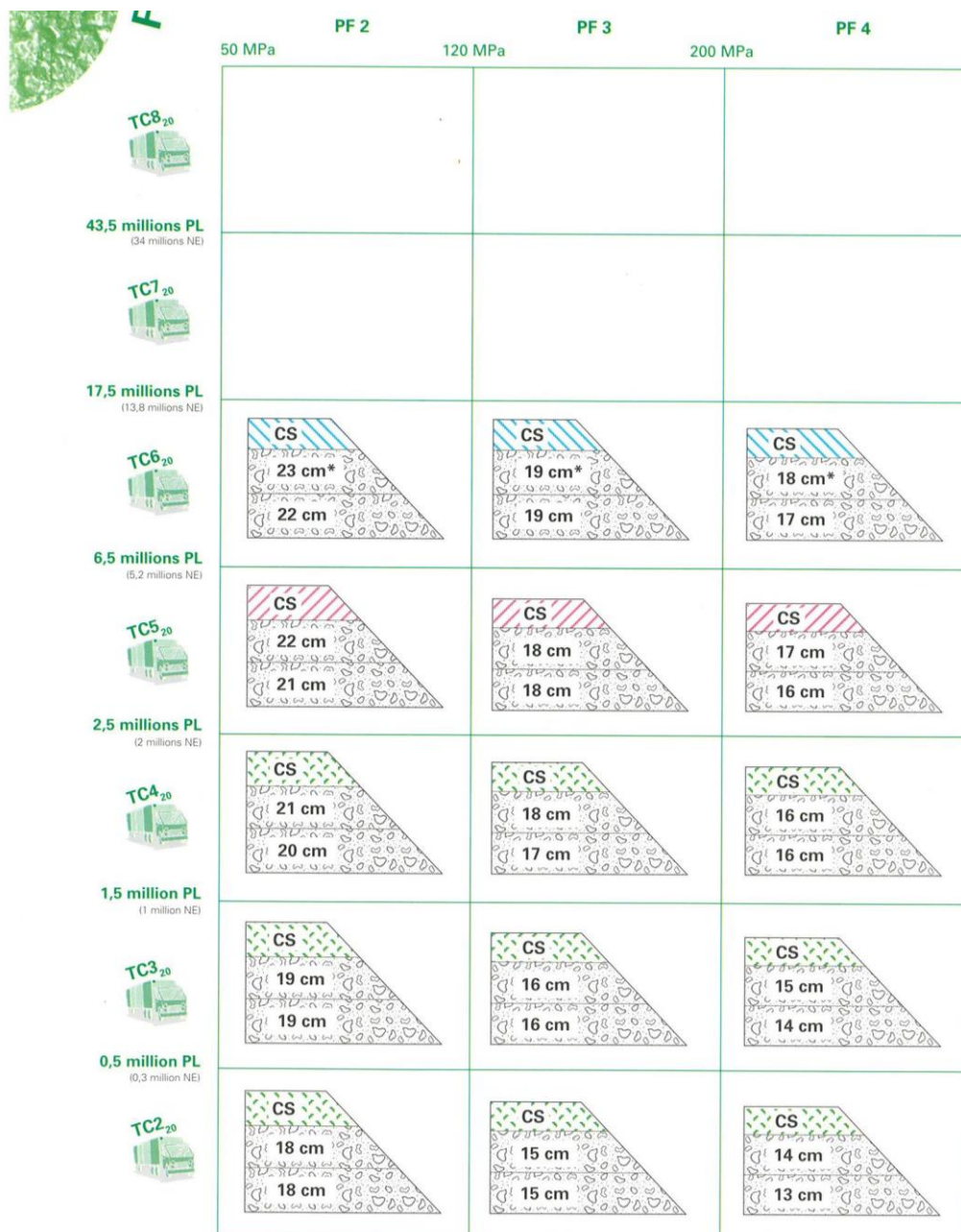
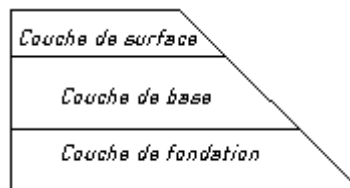
Des essais in-situ permettent de vérifier la qualité de la portance. Pour les plateformes de classe PF2, ils sont les suivants :

- Visuel : Pas d'ornières derrière l'essieu de 13 T.
- Mesures : 6 < CRB < 10 (Coefficient de réduction du bruit)
Déflexion < 250/100 mm
Coefficient dynaplaque > 0,45
50 < EV2 < 80 Mpa.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	11/29

■ Abaque de dimensionnement des couches d'assise

La couche d'assise (couches de base et de fondation) est dimensionnée en fonction du trafic et de la classe de plateforme. Voici une fiche type de l'abaque ci-dessous. Pour chaque couple de matériaux constituant les couches de base et de fondation, il en existe une.



NE : Nombre d'essieux équivalents calculé avec CAM= 0,8

Catalogue des structures types de chaussées neuves.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	12/29

▪ Couche de forme

Comme on le voit sur le schéma ci-dessous, on trouve tout d'abord, sur une hauteur de 1m, la partie supérieure des terrassements (P.S.T), surmontée de la couche de forme puis de la chaussée :

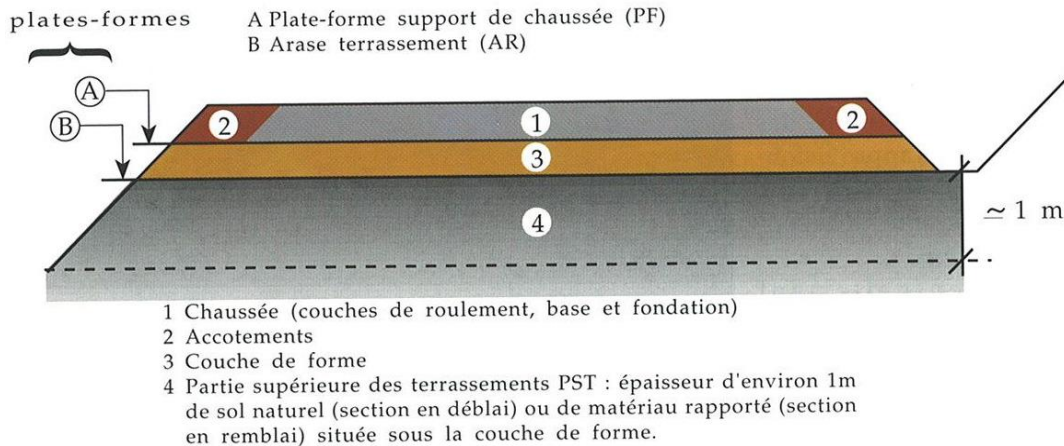


Schéma du guide SETRA : Réalisation des remblais et des couches de forme. Fascicule 1.

La couche de forme est facultative. Elle dépend de la portance de la plateforme et de la partie supérieure des terrassements (P.S.T).

L'épaisseur de la couche de forme doit satisfaire les critères de résistance et assurer la pérennité de la valeur de portance à long terme fixée pour la plateforme.

Elle dépend de :

- v. La partie supérieure des terrassements (P.S.T) et de la portance à long terme au niveau l'arase terrassement (cf. B du schéma ci-dessus),
- vi. Le matériau constituant la couche de forme : Choix du maître d'ouvrage.

Quant à la partie supérieure des terrassements (P.S.T), elle est en fonction de la classification géotechnique du sol en place et des conditions hydriques (très humide, humide, humidité moyenne, sec ou très sec).

A chaque partie supérieure des terrassements (P.S.T), est associée une ou deux classe(s) de portance à long terme de l'arase de terrassement, notée ARi. Ci-dessous, un extrait du tableau :

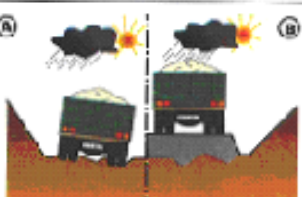
P.S.T. n°1		Sols Matériaux des classes A, E ₁ , B ₁ , B ₂ , C ₁ , F ₁ , R ₁ , R ₂ et certains matériaux G ₁ , R ₀ et R ₁ dans un état hydrique (H). Cementés. PST en matériaux sensibles de mauvaise portance au moment de la mise en œuvre de la couche de forme (A) et sans possibilité d'amélioration à long terme (B).	AR1 Dans ce cas de PST, il convient : - soit de procéder à une amélioration du matériau jusqu'à 0,5 m d'épaisseur par un traitement principalement à la chaux vive et selon une technique remblai. On est ramené au cas de PST 2, 3 ou 4 selon le contexte ; - soit d'écouter une couche de forme en matériau granulaire insensible à l'eau de forte épaisseur (on admettent une légère réduction de l'interface PST - couche de forme).
----------------------	---	---	--

Schéma du guide SETRA : Réalisation des remblais et des couches de forme. Fascicule 1.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	13/29

On obtient donc un couple : **PST i - AR j**. Avec ce dernier, l'épaisseur de la couche de forme peut être dimensionnée à partir du tableau suivant :

Classe de sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en couche de forme	Code GWTS	Epaisseur préconisée de la couche de forme e (en m.) et classe PF de la plateforme support de chaussée				
					PST n° 1	PST n° 2	PST n° 3	PST n° 4	
					AR 1	AR 1	AR 1	AR 2	
B ₁₁	Bien qu'insensibles à l'eau (*) les sols de cette classe sont néanmoins peu traficables du fait de leur finesse et de leur uniformité granulaire. Ils sont constitués de grains résistants qui autorisent leur emploi en couche de forme soit après leur avoir fait subir une correction granulométrique soit un traitement avec un liant hydraulique. (* On considère ici les sols de la classe B, dont l'insensibilité à l'eau est confirmée.	++ forte pluie	Situation météorologique ne permettant pas une mise en œuvre correcte	NON					
		+ pluie faible	T : Traitement avec un correcteur granulométrique Solution 1 T : Traitement avec un correcteur granulométrique	0 0 6 0	e = 0,8 ou (2) e = 0,65 PF2	e = 0,5 ou (2) e = 0,4 PF2	e = 0,4 ou (2) e = 0,3 PF2	e = 0,3 ou (2) e = 0,2 PF2	(3)
		= ou - pas de pluie	Solution 2 W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique T : Traitement avec un liant hydraulique associé éventuellement à un correcteur granulométrique S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 1 5 2		e = 0,35	e = 0,35	e = 0,35	e = 0,35
B ₁₂	Bien qu'insensibles à l'eau (*) les sols de cette classe sont néanmoins peu traficables du fait de leur finesse et de leur uniformité granulaire. De plus ils sont constitués de grains friables qui sous l'action du trafic pourraient se transformer en éléments fins sensibles à l'eau. Pour ces raisons les sols doivent être traités avec un liant hydraulique pour être utilisables en couche de forme. (* On considère ici les sols de la classe B, dont l'insensibilité à l'eau est confirmée.	+ pluie faible	Situation météorologique ne permettant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s) W : Arrosage pour maintien de l'état hydrique	NON	(1)	PF2	PF2	PF3	PF3
		= ou - pas de pluie	T : Traitement avec un liant hydraulique associé éventuellement à une correction granulométrique S : Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	0 1 5 2					

(1) Sur cette PST, la mise en œuvre d'un matériau traité répondant à une qualité "couche de forme" n'est pas réalisable. Procéder d'abord à un traitement selon une technique "remblai" et se reporter alors au cas de PST n°4 si l'effet du traitement est durable et aux cas PST n°2 ou 3 s'il ne l'est pas.

(2) Si intercalation d'un géotextile à l'interface PST-couche de forme.

(3) Dans le cas de la PST n°4, une couche de forme conduisant à une PF2 peut se limiter à une couche de protection superficielle de quelques centimètres d'épaisseur de ce matériau. Celle-ci peut même être inutile si l'on a prévu la possibilité d'éliminer par rabotage les 5 à 10 cm supérieurs de la PST. Elle peut également être remplacée par un enduit de cure gravillonné ou éventuellement clouté, appliqué directement sur l'arase terrassement.

Extrait du tableau des conditions d'emploi des sols en couche de forme.

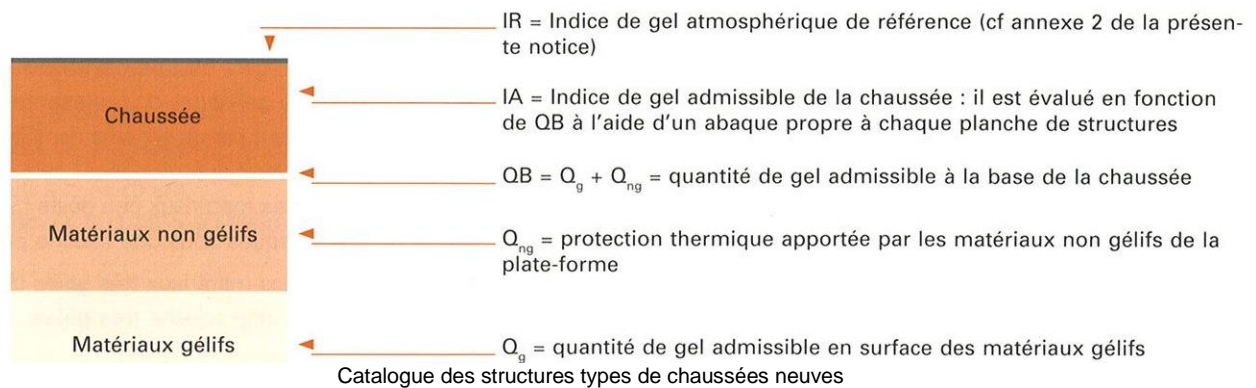
L'épaisseur peut également être diminuée si un géotextile est intercalé entre la partie supérieure des terrassements et la couche de forme.

Vérification gel / dégel :

Une fois le dimensionnement effectué, une vérification au gel-dégel doit être réalisée. Elle consiste à comparer l'indice de gel atmosphérique de référence IR qui caractérise la rigueur de l'hiver vis-à-vis duquel on souhaite protéger la chaussée et l'indice de gel admissible IA.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	14/29

Figure 4 - Principe de la vérification au gel-dégel



Détermination de IR : Il est déterminé dans chacune des villes. A Angers, IR=100 pour l'hiver rigoureux exceptionnel.

Détermination de IA :

Dans le cas où il ne serait pas possible de disposer d'essai de gonflement (Norme NF P 98-234-2) qui caractérise la sensibilité au gel des matériaux de la partie supérieure des terrassements, nous considérons que la quantité Q_g est nulle. Donc, la quantité de gel admissible à la base de la chaussée (QB) est égale à la protection thermique apportée par les matériaux non gélifs de la plateforme (Q_{ng}).

On en déduit que : $QB = Q_{ng} = A_n * h_n^2 / (h_n + 10)$

A_n est déterminé, suivant la classe du sol de la couche de forme, dans le tableau suivant :

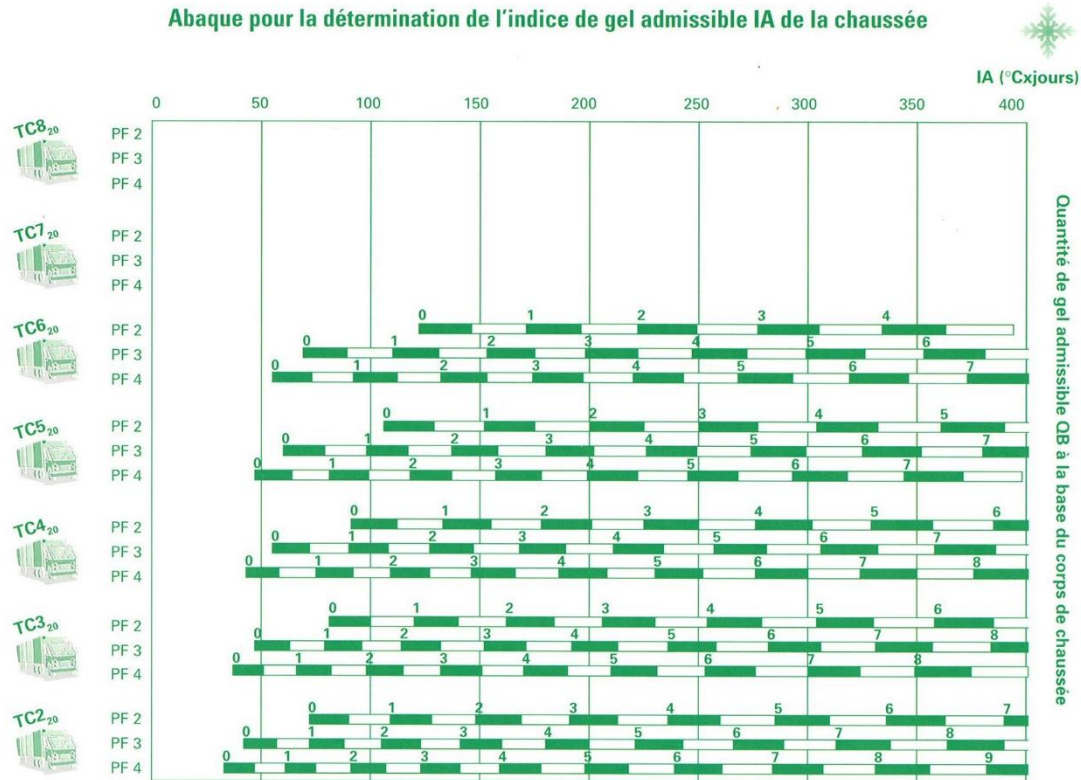
Matériau	A	B, C	D, GNT	CV, SH	LTCC
A_n	0,15	0,13	0,12	0,17	0,14

h_n est l'épaisseur de la couche non gélive en cm.

Lorsque QB est déterminée, il faut utiliser l'abaque (cf. exemple ci-dessous) pour déterminer l'indice de gel admissible IA :

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	15/29

Abaque pour la détermination de l'indice de gel admissible IA de la chaussée



Catalogue des structures types de chaussées neuves

Si $IA > IR$, la structure peut être retenue.

Si $IA < IR$, la structure est insuffisante, il faut la redimensionner. Ainsi, on reprendra le processus de dimensionnement par réitération. Il convient donc, soit de choisir une structure plus épaisse en passant à la classe de trafic supérieure ou la classe de plate forme inférieure ou de majorer l'épaisseur de la couche de forme.

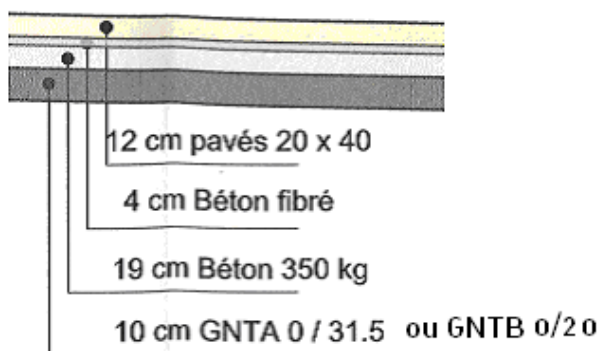
Le principe de vérification au gel-dégel est décrit plus précisément dans le guide technique de conception et de dimensionnement des structures de chaussées et s'effectue conformément à la norme NFP 98 -086.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	16/29

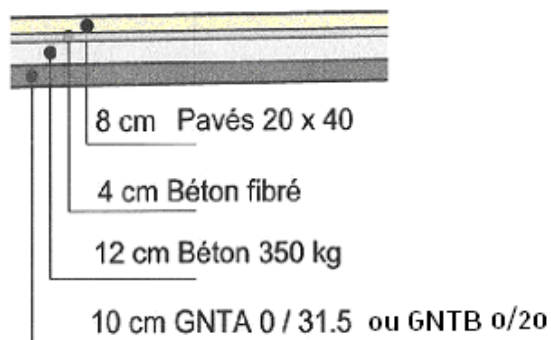
3- Exemples de structures types

A titre d'exemples, voici quelques coupes types mises en place à la Ville d'Angers :

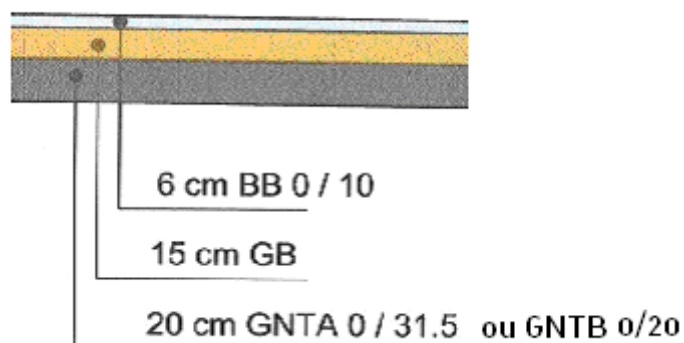
Chaussée semi-piétonne



Trottoir

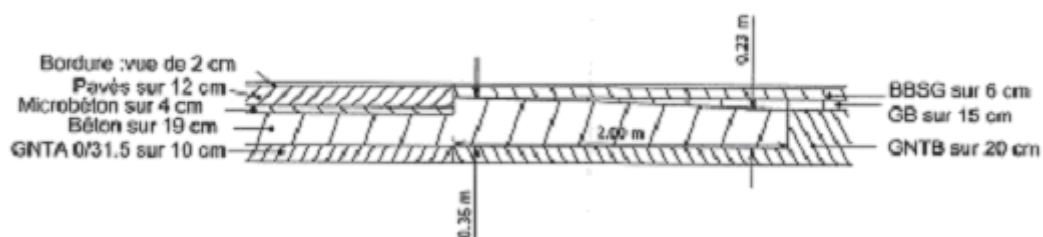


Chaussée



Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	17/29

Dalles de transition Structure souple / Structure rigide



Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	18/29

III – Matériaux de remblayage

Les matériaux utilisés pour le remblayage de tranchées peuvent être :

- des matériaux de carrières (rocheux ou alluvionnaires),
- des matériaux du site, éventuellement valorisés avec un traitement (à la chaux ou au ciment par exemple),
- des matériaux issus du recyclage comme les matériaux de démolition concassés.

Dans le cadre de sa démarche de développement durable, la Ville d'Angers souhaite promouvoir des solutions alternatives à l'utilisation de matériaux de carrières. Dans tous les cas, et plus particulièrement dans le cas d'utilisation de matériaux du site ou recyclés, la Ville d'Angers Direction Voirie Déplacements exige la présentation par le maître d'ouvrage d'une notice technique précisant la nature des matériaux, le protocole et la méthode de contrôle.

Le remblayage des tranchées doit être conforme aux normes en vigueur et aux recommandations du SETRA : Guide technique sur le remblayage des tranchées et réfection de chaussées.

Ce guide technique rappelle la définition des objectifs de densification et les normes, ainsi que sous forme de tableaux, les cas types de tranchée (lien entre trafic, classes des matériaux utilisables (Guide Technique Réalisation des remblais et des couches de forme : G.T.R.) et épaisseurs des couches de matériaux).

Le Cahier des Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P) fait référence aux normes en vigueur, précise les caractéristiques des matériaux de remblais et des fournitures ainsi que les objectifs de densification, les prescriptions générales de méthodes et d'organisation de chantier.

Dans le cadre de sa démarche de développement durable, la Ville d'Angers demande aussi des précisions en ce qui concerne la prise en compte de l'environnement (rédaction d'une notice Environnement au stade de la remise des offres par les entreprises) puis conseille la réalisation d'un Plan de Respect de l'Environnement (P.R.E) que l'entreprise doit soumettre à l'agrément du maître d'ouvrage et proposer à la Ville d'Angers. En ce qui concerne ce dernier point, la dénomination exacte reste à l'appréciation du maître d'ouvrage.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	19/29

IV – Revêtements

On trouve en annexe un tableau, issu de la Charte du Paysage Urbain de la Ville d'Angers, indiquant le type de revêtement à mettre en place selon le secteur et la typologie.

En plus des revêtements classiques, type enrobés ou matériaux modulaires, des solutions alternatives peuvent être mises en place. On trouve par exemple :

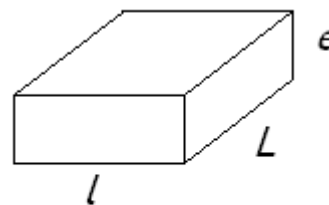
- Stabilisé
- Enrobés coulés à froid (Chaussée à faible trafic et coût réduit)
- Enrobés colorés.
- Enrobés percolés (résiste à l'orniérage)
- Enrobés drainants (Mise en place autour des arbres – Inconvénients lors du nettoyage et du salage hivernal).
- Béton désactivé ou balayé.

1- Matériaux modulaires : Pavés et Dalles

▪ Définition

Pavés : Rapport $S \text{ (cm}^2\text{)} / E \text{ (cm)} < 100$

Dalles : Rapport $S \text{ (cm}^2\text{)} / E \text{ (cm)} > 100$



$$S(\text{cm}^2) = L * l$$

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	20/29



Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	21/29

▪ Qualité des produits

Les pavés et dalles peuvent être en béton ou en pierre naturelle.

Nature	Pavés	Dalles
Béton	Conformes à la norme NF EN 1338 de février 2004 absorption eau < 6% (classe 2) perte de masse < 1kg/m ² Sous effet sels déverglaçage (classe 3) rupture par fendage >3,6 Mpa résistance à l'abrasion < 23 mm	Conformes à la norme NF EN 1339 de février 2004 classe de charge de rupture 25 ou 30 en fonction du trafic Classe de résistance à la flexion 2 ou 3 en fonction du trafic absorption eau < 6% (classe 2) perte de masse < 1kg/m ² Sous effet sels déverglaçage (classe 3) résistance à l'abrasion < 23 mm
Pierre naturelle	Conforme aux normes NF EN 1342 et XPB 10601 Résistance à l'abrasion < 28 mm Résistance à la compression < 100 Mpa Résistance au gel : > 96 cycles = gel faible > 144 cycles = gel modéré > 240 cycles gel sévère	Conforme aux normes NF EN 1342 et XPB 10601 Résistance à l'abrasion < 28 mm classe de résistance D4 ou D4R en fonction du trafic déterminée par : $P=(W*R_f*T^2)/(L*1,6*1500)$ Résistance au gel : > 96 cycles = gel faible > 144 cycles = gel modéré > 240 cycles gel sévère

▪ Dimensionnement selon le trafic

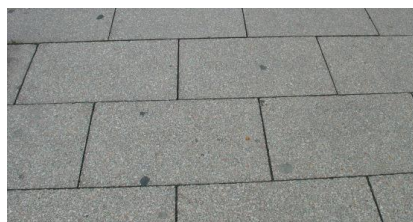
Les dimensions des pavés et dalles dépendent du trafic de poids lourds.

trafic	Pavés	Dalles
T5 (< 25 PL/jour)	épaisseur mini 8 cm rapport S/E < 100	épaisseur mini 8 cm 100 < rapport S/E < 200
T5 (25 < PL/jour < 50)	épaisseur 8 à 10 cm 20 < rapport S/E < 30	épaisseur 10 à 12 cm 100 < rapport S/E < 150
T5 (50 < PL/jour < 150)	épaisseur 12 cm à 14 cm rapport S/E < 20	PROSCRIT

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	22/29

■ Calepinage

Le calepinage est fonction du matériau mis en œuvre. Il doit tenir compte des dimensions et de la nature du matériau. Voici 3 exemples :



On trouve également des calepinage type 2/3 - 1/3.

■ Pose de pavés et de dalles

Les joints en sable sont proscrits à la Ville d'Angers, d'autant plus si la chaussée est en pente. Ils doivent être en béton pour les matériaux modulaires afin que le balayage ne détériore pas les joints.

Les matériaux modulaires sont à poser sur mortier, particulièrement sur chaussée. Une meilleure pérennité du revêtement est ainsi obtenue. Le mortier doit être préparé au fur et à mesure de l'avancement des travaux et doit être employé aussitôt après sa confection.

Pour chaque projet, un CCTP précise les conditions de pose.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	23/29

2- Bordures

Les bordures peuvent être en granit et en béton.
Le module de base est de 0,15 m * 0,25 m h * 0,80 à 1 m.

- Matériaux

Bordures en granit :

Leur particularité est que leur bord est arrondi avec un rayon d'environ 1 à 2 cm.

Les bordures peuvent être posées sans joint, elles sont alors espacées d'environ 5 mm les unes des autres. Il peut également y avoir un joint non fait tous les 6 m, comme on le voit sur la photo ci-contre, pour permettre une éventuelle dilatation.



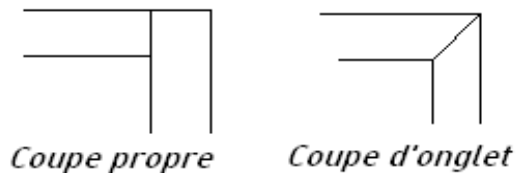
Bordures en béton :

Des joints sont systématiquement réalisés pour les bordures en béton.

- Calepinage

Coins :

Dans les coins, la Ville d'Angers demande des coupes propres et des coupes d'onglet, comme ci-dessous :

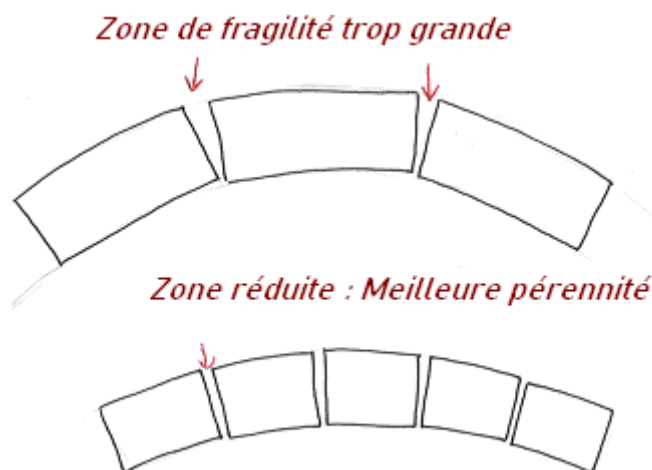


Les coins doivent être chanfreinés afin de réduire les risques d'usure des pneus et d'être moins accidentogènes.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	24/29

En courbe :

Lorsque les bordures sont positionnées en courbe, on privilégiera la pose de bordures courtes aux bordures classiques comme sur les photos ci-dessous :



Ainsi, les zones de fragilité, liaison entre deux bordures, sont réduites.

Des bordures en courbes peuvent être également réalisées sur mesures pour obtenir un meilleur rendu.

Raccord de deux bordures différentes :

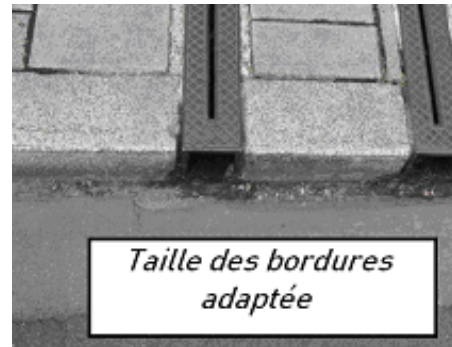
A la Ville d'Angers, il est proscrit de faire des raccords en béton entre deux bordures de modules différents. Une bordure adaptée devra être mise.



Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	25/29

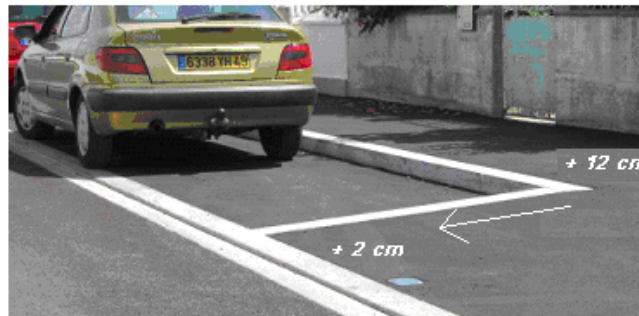
Raccord bordures / gouttières ou avaloir :

Lorsqu'une gouttière ou un avaloir est situé dans l'axe d'alignement des bordures, la taille des bordures doit être calculée afin de ne pas mettre de raccord en béton, élément qui se fragilise rapidement et moins esthétique.



Place de stationnement :

Concernant les places de stationnement, les bordures perpendiculaires à la voie doivent être en pente afin de passer des + 12 cm sur trottoir aux + 2 cm sur chaussée, comme on le voit sur la première photo ci-dessous :



Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	26/29

Eléments rigides sur structure souple :

La superposition d'éléments rigides sur une structure souple **est fortement déconseillée** pour des raisons de maintenance.



On lui préférera la mise en place de résine.

- Validation de la Ville d'Angers

En fonction du projet, les largeurs et hauteur de bordures peuvent être différentes. Les choix doivent être soumis à la Ville d'Angers pour des raisons de maintenance ultérieure.

Le non respect de ces prescriptions peut amener la Ville d'Angers à demander la reprise des bordures.

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	27/29

V – Annexes

1- Revêtements par secteur et typologies

Éléments constitutifs de l'espace public						
Secteurs	Typologies	Trottoir	Stationnement Livraison : Marquage par clou	Chaussée	Ilot central	Bordure
Centre-ville historique	Plateau piétonnier	X		Granit	X	Granit
	Desserte locale (Accès riverain)	X	X	Granit	X	Granit
	Espace public structurant			Granit		Granit
	Espace vert remarquable			Allee		
Stabilisé, ou granit						
Centre-ville élargi	Plateau piétonnier	X	Livraison : Marquage par clou	Pavé béton	X	Granit ou Béton
	Desserte locale	Dalle béton (trottoir non accessible) Enrobé	Pavé béton City truck ou Enrobé ou Dalle résine	Pavé béton City truck ou Enrobé ou Dalle résine	Dalle béton ou Enrobé	Granit ou Béton
	Espace public structurant	Granit, ou schiste, ou béton architectonique, ou dalle béton			X	Granit ou Béton
	Espace vert remarquable			Allee		
Stabilisé, ou granit						
Éléments constitutifs de l'espace public						
Secteurs	Typologies	Trottoir	Stationnement	Chaussée	Ilot central	Bordure
Autres quartiers	Desserte locale	Enrobé	Enrobé	Enrobé	Enrobé Dalle résine	Granit ou Béton
	Espace public structurant	Granit, ou schiste, ou béton architectonique, ou dalle béton			X	Granit ou Béton
	Espace vert remarquable			Allee		
Les voies traversantes	Entrée de ville (2x2voies)	Enrobé	Enrobé	Enrobé	Enrobé Dalle résine	Granit
	Voie de transit	Enrobé	Enrobé	Enrobé	Enrobé Dalle résine	Granit
	Voie interquartier	Enrobé	Enrobé	Enrobé	Enrobé Dalle résine	Granit

Extrait de la charte du paysage urbain de la Ville d'Angers

Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	28/29



Nom du fichier	Date d'édition	Révision	Nature des modifications	Etabli par	Approuvé par	Page
Structure de voirie et autres espaces publics	03/02/2016	D	Mise à jour	L. Leduc	P. Lebreton	29/29