

CHAUSSÉES RÉSERVÉES AUX TRANSPORTS EN COMMUN : LA SOLUTION BÉTON



INTRODUCTION

En France, comme dans les pays industrialisés, plus des trois quarts des habitants vivent en ville, et la voirie – sous ses divers aspects – représente un capital considérable.

En se limitant aux seules grandes villes de plus de quinze mille habitants, la voirie urbaine totalise un linéaire trois fois plus important que celui des autoroutes et routes nationales.

Dans les zones fortement urbanisées, comme la région Ile-de-France, plus de la moitié des travaux routiers est relative aux voiries des zones d'habitation et d'aménagement au sens large.

Ce qui modèle le paysage urbain, c'est que la rue dessert toutes les parcelles, abrite les déplacements et est un lieu de communication. Ces déplacements se font de multiples manières : en voiture, en transport en commun, en deux roues, à pied. Il faut faire cohabiter harmonieusement tous ces modes. Cela a nécessité un réaménagement géométrique de l'espace urbain qui s'est traduit par l'émergence de nouveaux concepts de trame urbaine : trame des voies de transit, trame du réseau de desserte, trame commerçante, trame pié-

tonne, trame paysagère, trame de voies réservées ou de sites protégés (couloirs bus, voies de transports en commun en site propre), etc. La technique béton a pleinement accompagné ces évolutions. Technique résistante et durable pour chaussées routières et aéronautiques à fort trafic, telle était sa réputation d'origine ; elle s'est maintenant considérablement élargie à la très grande diversité des typologies et des fonctions de voiries et en particulier aux chaussées réservées aux transports en commun, où sont mis en valeurs ses avantages techniques, esthétiques et économiques.

L'objet de cette documentation technique est de présenter une synthèse des connaissances et des règles de l'art relatives à la conception des chaussées réservées aux transports en commun, en béton coulé en place. Elle s'adresse aux prescripteurs, concepteurs, décideurs qui y trouveront, pour guider leurs choix et faciliter leurs études, les principes de conception et de dimensionnement de ces voiries.

Cette documentation s'appuie sur l'expérience acquise en la matière et sur les documents édités par le SETRA, le LCPC et le CERTU, en particulier l'ouvrage *Chaussées réservées aux transports en commun : conception des structures*, LCPC-CERTU, 1984.

Si la couche de roulement a pour objet généralement de protéger les assises de la chaussée et d'apporter les qualités de surface nécessaires au confort et à la sécurité des usagers, elle doit – en tant que revêtement urbain réservé à un usage spécifique – avoir des qualités supplémentaires.

Le choix d'un revêtement résulte toujours d'un compromis que fait le maître d'œuvre en fonction des exigences auxquelles la structure est soumise. Ces exigences peuvent être classées en six familles de critères dont le descriptif rapide permet déjà d'esquisser l'adéquation presque parfaite avec les revêtements en béton.

Exigences de résistance aux sollicitations

L'agressivité spécifique du trafic bus (trafic, charges et canalisation des charges) conduit à rechercher des revêtements présentant une résistance élevée à l'orniérage. De plus, au droit des arrêts des bus, les efforts de cisaillement importants dus aux accélérations et aux décélérations répétées toujours sur les mêmes zones, associés aux charges statiques dues aux stationnements répétés des bus aux mêmes emplacements, nécessitent de la part du revêtement une résistance accrue au poinçonnement, au cisaillement et aux chutes d'hydrocarbures.

Le béton s'avère parfaitement adapté pour résister à ces agressions.

Exigences en matière de caractéristiques superficielles

Le revêtement doit présenter un uni longitudinal et un uni transversal convenables. Cela est nettement plus difficile à obtenir en ville qu'en rase campagne car de nombreux événements ponctuent et perturbent les profils : carrefours, raccordements, regards, bouches à clés, tranchées, etc. Le revêtement doit aussi présenter des caractéristiques d'adhérence adaptées à la vitesse des véhicules. Certes, les vitesses de circulation des bus sont généralement peu élevées mais le besoin en adhérence demeure important compte tenu, d'une part, de la masse du véhicule et, d'autre part, de la fréquence élevée des zones de freinage et de décélération (carrefours, passages piétons, etc.).

Le revêtement en béton apporte des réponses adéquates à l'ensemble de ces exigences.

En matière d'uni, le matériau béton s'accommode des contraintes urbaines : plasticité et moulabilité permettent d'épouser toutes les formes requises avec une qualité de finition irréprochable.

En matière d'adhérence, le béton offre un choix varié de textures de surface (béton brossé, lavé, strié, désactivé, bouchardé, imprimé, etc.) assurant une adhérence élevée. En outre, la possibilité de régler l'intensité des traitements de surface d'un revêtement en béton permet de répondre aux besoins spécifiques d'un aménagement urbain : conciliation des exigences de sécurité, de confort et d'entretien (facilité de nettoyage).

Exigences en matière de mise en œuvre

L'exiguïté des emprises disponibles, les phasages des travaux, les contraintes de respect des profils et des raccordements (seuils, bordures, caniveaux, avaloirs, etc.), le franchissement des carrefours impliquent l'emploi de techniques "flexibles", qui s'accommodent de mise en œuvre mécanique et manuelle à la fois. Le béton est parfaitement adapté à ces contraintes spécifiques de l'espace urbain.

Exigences en matière d'entretien et d'exploitation

La "réparabilité" des couches de roulement est un point très important pour les chaussées réservées aux transports en commun qui font continuellement l'objet de travaux divers liés à la présence de réseaux enterrés. Ces interventions, qui sont toujours des blessures faites dans les corps de chaussées et les revêtements, doivent être :

- **commodes** (facilité et rapidité des opérations d'ouverture et de remise en état du revêtement) ;

- **durables** (la tenue des réfections doit être bonne dans le temps).

En matière de réparations, les travaux sont aisés et durables dans les revêtements en béton. En effet, on dispose maintenant des méthodes et des matériels pour effectuer les ouvertures de tranchées (scies, tranchées) et reconstituer une chaussée de qualité. De plus, la remise en circulation peut être autorisée dans des délais courts (quelques heures pour des bétons accélérés) et immédiatement s'il y a recours à des bandes de pavés autobloquants.

Exigences d'intégration au site, de participation à un parti d'aménagement

Ces considérations d'ordre esthétique et visuel peuvent prendre des formes très variées : cela peut aller depuis une exigence d'intégration à l'environnement, pour ne pas dénaturer un site ou un monument historique, jusqu'à la recherche de couleurs, pour créer une différenciation visuelle de la voie réservée.

Le béton répond parfaitement à ces exigences grâce à la possibilité d'obtention d'un choix varié de couleurs et de textures.

Exigences d'ordre économique

Le revêtement doit être économique au sens du coût global, qui est la somme arithmétique du coût d'investissement et des dépenses d'entretien actualisées sur une période de service bien définie.

Il importe en fait au concepteur d'arriver à un compromis, afin de trouver un matériau qui satisfasse au maximum aux préoccupations que l'on vient de citer en fonction du budget disponible.

Là encore, l'analyse est plus complexe en milieu urbain qu'en rase campagne, car dans cette analyse technico-économique interviendront non seulement le coût de premier investissement et les coûts d'entretien mais aussi la notion de garantie de durabilité de l'ouvrage, ainsi que l'impact de la réalisation des travaux sur la vie locale (circulation, activité, gêne).

CONCEPTION

D'une manière générale, la réalisation d'un revêtement en béton dans de bonnes conditions et son bon fonctionnement dans le temps nécessitent de respecter, dans sa conception, certaines règles fondamentales touchant à l'infrastructure et aux matériaux constituant la chaussée.

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

Pour contrôler certains phénomènes inévitables et propres au matériau béton, tels que le retrait hydraulique, le retrait thermique, il est nécessaire de prévoir des dispositions constructives spécifiques : les joints.

L'infrastructure

Les qualités principales d'un revêtement en béton sont leur tenue à la fatigue, qui garantit leur durabilité, et leur 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 structures rigides se passent donc de fondations complexes et l'économie ainsi engendrée les rend très compétitives, en particulier dans le cas des chaussées réservées aux transports en commun.

En fonction de la nature des travaux à réaliser, deux cas sont envisagés.

Réfection de voiries

La réfection d'une voirie existante consiste à décaisser la structure sur une épaisseur bien déterminée correspondant au dimensionnement de la nouvelle structure (voir § Dimensionnement) et de 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 voirie urbaine, il n'est pas toujours facile d'effectuer la reconnaissance des fonds de forme en raison des gênes diverses qui peuvent entraver la réalisation des travaux : exigüité des entreprises et présence des émergences, nécessité de maintenir le trafic et les accès aux riverains.

En règle générale, la plate-forme support envisagée pour la nouvelle structure présente une bonne homogénéité et un niveau de portance suffisant, supérieur à P_2 (voir tableau 7), par suite de la protection du support assurée par l'ancien revêtement et de sa consolidation acquise au cours du temps.

A partir de l'échelle de portance SETRA (voir tableau 7), on définit alors trois niveaux de portance possibles : P_3 , P_4 et P_{EX} .

P_3 : 10 < CBR < 20

P_4 : 20 < CBR < 50

P_{EX} : CBR > 50

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_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_3 .

Dans le cas où une amélioration 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 par 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 décaper 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 < 3) ou P_1 (3 < CBR < 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
Portance prévisible de la plate-forme à court terme			
$P=0^*$; CBR < 3	35 cm	50 cm	+ 2
$P=1$; 3 < CBR < 6	20 cm	30 cm	+ 1

* De plus, si ce niveau de portance nulle ($P=0$) 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

La fissuration du béton est un phénomène inévitable, du fait de sa nature même ainsi que des variations climatiques journalières ou saisonnières.

Les joints ont pour but de localiser cette fissuration, de manière précise et déterminée à l'avance. En fait, le revêtement en béton se présente comme une succession de dalles séparées par des joints. La conception correcte des joints est une condition essentielle de la pérennité de la structure.

On distingue trois grandes familles de joints.

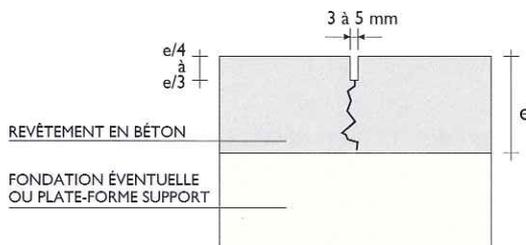
Les joints transversaux

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



L'espacement des joints dépend des propriétés de retrait du béton, des caractéristiques de friction de l'infrastructure et de l'épaisseur du revêtement. Toutefois, l'expérience et la pratique ont permis d'établir une corrélation directe entre l'espacement des joints et l'épaisseur du revêtement. Le tableau 3 présente les espacements recommandés en fonction des épaisseurs de la dalle.

Tableau 3 : Espacement des joints en fonction de l'épaisseur de la dalle.

Épaisseur de la dalle	Espacement des joints
12 cm	3,00 m
13 cm	3,25 m
14 cm	3,50 m
15 cm	3,75 m
16 cm	4,00 m
17 cm	4,25 m
18 cm	4,50 m
19 cm	4,75 m
20 cm	5,00 m

- **joints de retrait/flexion goujonnés**

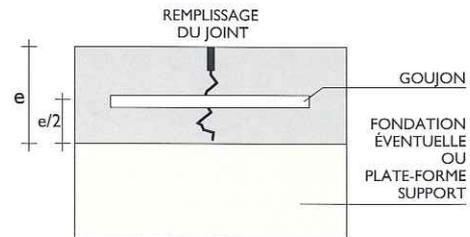
Les goujons ont pour rôle d'améliorer le transfert des charges aux droits des joints de retrait/flexion.

Les goujons, de diamètre compris entre 20 et 30 mm, sont installés à mi-hauteur de la dalle dans le sens longitudinal et espacés de 0,75 m (voir schéma joints de construction).

- **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

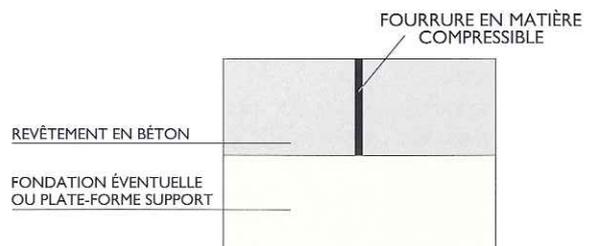
Ces joints sont parallèles à l'axe de la route. Ils servent principalement à compenser les contraintes provoquées par le gradient thermique. Ce sont des joints de retrait/flexion, réalisés en créant dans le revêtement, longitudinalement, une saignée ou une entaille dont les caractéristiques sont similaires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

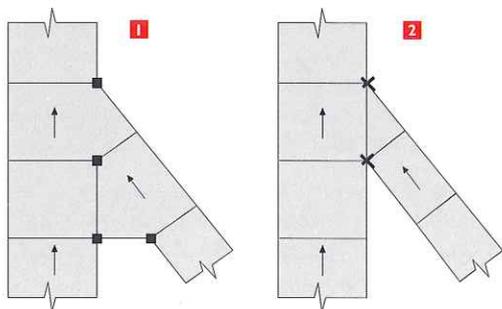
Ils constituent une interruption totale du revêtement. La saignée est remplie d'une fourrure en matière compressible dont l'épaisseur est comprise entre 10 et 20 mm. Un soin particulier doit être accordé à la réalisation de ces joints.



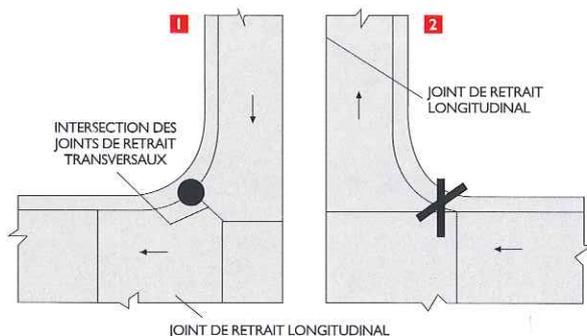
Dispositions des joints

Pour concevoir un schéma de jointolement, on tiendra compte de certaines règles de bonne pratique, qui sont détaillées ci-après :

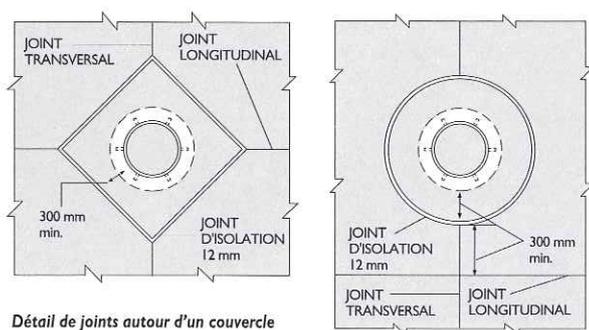
- les joints de retrait/flexion découpent un revêtement en dalles. Il est préférable de donner à ces dalles une forme carrée ou rectangulaire avec un rapport dimensionnel maximal de 1,5 à 1 ;
- des formes autres que carrées ou rectangulaires sont cependant permises pour adapter le revêtement aux besoins du tracé, de la géométrie de la route. Ces formes sont telles qu'elles ne comportent pas d'angles aigus, dont la fragilité n'est pas à prouver ;
- des joints de dilatation doivent être exécutés pour isoler le revêtement de certains équipements fixes comme les regards, les socles de lampadaire, etc.



1 Bonne disposition des joints à l'intersection de deux voies en béton.
2 Mauvaise disposition des joints à l'intersection de deux voies en béton.



1 Bonne disposition des joints sur un carrefour.
2 Mauvaise disposition des joints sur un carrefour.



Détail de joints autour d'un couvercle de regard d'égout.

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, le cas échéant, 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 que les 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.

D'autre part, 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 l'essieu isolé à roues jumelées supportant une charge de 13 tonnes, qui est la charge maximale légale en France.

Enfin, dans le cas particulier des chaussées réservées aux transports en commun, la circulation des véhicules a la particularité de présenter une canalisation des charges très accentuée et agressive. Il est, par conséquent, nécessaire d'introduire un coefficient pondérateur pour tenir compte de l'accroissement des contraintes qui en résulte.

Détermination du trafic cumulé

Le trafic cumulé N , exprimé en nombre cumulé d'essieux standards, est déterminé par l'expression

$$N = TCAB$$

où :

N : représente le trafic cumulé exprimé en essieux standards ;

T : caractérise le trafic cumulé de l'année de mise en service, exprimé en nombre de véhicules de transport en commun ;

C : est le facteur de cumul qui tient compte de la période de service choisie et du taux annuel de croissance du trafic ;

A : est le facteur d'agressivité du trafic qui permet de convertir un véhicule donné en essieu standard ;

B : est le facteur d'agressivité lié à la canalisation des charges.

Dans le cas où les voies réservées aux transports en commun sont empruntées par différentes catégories de véhicules caractérisés par des agressivités différentes, le trafic cumulé N est alors déterminé, pour plusieurs silhouettes, par

$$N = \sum_i T_i C_i A_i B$$

détermination de T

A partir de l'indication du trafic journalier t communiqué par le service exploitant, en distinguant le cas échéant chaque catégorie de bus, on déterminera la valeur T du trafic cumulé pour l'année de mise en service en utilisant l'expression suivante :

$$T = 365 t \text{ (pour chaque catégorie de bus).}$$

détermination de C

Le facteur de cumul C est déterminé à partir des hypothèses fixées par le projeteur et concernant, d'une part, la période de service et, d'autre part, le taux annuel de croissance du trafic de bus.

En désignant par n la période de service et par r le taux annuel de croissance du trafic, l'expression du facteur de cumul est donné par :

$$C = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

La détermination de C nécessite de choisir une période de service n et un taux annuel de croissance du trafic r. Ce choix appelle les commentaires suivants :

• période de service

Elle est définie comme la période probable pendant laquelle la chaussée supportera le trafic prévu sans devoir recourir à l'entretien structurel.

Dans le cas des voies réservées aux transports en commun, on retient en général l'hypothèse d'une période de service longue, au moins égale à vingt ans.

Comme nous allons le constater par la suite, le dimensionnement d'un revêtement en béton – donc son coût d'investissement – varie en fait assez peu en fonction de la période de service choisie. Il y a donc intérêt à retenir une durée longue, entre vingt et quarante ans ;

• taux annuel de croissance du trafic

En règle générale, il n'est pas facile d'évaluer ce taux d'une façon précise. Il dépend de plusieurs facteurs : les conditions économiques locales, la position stratégique de la ligne de transport en commun dans le réseau urbain ou local, etc.

Les valeurs du taux généralement retenues dans les projets se situent dans la fourchette 0-10 % et sont communiquées par les services exploitants.

Dans le cas où l'on ne dispose pas de prévisions sur l'évolution probable du trafic, on retient de préférence un taux de 4 %.

Le tableau 4 donne les valeurs du facteur de cumul C pour différentes périodes de service (20, 25, 30, 35, 40 ans) et pour différents taux annuels de croissance du trafic (de 0 à 10 %).

détermination de A

L'examen du parc des véhicules de transport en commun, utilisés en France, a permis de distinguer huit familles de véhicules se distinguant par leurs charges et leurs types d'essieux.

Chaque famille ou silhouette présente un coefficient d'agressivité propre vis-à-vis du revêtement en béton, exprimé en nombre équivalent d'essieux standards de 13 tonnes.

Le tableau 5 présente pour chaque famille de véhicules ou silhouette les principales caractéristiques (marque, poids total en charge, répartition du poids total en charge par essieu) ainsi que le coefficient d'agressivité propre A.

FACTEUR DE CUMUL C		PÉRIODE DE SERVICE (en années)				
		20	25	30	35	40
Taux de croissance annuel du trafic % r	0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0
	1	22,0	28,2	34,8	41,7	48,9
	2	24,3	32,0	40,6	50,0	60,4
	3	26,9	36,5	47,6	60,5	75,4
	4	29,8	41,6	56,1	73,6	95,0
	5	33,1	47,7	66,4	90,3	120,8
	6	36,8	54,9	79,1	111,4	154,8
	7	41,0	63,2	94,5	138,2	199,6
	8	45,8	73,1	113,3	172,3	259,0
	9	51,2	84,7	136,3	215,7	337,9
	10	57,3	98,3	164,5	271,0	442,6

Tableau 4 : Valeurs du facteur de cumul C.

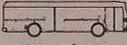
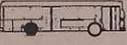
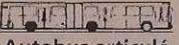
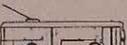
Véhicules de transport en commun : caractéristiques et agressivité A							
Silhouette	N°	Exemples	PTC (tonnes)	Répartition du PTC par essieu			Coefficient A
				avant	milieu	arrière	
 Autobus	1a	Renault SC 10 Renault S 105 R	14,5 à 15 t	7 à 7,5 t	X	7,5 t	0,004
	1b	Renault S 105 RA	15,2 t	7 t	X	8,2 t	0,005
 Autobus	2a	Kassbohrer S 130 Heuliez 307 001 Berliet PR 100 PA Renault PR 100 MI Renault Autobus futur	16 à 17,5 t	6 à 6,5 t	X	10,4 à 11,2 t	0,15
	2b	Renault P 70-U	11 t	4,1 t	X	7,7 t	0,001
 Autobus articulé	3	Kassbohrer SG 180	24 t	6,5 t	10 t	7,5 t	0,05
 Autobus articulé	4	Heuliez 307 101 Saviem SG 220 Renault PR 180	23,6 à 26 t	6,2 à 7 t	8,6 à 10 t	7 à 11,1 t	0,09
 Trolleybus	5	Renault ER 100 H	18 t	6,1 t	X	11,9 t	0,4
 Trolleybus articulé	6	Renault PER 180 Articulé	28,3 t	6,4 t	10,2 t	11,7 t	0,45

Tableau 5 : Présentation des silhouettes des véhicules et des coefficients d'agressivité associés A (extrait de Chaussées réservées aux TC, LCPC/CERTU, 1984).

○ Essieu à roues simples • Essieu à roues jumelées

détermination de B

Pour tenir compte de l'agressivité due à la canalisation des charges qui est particulière aux voies réservées aux transports en commun, on introduit un coefficient pondérateur B qui est lié à la largeur utile de la voie. Ce coefficient est donné dans le tableau 6.

Tableau 6 : Coefficient pondérateur B dû à la canalisation des charges (extrait de Chaussées réservées aux TC, LCPC/CERTU, 1984).

Largeur de la voie	Coefficient pondérateur B
Largeur utile de voie supérieure à 3 m (marquage non compris)	1,60
Largeur utile de voie inférieure ou égale à 3 m (marquage non compris)	1,90

La plate-forme support de chaussée

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 7). La portance du sol peut être appréciée soit par un essai (CBR, EV2, k), soit par un examen visuel.

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	Type de sols	
P ₀	Circulation impossible ; sol inapte très déformable	CBR ≤ 3	EV2 ≤ 15	K ≤ 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 ≤ 6	15 < EV2 ≤ 30	3 < K ≤ 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 ≤ 10	30 < EV2 ≤ 50	5 < K ≤ 6	Sables alluvionnaires argileux ou fins limoneux, graves argileuses ou limoneuses, sols marnieux contenant moins de 35 % de fines.
P ₃ ou PF ₂		Peu déformable	10 < CBR ≤ 20	50 < EV2 ≤ 120	6 < K ≤ 7	Sables alluvionnaires propres avec fines < 5 %, graves argileuses ou limoneuses avec fines < 12 %.
P ₄ ou PF ₃		Très peu déformable	20 < CBR ≤ 50	120 < EV2 ≤ 250	7 < K ≤ 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.

Tableau 7 : Classification des sols en fonction de leur portance.

Le tableau 7 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} .

Définition de la classe de résistance du béton

Les bétons pour couche de roulement et pour la couche de fondation doivent répondre aux sollicitations du trafic et des effets climatiques. Leurs résistances à la traction par flexion entrent directement en ligne de compte pour le dimensionnement. Ces bétons doivent donc être aussi homogènes et compacts que possible et présenter des caractéristiques mécaniques adéquates.

Le tableau 8 donne les caractéristiques mécaniques requises de ces matériaux, conformément aux directives SETRA-LCPC et à la norme NFP 98 170.

La composition des bétons doit donc être établie compte tenu des caractéristiques des matériaux disponibles et des résistances à atteindre.

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,

Tableau 8 : Caractéristiques mécaniques des bétons routiers.

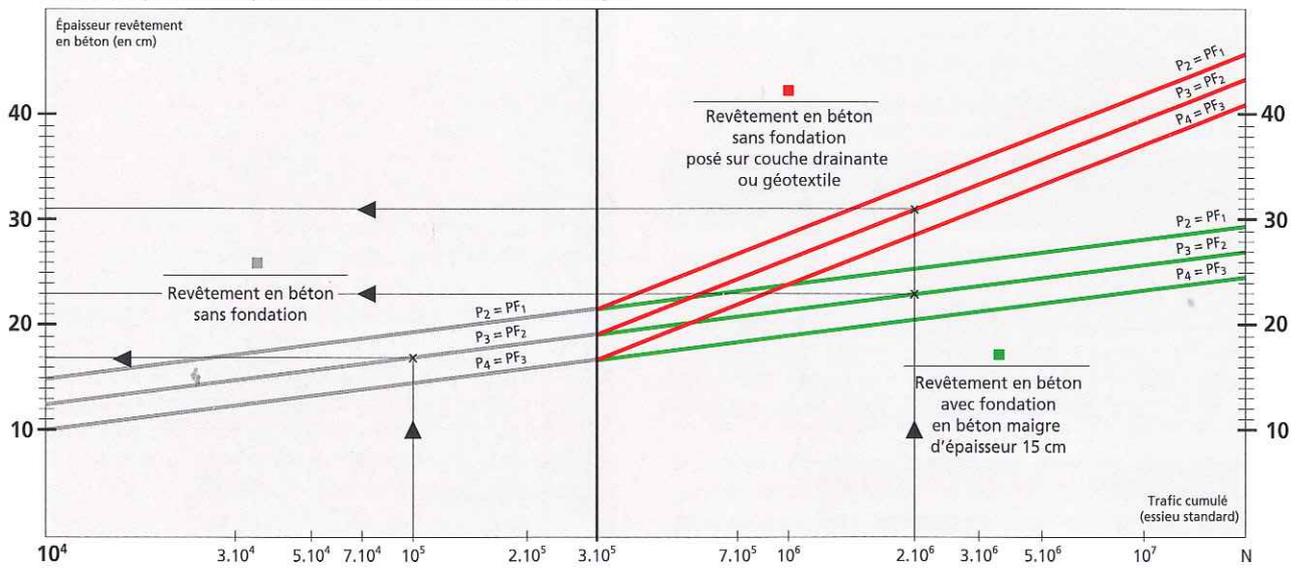
Caractéristiques mécaniques	Béton de ciment pour couche de roulement	Béton maigre pour couche de fondation
Résistance à la traction par flexion à 28 jours	4,5 MPa ou 45 bar	2,8 MPa ou 20 MPa à la compression
Résistance à la traction par fendage (essai brésilien)	2,7 MPa ou 27 bar	1,7 MPa

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).

Dans le cas où le trafic cumulé estimé dépasse 2,5.10⁶ 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, aux droits des joints de retraits 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.

Figure 1 : Détermination de l'épaisseur de la couche de roulement en béton pour les structures de chaussées réservées aux transports en commun, en fonction du trafic cumulé, de la portance de la plate-forme et de la nature de la structure envisagée.



Extrait de Routes n° 51 mars 1995