



Code de bonne pratique

*pour le choix du revêtement
bitumineux lors de la conception
ou de l'entretien des chaussées*



Recommandations

Le présent Code de bonne pratique a été mis au point par le groupe de travail BAC 1 «Conception des revêtements bitumineux» du Centre de Recherches routières.

Composition du groupe de travail:

Président:	Tony De Jonghe	Benelux Bitume
Secrétaires:	C. De Backer	Centre de Recherches routières
Membres:	P.-P. Brichant (CRR) J. Crochet (MET - Direction des structures routières) D. De Backer (Province Oost-Vlaanderen) L. Heleven (INFRA – Afdeling Wegenbouwkunde) J. Horemans (Galex) J.-L. Jon (Service technique provincial – Namur) E. Keijers (Grizaco) P. Levo (MET – Direction des Routes de Charleroi) J.-L. Marchal (Bureau d'étude et de conseil pour la construction routière - BECCR) J.-C. Mathys (Gravaubel) O. Pilate (CRR) V. Reeners (Min. Région Bruxelles-Capitale - Direction Voiries – Entretien) R. Tison (INFRA – Afdeling Wegen Antwerpen) J. Trigallez (Colas Belgium) E. Van Damme (Aswebo) A. Vanelstraete (CRR) J. Vanhollebeke (Heijmans Infra) N. Vanhollebeke (Road Consulting Office).	

Note importante:

Bien que les recommandations de ce Code de bonne pratique aient été rédigées avec le plus grand soin possible, des imperfections ne sont pas exclues. Ni le CRR, ni ceux qui ont collaboré à la présente publication, ne peuvent être tenus pour responsables des informations fournies qui le sont à titre purement documentaire et non contractuel.

**Code de bonne pratique pour
le choix du revêtement bitumineux
lors de la conception ou de l'entretien
des chaussées**

R 78 / 06

Edité par le Centre de recherches routières
Etablissement reconnu par application de l'Arrêté-loi du 30 janvier 1947
Boulevard de la Woluwe 42 - 1200 Bruxelles

Tous droits de reproduction réservés

Table des matières

Remerciements

1	Introduction	1
2	Structure d'une chaussée et d'un revêtement bitumineux	3
2.1	Structure d'une chaussée (route ou voirie assimilée)	3
2.1.1	Descriptif	3
2.1.1.1	Sol en place	4
2.1.1.2	Sous-fondation	5
2.1.1.2.1	Sous-fondation en sable	5
2.1.1.2.2	Sous-fondation en empierrement	6
2.1.1.2.3	Sous-fondation à base de cendres volantes	6
2.1.1.2.4	Sous-fondation en sols stabilisés	6
2.1.1.3	Fondation	6
2.1.1.4	Revêtement	6
2.1.2	Éléments de choix des éléments d'une structure routière, domaines d'utilisation	7
2.1.2.1	Amélioration du sol en place	7
2.1.2.2	Sous-fondation	7
2.1.2.3	Fondation	7
2.1.2.4	Revêtement	8
2.1.2.4.1	Revêtements bitumineux	8
2.1.2.4.2	Revêtements en béton de ciment	8
2.1.2.4.3	Pavages	9
2.1.2.4.4	Autres revêtements	9
2.2	Structure d'un revêtement bitumineux	10
2.2.1	Couche de roulement	10
2.2.1.1	Rôle - caractéristiques	10
2.2.1.2	Types	11
2.2.1.2.1	Enrobés à chaud	11
2.2.1.2.2	Traitements superficiels	11
2.2.1.2.3	Produits spéciaux	12
2.2.1.3	Conseils au niveau du choix	13
2.2.2	Couches de liaison	13
2.2.2.1	Rôle – caractéristiques	13
2.2.2.2	Types	14
2.2.2.3	Conseils au niveau du choix	14
2.2.3	Couches de reprofilage	14
2.2.3.1	Rôle – caractéristiques	14
2.2.3.2	Types	14
2.2.3.3	Conseils au niveau du choix	15
2.2.4	Couche anti-fissures	15
2.2.4.1	Rôle – caractéristiques	15
2.2.4.2	Types	15
2.2.4.3	Conseils au niveau du choix	16

3	De l'établissement du projet au choix du revêtement et à la rédaction du cahier des charges	17
3.1	Contexte décisionnel de l'entretien d'une voirie particulière	17
3.2	Facteurs externes susceptibles d'influencer le type d'entretien	18
3.3	Choix du type d'entretien	18
3.4	Choix du revêtement	18
3.5	Concrétisation du projet	18
3.6	Rédaction du cahier spécial des charges	18
4	Construction neuve, techniques et types d'entretien	19
4.1	Construction neuve et techniques d'entretien	19
4.1.1	Définitions	19
4.1.1.1	Construction neuve	19
4.1.1.2	Reconstruction totale	19
4.1.1.3	Reconstruction partielle ou «inlay»	19
4.1.1.4	Overlay	19
4.1.1.5	Réparation locale	19
4.1.2	Points importants lors du choix d'une structure routière	20
4.1.2.1	Construction neuve	20
4.1.2.2	Reconstruction totale	20
4.1.2.3	Reconstruction partielle (inlay), overlay et réparations locale	20
4.2	Choix du type d'entretien	20
4.2.1	Entretien fonctionnel	20
4.2.1.1	Définition	20
4.2.1.2	Exemples	20
4.2.1.3	Commentaire	21
4.2.2	Entretien structurel	21
4.2.2.1	Définition	21
4.2.2.2	Commentaire	21
4.2.3	Travaux d'adaptation	21
4.2.3.1	Définition	21
4.2.3.2	Exemples	21
4.2.3.3	Commentaire	21
5	Auscultation	23
5.1	Divers aspects de l'auscultation	23
5.1.1	Niveau du réseau et niveau du projet	23
5.1.2	Auscultation manuelle et auscultation automatique	23
5.1.3	Inspection visuelle et mesures	23
5.2	Dégradations	23
5.3	Données techniques relatives à l'état de la route	25
5.3.1	Etude préalable	25
5.3.2	Structure	25
5.3.3	Caractéristiques du revêtement existant	25
5.3.3.1	Etat global du revêtement	26
5.3.3.2	Planéité longitudinale	26
5.3.3.3	Orniérage	26
5.3.3.4	Discontinuités dans le profil longitudinal et transversal	27
5.3.3.4.1	Discontinuités dans le profil longitudinal	27
5.3.3.4.2	Discontinuités dans le profil transversal	27
5.3.3.5	Portance	28
5.3.3.6	Rugosité	28
5.3.3.7	Texture	28
5.3.3.8	Bruit	28
5.3.3.9	Evacuation des eaux	28

5.4	Evaluation des caractéristiques du revêtement	29
5.4.1	Indices et seuils	29
5.4.2	Evaluation des divers paramètres	30
5.4.2.1	Inspection visuelle	30
5.4.2.1.1	Facteurs de pondération	30
5.4.2.1.2	Evaluation séparée des dégradations	30
5.4.2.1.3	Evaluation globale de l'inspection visuelle	31
5.4.2.1.4	Indice	31
5.4.2.2	Planéité	32
5.4.2.2.1	Indices	32
5.4.2.2.2	Valeurs-seuils	33
5.4.2.3	Orniérage	33
5.4.2.4	Mise en escalier	33
5.4.2.5	Portance	34
5.4.2.6	Rugosité	35
5.4.2.7	Texture	35
5.4.2.8	Bruit	35
5.4.2.9	Ecoulement des eaux	35
5.4.3	Evaluation globale	36
5.5	Carottage et examens	37
5.5.1	Structure et état des revêtements	37
5.5.1.1	Revêtement bitumineux	37
5.5.1.1.1	Carottes prélevées en dehors des dégradations	37
5.5.1.1.2	Carottes prélevées au droit des fissures	37
5.5.1.1.3	Carottes prélevées au droit des ornières	38
5.5.1.2	Revêtements en béton	38
5.5.1.3	Pavages	39
5.5.2	Structure du restant de la chaussée	39
5.5.3	Caractéristiques du revêtement	39
5.5.3.1	Recherche de la présence de goudron	39
5.5.3.2	Etude de la sensibilité à l'orniérage (simulateur de trafic)	39
5.5.3.3	Analyse des caractéristiques des enrobés	40
6	Dimensionnement	41
6.1	Dimensionnement horizontal	41
6.2	Dimensionnement vertical	41
7	Caractéristiques performantielles des enrobés bitumineux	43
7.1	Aperçu des caractéristiques performantielles	44
7.2	Influence des caractéristiques performantielles sur le confort, la sécurité, la durabilité et l'environnement	45
7.3	Importance des exigences performantielles en fonction des conditions externes et de la composition de l'enrobé	46
7.3.1	Conditions climatiques	46
7.3.2	Trafic: intensité et type	47
7.3.3	Position de la couche dans la structure routière	47
7.3.4	Type de mélange bitumineux	47
7.3.5	Domaine d'application	47
7.3.6	Conditions en lien avec l'état de la route et son environnement	49
7.3.7	Considérations économiques	49
7.3.8	Considérations logiques	49
7.3.9	Décisions de politique	49
7.3.10	Résumé des conditions qui augmentent le plus souvent l'importance des caractéristiques performantielles	49
7.4	Importance ou sensibilité de chaque caractéristique performantielle en fonction du type de mélange	51

7.4.1	Exigences fonctionnelles générales	51
7.4.1.1	Rigidité	51
7.4.1.2	Résistance (à la fissuration due) à la fatigue	51
7.4.1.3	Résistance à la fissuration thermique et à la fissuration à basse température	51
7.4.1.4	Résistance à l'orniérage	52
7.4.1.5	Résistance au plumage	52
7.4.1.6	Rugosité	53
7.4.1.7	Imperméabilité	53
7.4.1.8	Cohésion	53
7.4.2	Caractéristiques fonctionnelles particulières	54
7.4.2.1	Résistance aux charges ponctuelles	54
7.4.2.2	Résistance à la fissuration réfléctive	54
7.4.2.3	Résistance à la déformation due aux forces de cisaillement	54
7.4.2.4	Drainabilité	55
7.4.2.5	Sensibilité aux conditions hivernales	55
7.4.2.6	Résistance aux produits chimiques	56
7.4.2.7	Absorption acoustique et réduction de bruit	56
8	Autres facteurs qui influencent la conception et le choix des revêtements bitumineux	57
8.1	Trafic	57
8.1.1	Intensité du trafic	58
8.1.2	Charge du trafic	58
8.1.3	Augmentation du trafic	58
8.1.4	Répartition transversale	59
8.1.5	Vitesse	59
8.1.6	Charges statiques	59
8.1.7	Efforts tangentiels exercés par le trafic	59
8.1.8	Comment prendre en compte les caractéristiques du trafic décrites ci-avant?	59
8.1.8.1	Premier exemple	59
8.1.8.2	Deuxième exemple	60
8.2	Climat	60
8.2.1	Température	60
8.2.1.1	Influence de la température sur le comportement du revêtement	60
8.2.1.2	Les valeurs des températures	60
8.2.1.3	Influence sur le choix du revêtement	61
8.2.2	Eau	61
8.2.2.1	Influence sur le comportement de la chaussée et du revêtement	61
8.2.2.2	Influence sur le choix du revêtement	62
8.2.3	Gel (et sels de déverglaçage)	62
8.2.4	Oxygène de l'air et rayons UV	63
8.3	Sécurité et confort	63
8.3.1	(Macro)texture	63
8.3.2	Rugosité	63
8.3.3	Drainabilité	63
8.3.4	Bruit	64
8.3.5	Planéité	64
8.3.6	Comportement hivernal	64
8.4	Environnement	64
8.4.1	Production sonore	64
8.4.2	Emploi de matériaux sûrs pour l'homme et l'environnement	66
8.4.3	Couleur et esthétique	67
8.4.4	Diminution de la quantité de déchets : utilisation de matériaux secondaires et possibilités de recyclage	67
8.4.4.1	Recyclage lors de travaux d'entretien	68
8.4.4.2	Recyclage lors de la production d'un nouvel enrobé	68

8.4.4.2.1	Utilisation de granulats de débris bitumineux (gdb)	68
8.4.4.2.2	Utilisation de divers matériaux secondaires	69
8.4.4.3	Possibilités futures de recyclage	69
8.4.5	Traitement hivernal	69
8.5	Caractéristiques de la route existante (ou projetée)	70
8.5.1	Géométrie	70
8.5.1.1	Largeur	70
8.5.1.2	Pente	70
8.5.1.3	Niveau	71
8.5.1.4	Tracé et obstacles éventuels	71
8.5.1.4.1	Carrefours ou ronds-points	71
8.5.1.4.2	Lotissements	72
8.5.1.4.3	Epingles à cheveux	72
8.5.1.4.4	Travaux sous des arbres	72
8.5.2	Accessibilité du chantier	72
8.5.3	Support	73
8.6	Domaines d'application	74
8.6.1	Voirie industrielle	74
8.6.2	Voies de tram	74
8.6.3	Pistes cyclables	75
8.6.4	Trottoirs et voies piétonnes	75
8.6.5	Parkings	76
8.6.6	Aires de stockage et de manutention	76
8.6.7	Aéroports	77
8.6.8	Terrains de sport et de jeux	78
8.6.9	Ponts	78
8.6.10	Parkings sur toiture	79
8.7	Période d'exécution, délai d'exécution et perturbations du trafic	79
8.7.1	Période d'exécution	79
8.7.1.1	Techniques à chaud	80
8.7.1.1.1	Conditions défavorables	80
8.7.1.1.2	Conditions favorables	80
8.7.1.2	Techniques à froid	81
8.7.2	Délai d'exécution et pert	81
8.7.2.1	Perturbations du trafic et choix du revêtement	81
8.7.2.2	Refroidissement de l'enrobé: une nécessité	81
8.7.2.3	Stratégie relative au temps de refroidissement	82
8.8	Perspectives de travaux à court ou à moyen terme	83
8.9	Coûts pour le maître d'ouvrage	83
8.9.1	Coûts d'investissement	84
8.9.2	Coûts d'entretien	84
8.9.3	Coûts environnementaux	84
8.9.4	Coûts de recyclage	85
9	Choix du liant, des additifs éventuels et des granulats	87
9.1	Choix du liant	87
9.2	Choix des additifs	89
9.3	Choix des granulats	90
9.3.1	Choix du type de granulats	90
9.3.2	Choix du calibre maximal des granulats	90
9.3.2.1	Résistance au glissement	91
9.3.2.2	Bruit de roulement	92
9.3.2.3	Drainabilité superficielle	92
9.3.2.4	Confort	92
9.3.2.5	Esthétique	92

10	Tableaux de synthèse facilitant le choix des revêtements bitumineux	93
10.1	Principales caractéristiques des couches bitumineuses	93
10.2	Domaines d'utilisation des couches bitumineuses	97
10.2.1	Lexique	97
10.2.2	Dénominations	97
10.2.3	Codes-couleur	98
10.2.4	Remarque concernant les ponts	98
10.2.5	Utilisation particulière	98
10.3	Les fiches techniques	98
10.4	Techniques spéciales	148
10.4.1	Enrobé scintillant	148
10.4.2	Enrobé à armature alvéolaire	148
10.4.3	Asphalte coulé imprimé	149
10.4.4	Enrobé pierreux	149
10.4.5	Grave bitume	150
10.4.6	Enrobé à froid	150
10.4.7	Revêtements colorés	151
10.4.7.1	Les RBCF colorés	152
10.4.7.2	Les enrobés bitumineux colorés	152
10.4.7.3	Les asphaltes coulés colorés	153
10.4.8	Les enrobés drainants bicouches	154
Annexe 1	Terminologie	155
Annexe 2	Liste des abréviations	159
Annexe 3	Codification	161
A3.1	Codification belge	161
A3.1.1	Calibres utilisés	161
A3.1.2	Liants utilisés	162
A3.2	Codification européenne	162
A3.2.1	Extrait de l'annexe nationale à la NBN EN 13108-1 «Asphalt concrete» (réf. 118)	162
A3.2.2	Extrait de l'annexe nationale à la NBN EN 13108-2 «Very Thin layers» (réf. 119)	162
A3.2.3	Extrait de l'annexe nationale à la NBN EN 13108-4 «Hot rolled asphalt» (réf. 77)	163
A3.2.4	Extrait de l'annexe nationale à la NBN EN 13108-5 «Stone mastic asphalt» (réf. 83)	163
A3.2.5	Extrait de l'annexe nationale à la NBN EN 13108-7 «Porous asphalt» (réf. 94)	163
Annexe 4	Dénominations	165
Annexe 5	Appareils de mesure des caractéristiques des revêtements	167
A5.1	Structure de la chaussée	167
A5.2	Inspection visuelle et relevé des dégradations	168
A5.2.1	Formulaires	168
A5.2.2	Sand et Informan	168
A5.3	Profil en long et discontinuités longitudinales	169
A5.3.1	APL	170
A5.3.2	Règle de 3 mètres	170
A5.3.3	Transversoprofilomètre	171
A5.3.4	Faultimètre	171
A5.4	Orniérage et discontinuités transversales	172
A5.5	Portance	172
A5.5.1	Défectomètre à masse tombante – FWD	172
A5.5.2	Défectographe	173
A5.5.3	Curviamètre	173
A5.5.4	Poutre Benkelman	174

A5.6	Rugosité (adhérence)	174
A5.6.1	SCRIM	175
A5.6.2	Odoliographe	175
A5.6.3	Griptester	176
A5.6.4	Pendule SRT	176
A5.7	Texture	177
A5.7.1	SCRIMTEX	177
A5.7.2	Profilomètre laser	177
A5.7.3	Tache de sable	178
A5.8	Bruit	178
A5.8.1	Méthode de mesure SPB	178
A5.8.2	Méthode de mesure CPX	179
A5.8.3	Mesures de bruit à plus grande distance de la route	179
A5.9	Appareil multifonctions	179
A5.9.1	Le véhicule de mesure ARAN	179
A5.9.1.1	Caméra frontale ou Right-of-way Videologging (ROW)	180
A5.9.1.2	Side-waycamera	180
A5.9.1.3	Caméras verticales pour l'enregistrement des dégradations	181
A5.9.1.4	Système pour la mesure de la profondeur d'ornièr	181
A5.9.1.5	Laser d'uni longitudinal SDP	181
A5.9.2	Consoles de traitement – workstation de l'ARAN	182
A5.10.	Disponibilité des mesures	182

Annexe 6 Méthodes d'essai pour déterminer les caractéristiques performantielles des enrobés bitumineux 185

A6.1	Rigidité	185
A6.2	Résistance à la fissuration par fatigue	185
A6.3	Résistance à la fissuration thermique ou à la fissuration à basse température	186
A6.4	Résistance à l'orniérage	186
A6.4.1	L'essai Marshall	186
A6.4.2	Essais au simulateur de trafic	187
A6.5	Résistance au plumage	187
A6.5.1	Essai Cantabro	187
A6.5.2	Essai RSAT	188
A6.6	Rugosité	188
A6.7	Imperméabilité	188
A6.8	Cohésion	188
A6.8.1	Essai «Retained Marshall»	188
A6.8.2	Essai de traction indirecte	188
A6.9	Résistance aux charges ponctuelles	189
A6.9.1	Indentation Wilson	189
A6.9.2	Essai d'indentation sur cubes	189
A6.9.3	Essai de poinçonnement	189
A6.10	Résistance à la fissuration réfléctive	189
A6.10.1	Essai de fissuration thermique	189
A6.10.2	Essai SCB	190
A6.11	Résistance à la déformation due au cisaillement	190
A6.12	Drainabilité	190
A6.13	Sensibilité hivernale	190
A6.14	Résistance aux produits chimiques	190
A6.15	Absorption et réduction acoustique	190
A6.15.1	Le tube de Kundt	191
A6.15.2	La chambre de résonance	191
A6.15.3	Méthode de la «Surface étendue»	191
A6.16	Maniabilité	191
A6.17	Compactabilité	191

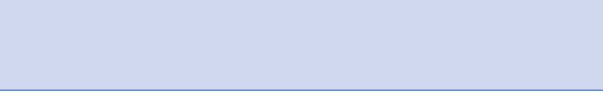
Annexe 7	Méthodes de détection du goudron	193
A7.1	Distinction entre les gdb bitumineux et les gdb contenant du goudron selon les cahiers de charges types	193
A7.2	Distinction entre les gdb bitumineux et les gdb contenant du goudron à l'aide de méthodes additionnelles	193
Annexe 8	Exemple d'application d'une analyse multicritère pour l'aide au choix d'un revêtement	195
	Bibliographie	197
	Liste des figures	203
	Liste des tableaux	205
	Source des photos	206

Remerciements

Les membres du groupe de travail remercient les autres personnes qui ont également collaboré à la réalisation de ce code de bonne pratique et en particulier:

- Sur le plan scientifique:
Xavier Cocu, Godelieve Glorie, Luc De Bock, Luc Goubert, Hendrik Van Den Bergh et Erik Van Den Kerkhof;
- Sur le plan technique:
Marie-Claire Golinvaux, Carole Hordies, Annick Thomas, Jérôme Cornil, Bertrand Guelton, Stefan Her, Daniël Verfaillie et François Verhoeven.

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la guidance «Bitumineuze materialen in de burgelijke bouwkunde» partiellement subsidiée par l'IWT-Vlaanderen (Instituut voor de aanmoediging van innovatie door Wetenschap en Technologie in Vlaanderen) que le CRR tient à remercier pour son appui financier.



Chapitre 1

Introduction

Le transport de personnes et de biens occupe une place prépondérante dans notre société; ces déplacements se font la plupart du temps à l'aide de véhicules circulant sur des infrastructures spécialement conçues à leur usage (ou à un usage mixte); ainsi les voitures, les camions (et autres véhicules utilitaires), autobus et motos se déplacent sur des routes, les avions sur des chaussées aéroportuaires, les vélos le cas échéant sur des pistes cyclables, etc.

Toutes ces infrastructures doivent présenter un niveau de service tel que la sécurité et le confort de l'utilisateur soient garantis tout au long de leur durée de vie (la plus longue possible). Le choix correct de la structure de la chaussée et des couches qui la constituent est essentiel pour respecter cet objectif.

Ce code de bonne pratique s'adresse essentiellement aux auteurs de projet, qu'ils soient du secteur privé (bureaux d'étude, architectes) ou du secteur public (services techniques communaux, provinciaux ou régionaux), confrontés à la mise au point de projets de nouvelles voiries ou de projets d'entretien, de rénovation et d'aménagement d'infrastructures existantes. Si les chaussées routières constituent l'approche prioritaire de ce code, les conseils prodigués s'appliquent également par analogie ou extension à de nombreux domaines voisins, tels les revêtements des voiries aéroportuaires, des aires de stationnement (y compris sur toitures), des ponts, des aires de stockage, des trottoirs et pistes cyclables, des voies de tram et de certains terrains de sport.

La *partie A* de ce code de bonne pratique s'attache à mieux faire comprendre ce qu'est la structure d'une chaussée, le rôle et les caractéristiques de ces divers éléments, en particulier pour les revêtements bitumineux.

La *partie B* aborde quelques aspects importants liés à l'établissement d'un projet: elle décrit tout d'abord les diverses étapes qui encadrent l'établissement du projet, dépeint les diverses techniques et types d'entretien, traite de l'auscultation des chaussées existantes et aborde le problème du dimensionnement de la chaussée.

Le choix judicieux d'un revêtement bitumineux est l'un des éléments clés de la pérennité d'une chaussée. Toute la *partie C* de ce code est consacrée à cette problématique. Ce choix est bien sûr basé sur les performances des divers revêtements, mais également sur une multitude d'autres facteurs tels le trafic, le climat, la sécurité et le confort, l'environnement, le type et l'état du revêtement existant, le domaine d'application, la période et le délai d'exécution ainsi que les coûts. Une analyse multicritère peut le cas échéant aider au processus décisionnel. Des tableaux de synthèse et des fiches techniques propres à chaque type de revêtement sont un outil précieux qui peut faciliter le choix final du revêtement.

L'ambition majeure de ce code de bonne pratique est d'aider l'auteur de projet (ou le décideur) à effectuer en connaissance de cause le choix entre les nombreux revêtements figurants aux CCT et, pour des applications particulières, entre différentes techniques spéciales non décrites dans ces CCT.

Précisons que ce code de bonne pratique ne se substitue aucunement aux CCT (dans lesquels l'auteur de projet trouvera entre autres les caractéristiques techniques des produits) mais adopte une démarche complémentaire.

L'auteur de projet n'hésitera pas non plus, le cas échéant, à consulter les entrepreneurs routiers compétents afin de bénéficier de leur expertise dans certains domaines spécifiques. Un bon conseil vaut toujours mieux qu'une absence d'information.

Ce code de bonne pratique fait le point de la situation telle qu'elle se présente en 2006. Il est certain que cette situation évoluera au cours des années futures: certains produits disparaîtront, d'autres apparaîtront, l'expérience acquise avec certaines nouveautés d'aujourd'hui permettront d'affiner les conseils prodigués, etc.

Vos remarques concernant le contenu de ce Code de bonne pratique sont les bienvenues. D'avance, nous vous en remercions car celles-ci permettront aux auteurs d'améliorer la prochaine édition de cet ouvrage.

Partie A

Chaussées et revêtements bitumineux: descriptif

Avant d'entamer un projet de construction ou de rénovation d'une voirie et de choisir son revêtement, il importe de faire la connaissance de ses éléments.

Le chapitre 2 décrit tout d'abord les éléments structurels dont se compose une chaussée routière (ou voirie assimilée) et donne des éléments de choix entre les diverses alternatives. Le chapitre détaille ensuite les éléments constitutifs d'un revêtement bitumineux en précisant leur rôle et leurs caractéristiques, décrivant les types existants et proposant des conseils quant à leur choix.

Chapitre 2

Structure d'une chaussée et d'un revêtement bitumineux

Dans ce qui suit, nous envisageons principalement les chaussées routières, mais dans de nombreux cas la plupart des considérations émises valent aussi pour les autres types de chaussées, qu'elles soient aéroportuaires, cyclables, etc.

2.1 Structure d'une chaussée (route ou voirie assimilée)

2.1.1 Descriptif

Le rôle premier de toute structure routière est, grâce aux caractéristiques des matériaux choisis et à l'épaisseur des couches, de ramener la valeur des charges (souvent de plus en plus lourdes) circulant à la surface de la chaussée à un niveau de contrainte acceptable au niveau du sol en place de telle manière que celui-ci ne se déforme pas.

La chaussée est constituée (en principe) de quatre éléments structurels; de bas en haut:

- le sol en place;
- la sous-fondation;
- la fondation;
- le revêtement.

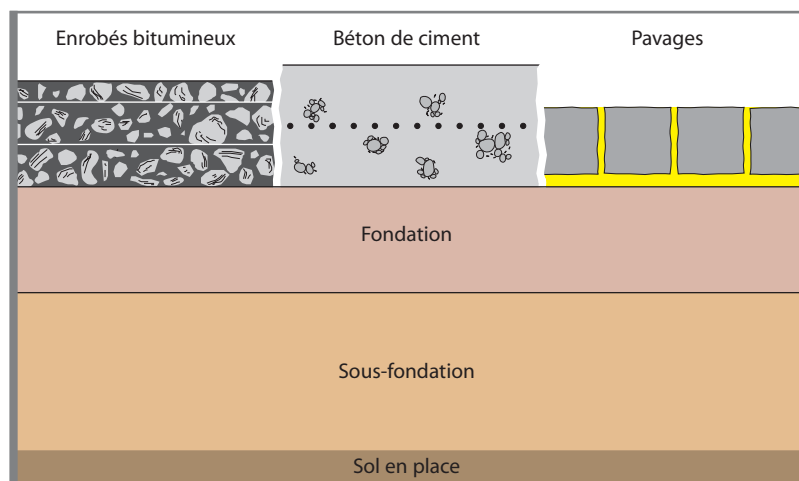


Figure 2.1
Structure d'une chaussée
(schéma de principe)

Les performances mécaniques (et aussi le coût - à épaisseur constante) de ces éléments est, en principe, croissant du bas vers le haut.

Chacun de ces éléments remplit une fonction spécifique qui sera décrite ci-après. Dans certains cas, l'un ou l'autre élément structurel peut être absent. Sa fonction est alors remplie par les autres éléments de la structure.

L'épaisseur des diverses couches est déterminée par un dimensionnement, fonction du trafic, des caractéristiques intrinsèques (notamment les modules d'élasticité ou de rigidité) des matériaux utilisés pour les diverses couches et de la portance du sol en place.

Dans les structures routières (et assimilées), on distingue principalement:

- les structures souples ou flexibles: revêtement en enrobés bitumineux associé à une fondation en matériaux granulaires non liés à l'aide d'un liant hydraulique;
- les structures semi-rigides: revêtement en enrobés bitumineux associé à une fondation en béton maigre ou en matériaux granulaires liés à l'aide d'un liant hydraulique;
- les structures rigides: revêtement en béton de ciment.

A côté de ces structures classiques, il existe également de nombreuses structures hybrides. A titre d'exemple citons les revêtements en béton de ciment ou en pavés surmontés d'une couche de roulement en enrobés bitumineux.

Les structures décrites ci-dessus doivent être complétées par un système de drainage (fossés, drains, etc.) qui sert d'exutoire aux eaux infiltrées. Ceci est essentiel pour garantir la pérennité de la structure (portance du sol en place, dégâts dus au gel, etc.). Ces éléments ne seront toutefois pas décrits plus avant dans le présent code. On consultera à ce sujet les réf. 41, 59 et 69.

2.1.1.1 Sol en place

La portance du sol en place conditionne en grande partie la structure routière (notamment son épaisseur) qui le surmonte (cf. chapitre 6). Pour des raisons économiques (diminution de l'épaisseur de la structure et des coûts de mise en décharge), il peut donc être intéressant d'améliorer cette portance. Diverses méthodes peuvent être appliquées:

- le compactage;
- le traitement du sol en place;
- le remplacement du sol en place;
- la mise en place de géotextiles et/ou de géogrilles.

La première technique consiste à réduire les pores du sol et à obtenir un squelette plus résistant en vue de le rendre moins sensible aux variations saisonnières de la teneur en eau. Les résultats obtenus avec cette technique dépendent fortement du type et de la teneur en eau naturelle du sol à compacter. Il est conseillé d'exécuter des essais de reconnaissance de sol avant l'élaboration du projet afin d'avoir une bonne vue sur les problèmes éventuels.



Figure 2.2 Stabilisation à la chaux

Le traitement des sols en place a pour but de modifier les propriétés physiques et mécaniques par l'ajout de liants appropriés (chaux, ciment, par exemple). Il est appliqué lorsque les sols ne sont pas compactables à l'état naturel. Le compactage qui suit le traitement augmente encore la portance et réduit la sensibilité aux variations de la teneur en eau. Le produit de traitement doit être choisi en fonction du sol à traiter. Eventuellement, une étude préalable en laboratoire est nécessaire pour se rendre compte de l'aptitude de réaction du sol avec le produit de traitement choisi et afin de déterminer la dose de produit à utiliser (réf. 115).

Le remplacement des sols en place par les matériaux d'apport est utilisé dans les cas où les autres techniques ne sont pas applicables pour des raisons techniques, économiques et/ou environnementales. Par exemple, des sols trop humides ou contenant trop de matières organiques ne pourront pas être traités à la chaux ou au ciment.

Le géotextile fait en première instance office de filtre et empêche de ce fait la pollution de la sous-fondation en évitant la remontée, dans le corps de la chaussée, des particules fines présentes dans le sol. On utilisera de préférence un géotextile non-tissé à cette fin. Le géotextile augmentera également quelque peu la portance du sol mais il faut être conscient du fait que les déformations du géotextile, et donc l'orniérage de la fondation, doivent être conséquents pour atteindre un résultat significatif. Cette dernière technique convient donc surtout aux pistes de chantier où l'on peut admettre des ornières de 10 à 15 cm de profondeur. Pour cette fonction de renforcement on utilisera de préférence un géotextile tissé.

Les géogrilles sont des grilles monolithiques à grandes mailles en polymères à haut module d'élasticité et à faible fluage utilisées pour solidariser les éléments de la base de la sous-fondation en empierrement et optimiser le transfert de contraintes au sol en place. Ces géogrilles augmentent de manière notable la portance et permettent de diminuer l'épaisseur de la sous-fondation jusqu'à 40 %, dépendant des conditions de chantier et du type de géogrille utilisé (réf. 13).

2.1.1.2 *Sous-fondation*

La sous-fondation assume plusieurs fonctions:

- assurer une répartition adéquate des pressions exercées par le trafic sur le sol;
- de par son épaisseur, éloigner le front de gel du sol sous-jacent;
- protéger la fondation contre la remontée capillaire de l'eau et contre la pénétration des particules fines du sol en place (couche anti-contamination);
- assurer le drainage interne du corps de chaussée et l'évacuation des eaux infiltrées vers les dispositifs latéraux de drainage;
- complémentairement, permettre la mise en place correcte des couches supérieures de la structure en formant une base stable pour les machines qui poseront la fondation et qui présente une force de réaction suffisante pour pouvoir exercer une fonction d'enclume lors du compactage de la couche de fondation sus-jacente;
- dans la plupart des cas, former une surface portante stable pour la pose de bordures de trottoirs, de caniveaux et d'autres éléments linéaires.

Pour remplir ces fonctions, les matériaux constituant la sous-fondation seront notamment non gélifs et d'une drainabilité suffisante. Ils doivent en outre être faciles à compacter et posséder une portance suffisante après compactage. La portance doit se maintenir même si la couche de sous-fondation a éventuellement été exposée pendant plusieurs mois (pendant l'hiver par exemple) à la pluie et au gel.

Les matériaux utilisés peuvent être d'origine naturelle ou artificielle. Les cahiers des charges actuels (2006) permettent d'utiliser des matériaux de différentes origines: naturelle, recyclée comme les granulats de débris ou artificielle comme les scories. Les matériaux autorisés peuvent différer d'une région à une autre.

On distingue différents types de sous-fondations.

2.1.1.2.1 *Sous-fondation en sable*

Cette sous-fondation est constituée:

- ou bien totalement de sable drainant ou de sable pour sous-fondations, lorsque cette couche est suffisante pour être posée en une seule phase;
- ou bien d'une couche de sable recouverte d'une couche d'environ 10 cm d'épaisseur du même sable mélangé à un empierrement, lorsque la couche est posée en différentes phases.

2.1.1.2.2 Sous-fondation en empierrement

Cette sous-fondation est constituée d'un mélange homogène de sable pour sous-fondations et d'un empierrement de gros calibre (granularité maximale égale à 80 ou 125 mm en fonction des régions).

2.1.1.2.3 Sous-fondation à base de cendres volantes

Dans certaines régions, il existe également un autre type de sous-fondation constitué d'un mélange de cendres volantes, de chaux et de chlorure de calcium. Ce type de sous-fondation est très peu utilisé.

2.1.1.2.4 Sous-fondation en sols stabilisés

Ce sujet est abordé au § 2.1.1.1 et à la réf. 14.

2.1.1.3 Fondation

La fondation est construite sur la sous-fondation. Son rôle est double:

- assurer un support indéformable pour le revêtement;
- répartir les charges du trafic à un niveau acceptable pour la sous-fondation.

Suivant la nature du matériau, on distingue les fondations suivantes:

- des empierrements à granularité continue constitués de plusieurs calibres de granulats, de sable et d'éléments fins, dont les proportions sont choisies de manière à obtenir une courbe granulométrique continue. Ils peuvent être traités au chlorure de calcium ou aux additifs hydrauliques: ciment, mélange de laitier granulé et de chaux. Les produits sont préparés dans une centrale de malaxage et leur teneur en eau à la mise en œuvre détermine le résultat du compactage (portance). Ces empierrements sont plus faciles à mettre en œuvre que les empierrements discontinus parce qu'ils présentent moins de risques de désagrégation et sont plus faciles à compacter;
- des empierrements à granularité discontinue constitués d'un squelette (= gros éléments à granularité étroite) dont les vides sont remplis par la matière d'agrégation (sable naturel ou artificiel). Il existe deux façons d'obtenir le matériau: soit on fabrique le mélange en centrale, soit on pose d'abord les pierres et on remplit les cavités avec de la matière d'agrégation. Dans le premier cas il faut craindre que le mélange ne se désagrège lors du transport et du stockage. Dans le deuxième cas il est très difficile de remplir tous les pores. Outre ces difficultés, les empierrements discontinus sont plus difficiles à compacter du fait même de la forme de leur courbe granulométrique;
- béton maigre avec ou sans armatures;
- béton maigre drainant;
- graves-bitume;
- béton sec compacté.

En fondation on peut utiliser des matériaux naturels ou des matériaux secondaires: empierrement naturel, sable, laitier concassé, granulats de débris de béton et dans certaines régions également les granulats de débris hydrocarbonés, de débris mixtes (béton – maçonnerie), des scories d'aciéries et des mâchefers.

2.1.1.4 Revêtement

En tant qu'élément supérieur de la structure, le revêtement subit l'effet direct des actions extérieures, que ce soit le trafic ou les agents climatiques (température, eau, gel).

Le revêtement doit donc posséder des caractéristiques intrinsèques, notamment d'indéformabilité, de non-fissurabilité, de cohésion et, le cas échéant, d'imperméabilité, telles qu'il puisse résister aux effets directs et indirects (niveau des contraintes) de ces diverses actions et ce le plus durablement possible de manière à assurer aux usagers et à l'environnement, un niveau de sécurité et de confort compatible avec le type de chaussée (catégorie de route, piste d'aéroport, voie cyclable ou piétonne).

Indépendamment des caractéristiques des matériaux utilisés, la face supérieure du revêtement doit présenter une pente résultante (de préférence transversale) minimale (2 à 2,5 %) de façon à éviter les stagnations d'eau néfastes pour la sécurité des usagers (aquaplanage). Il est essentiel d'assurer un exutoire à ces eaux de ruissellement. Ces dispositifs (caniveaux, avaloirs, égouts, fossés, etc.) ne seront cependant pas abordés plus avant dans le présent code. On consultera à ce sujet les réf. 41, 59, 69 et 73.

Il existe essentiellement trois types de revêtements:

- les revêtements bitumineux et revêtements assimilés (enduits, RBCF);
- les revêtements en béton de ciment (béton armé continu ou dalles);
- les pavages (pavés en béton, pavés naturels ou en terre cuite).

Outre ces revêtements classiques, il existe encore plusieurs autres types de revêtement à usage spécifique, comme par exemple les dallages, les dolomies, etc.

2.1.2 Eléments de choix des éléments d'une structure routière, domaines d'utilisation

Bien que le présent code de bonne pratique soit essentiellement consacré à la conception (et donc au choix) des revêtements bitumineux, il nous paraît utile d'indiquer ci-dessous quelques informations destinées à guider le concepteur dans le choix des autres éléments d'une structure de chaussée.

2.1.2.1 Amélioration du sol en place

Le choix des moyens techniques pour assurer une portance adéquate du sol doit être effectué au niveau du projet en fonction de la nature et des propriétés des sols rencontrés lors de la reconnaissance géotechnique, des conditions climatiques et hydrologiques du site, en fonction de l'importance des terrassements et des paramètres économiques.

On trouve au § 2.1.1.1 quelques éléments indiquant les domaines d'application des divers procédés.

2.1.2.2 Sous-fondation

Le choix de l'un ou l'autre type de sous-fondation dépend essentiellement de la disponibilité et du coût des matériaux, étant entendu que ceux-ci doivent satisfaire aux exigences techniques requises par les CCT (réf. 1, 2, 3).

2.1.2.3 Fondation

Le choix entre les divers types de fondation peut influencer l'économie globale du projet. En effet, pour un projet déterminé (trafic), les épaisseurs respectives de la fondation et du revêtement peuvent dépendre du matériau choisi pour la fondation. On trouvera plus de détails à ce sujet au chapitre 6 traitant du dimensionnement des chaussées.

Ci-dessous quelques considérations concernant les choix à effectuer pour les variantes les plus courantes de fondations:

Le choix entre empierrement continu et discontinu se fait sur base de la perméabilité demandée. Un empierrement continu est relativement imperméable puisque c'est un mélange d'éléments de toutes dimensions qui, par définition, est très fermé car tous les pores sont remplis par des éléments fins de toutes les dimensions. Si la perméabilité n'est pas une priorité, il est conseillé d'utiliser un empierrement continu dont la qualité de mise en œuvre est plus facile à maîtriser puisqu'il est plus aisément compactable et ne se désagrège pas aussi facilement lors du transport et du stockage qu'un empierrement discontinu. Si la fondation doit être relativement perméable, il est nécessaire d'utiliser un empierrement discontinu.

Ce type de fondation convient particulièrement pour les routes à faible trafic.

La stabilisation de l'empierrement, notamment à l'aide de liants hydrauliques permet, pour un trafic donné, de diminuer l'épaisseur globale de la structure. Ce type de fondation convient particulièrement pour les trafics moyens.

Le béton maigre permet, pour un trafic donné, de diminuer encore davantage l'épaisseur globale de la structure; il est donc particulièrement indiqué pour les trafics élevés.

Une des caractéristiques du béton maigre est qu'il présente des fissures de retrait thermique. Ceci peut entraîner le «reflective cracking» (cf. § 2.2.4.1) du revêtement bitumineux au cas où son épaisseur est faible. Pour diminuer le risque de «reflective cracking», on peut faire usage d'interfaces anti-fissures.

2.1.2.4 Revêtement

Il n'est pas possible de donner des règles précises quant au choix du type de revêtement, tant les facteurs (autres que le trafic) influençant ce choix sont nombreux. Chaque projet doit donc être analysé en particulier. Ci-dessous quelques lignes directrices permettant de guider ce choix:



Figure 2.3 Revêtement bitumineux



Figure 2.4 Revêtement en béton de ciment (BAC)

2.1.2.4.1 Revêtements bitumineux

Les revêtements bitumineux sont les plus courants et les plus polyvalents. Parmi leurs avantages citons: une épaisseur modulable (ce qui les rend particulièrement attractifs pour les chaussées à faible et moyen trafic), leur rapidité d'exécution et leur faible coût initial (en comparaison du béton).

C'est parmi les revêtements bitumineux que l'on trouve les revêtements les moins bruyants (enrobés drainants par exemple).

Ils sont particulièrement appréciés en milieu urbain, compte tenu des possibilités relativement aisées (rapidité notamment) de réparation (interventions des impétrants p. ex.) pour autant que l'on écarte l'aspect esthétique.

Des coûts d'entretien relativement faibles compensent une durée de vie globalement moindre que celle des bétons de ciment.

Compte tenu de leur déformabilité sous l'action des charges, le choix du type d'enrobés et leur formulation peuvent et doivent être adaptés lorsque ces enrobés sont amenés à supporter un trafic lourd ou des efforts tangentiels importants. Ils conviennent moins bien pour les voiries à géométrie compliquée ou de faible longueur nécessitant de nombreuses interventions manuelles ou des reprises de machine.

2.1.2.4.2 Revêtements en béton de ciment

Vu l'absence d'orniérage et de poinçonnement et du fait de leur bonne résistance aux efforts tangentiels, les revêtements en béton de ciment conviennent particulièrement pour les routes à trafic lourd et élevé ainsi que pour les aires de stationnement ou de stockage de charges lourdes.

Complémentairement, leur résistance aux hydrocarbures les rend indiqués pour les aires de stationnement d'avions et pour les stations-service.

Du fait qu'ils peuvent également être posés manuellement, ils conviennent aussi, dans une certaine mesure, pour les revêtements de géométrie compliquée. Bien exécutés, leur durée de vie est généralement élevée.

Parmi les facteurs qui limitent l'utilisation de ce type de revêtement, notons: un coût initial élevé (lié notamment à leur forte épaisseur), une durée importante d'immobilisation de la chaussée au moment de la construction et de toute intervention ultérieure (réparation) ainsi qu'une démontabilité difficile. Ces deux derniers facteurs font que ce type de revêtement est peu indiqué en milieu urbain.

Signalons aussi que, sauf dispositions particulières, ils sont plus bruyants que la majorité des revêtements bitumineux.

Notons enfin que les bétons de ciment sont sensibles aux mécanismes de retrait-dilatation thermiques et qu'à ce titre, des dispositions particulières (sous forme de joints à entretenir) doivent le cas échéant être prises à la jonction avec d'autres structures (bâtiment p. ex.) ou d'autres matériaux (revêtements bitumineux p. ex.).

2.1.2.4.3 Pavages

Les pavages conviennent particulièrement pour les voiries à trafic faible et léger en milieu urbain présentant des surfaces de géométrie compliquée¹. Ce genre de revêtement permet également la réalisation aisée de variations ponctuelles de couleur lorsque des effets d'esthétique sont recherchés. Un autre avantage, apprécié en milieu urbain, est leur démontabilité aisée et la possibilité de réaliser une réparation esthétique.

Ce type de revêtement ne convient pas pour des trafics élevés, lourds (déformabilité) ou rapides (bruit), ni lorsque les efforts tangentiels sont importants. Les expériences récentes montrent en outre qu'ils ne sont pas indiqués pour les voies de tram qui subissent simultanément un trafic intense et/ou lourd (bus notamment) ainsi que pour les parties inclinées des brise-vitesses et plateaux lorsque la vitesse est supérieure à 30 km/h.

2.1.2.4.4 Autres revêtements

Les dalles en pierre naturelle ou en béton (dimensions classiques 300 mm x 300 mm) servent essentiellement de revêtement aux trottoirs et autres zones piétonnes (cours d'école p. ex.). Le trafic automobile est de préférence limité à ce qui est strictement nécessaire: accès de garage, zones de livraison, etc.

Les dalles en béton-gazon (dalles de béton ajourées permettant la croissance du gazon dans les cavités) sont utilisées pour livrer passage au trafic automobile léger notamment dans les espaces naturels (parcs, jardins).

Les dolomies sont principalement utilisées comme revêtement des espaces naturels (parcs, jardins, etc.); ils admettent un trafic léger, mais nécessitent alors un entretien fréquent.



Figure 2.5 Pavage



Figure 2.6 Dolomie

¹ Selon FEBESTRAL, l'utilisation des pavages en béton est limitée aux voiries de moins de 5000 v/j, de 400 poids lourds/j et de vitesse < 50 km/h (réf. 20)

2.2 Structure d'un revêtement bitumineux

Un revêtement en enrobés bitumineux se compose des éléments suivants (de haut en bas):

- une couche de roulement;
- une ou des couches de liaison;
- une ou des couches de reprofilage (éventuellement);
- une couche anti-fissures (éventuellement).

Chacun de ces éléments remplit une fonction spécifique qui est décrite ci-après. Dans certains cas, l'un ou l'autre élément peut être absent. Ceci résulte d'une absence de nécessité ou est dû au fait que cette fonction est assurée par les autres éléments du revêtement.

Dans des cas spécifiques, d'autres éléments peuvent également faire partie du revêtement: c'est le cas des complexes d'étanchéités sur les ponts et les parkings sur toitures.

Dans son principe même de fonctionnement, le revêtement bitumineux exige une parfaite adhérence entre toutes les couches le composant. Les contraintes de flexion provoquées par le trafic sont en effet nettement plus élevées dans le cas de couches non-adhérentes, ce qui conduit à la ruine prématurée du revêtement. Par ailleurs, l'adhérence des couches améliore l'imperméabilité globale du revêtement (indispensable pour la pérennité de la structure). Sauf quelques exceptions (certaines interfaces anti-fissures et certains asphaltes coulés notamment), cette adhérence est obtenue grâce à l'interposition d'une couche d'accrochage (émulsion de bitume) entre chaque couche d'enrobés.

Il n'y a normalement pas d'adhérence entre le revêtement bitumineux et son support lorsque celui-ci est la fondation. Dans les autres cas, on cherchera généralement à réaliser une adhérence. C'est notamment le cas, lorsque le support du nouveau revêtement bitumineux est lui-même un revêtement ou une partie de celui-ci: p. ex. dans le cas d'un nouveau revêtement (généralement mince) mis en place sur un ancien revêtement de dalles de béton ou en pavés; la couche d'accrochage (émulsion, membrane anti-fissures, RBCF, etc.) doit alors être étudiée en fonction de chaque cas particulier.

2.2.1 Couche de roulement

2.2.1.1 Rôle - caractéristiques

La couche de roulement est la couche supérieure du revêtement. C'est donc la couche généralement la plus sollicitée, celle qui subit l'action directe du trafic et des agents climatiques.

La couche de roulement doit donc posséder les caractéristiques propres pour résister durablement aux sollicitations auxquelles elle est soumise. La liste ci-dessous reprend les plus importantes des caractéristiques susceptibles d'influencer le comportement de la couche de roulement. L'influence de chacune de ces caractéristiques dépend d'une situation à une autre (trafic, climat, environnement, etc.). On trouvera plus de détails à ce sujet au chapitre 7.

- Résistance à la déformation (p.ex. orniérage, poinçonnement, portance et rigidité suffisantes, etc.): les défauts de planéité peuvent être néfastes pour la sécurité des usagers;
- résistance à la fissuration: les fissures permettent la pénétration de l'eau dans le revêtement; ceci est néfaste pour la pérennité du revêtement et, en cas d'extension des dégradations, à la sécurité des usagers;
- résistance à l'arrachement: une faible cohésion d'un enrobé se traduit par des risques d'arrachements; les arrachements présentent les mêmes conséquences que la fissuration;
- résistance au vieillissement: les rayons UV et l'oxygène de l'air provoquent le vieillissement du bitume et entraînent sa fragilisation ainsi que des ruptures adhésives entre le bitume et les granulats (risque de fissuration et d'arrachements);
- résistance au glissement (rugosité): celle-ci influence directement la sécurité de l'utilisateur (risques de dérapages);
- perméabilité: il est essentiel de protéger le reste de la structure routière des effets néfastes de l'eau (et du gel);
- drainabilité: celle-ci influence l'évacuation des eaux de surface et donc les projections d'eau néfastes pour la sécurité des usagers;

- comportement hivernal: l'influence du revêtement sur la formation du verglas et son comportement vis à vis des sels de déverglaçage ont un impact direct sur la sécurité des usagers;
- propriétés acoustiques: l'absorption acoustique et la texture du revêtement influencent la production du bruit et donc le confort des riverains;
- résistance aux agents chimiques: cette résistance (principalement aux hydrocarbures) est nécessaire pour certaines applications particulières (stations d'essence, etc.);
- confort visuel: la luminosité, la réflexion et la couleur du revêtement peuvent contribuer à la sécurité des usagers (séparation claire des divers types d'usagers par ex.) et à l'esthétique globale de la chaussée.

La constance de l'épaisseur de la couche de roulement est aussi un facteur important pour la durabilité du revêtement. Il sera ainsi plus facile de garantir l'homogénéité des caractéristiques et donc des performances de la couche. Lorsqu'il y a un profilage à réaliser au niveau du revêtement, celui-ci doit, chaque fois que possible, être réalisé au niveau de la ou des couches de liaison (§ 2.2.3). La réalisation d'un reprofilage au niveau de la couche de roulement (ceci est un *pis aller*) n'est acceptable que lorsque les variations d'épaisseur sont relativement faibles et que les sollicitations dues au trafic sont elles également faibles. Seuls quelques types de couche de roulement se prêtent à ce genre de reprofilage (cf. § 8.5.1.3.).

2.2.1.2 Types

En fonction de l'épaisseur de la couche, on distingue les enrobés (≥ 15 mm) et les traitements superficiels (< 15 mm).

2.2.1.2.1 Enrobés à chaud

Les couches de roulement les plus largement utilisées sont les enrobés à chaud. Parmi ceux-ci on distingue:

- les enrobés à squelette sableux et à granulométrie continue (BB = béton bitumineux), éventuellement cloutés;
- les enrobés à squelette pierreux et à granulométrie discontinue (RUMG, RMD, RMTO, enrobés drainants, SMA).

Les enrobés à chaud sont constitués d'un mélange de pierres, de sables, de filler, d'un liant (un bitume modifié ou non) et d'éventuels additifs (fibres, pigments, etc.); ils sont fabriqués à chaud (entre 150 et 180 °C) dans une centrale d'enrobage classique et sont posés à l'aide d'un finisseur. Ensuite ils sont compactés lorsqu'ils sont encore chauds (> 90 °C).

Ces enrobés permettent de réaliser (en couche de roulement) des couches d'épaisseur comprise entre 15 et 50 mm selon le type d'enrobés.

On trouve plus d'informations concernant leur formulation à la réf. 5, leur fabrication à la réf. 6, leur mise en œuvre à la réf. 7 et leurs spécifications aux réf. 1, 2 et 3.



Figure 2.7 Pose d'enrobés

2.2.1.2.2 Traitements superficiels

Les traitements superficiels sont principalement utilisés comme couche d'entretien d'anciens revêtements.

Ils se composent des enduits superficiels et des RBCF.

Les enduits superficiels sont obtenus par la pose successive d'au moins une couche de liant (une émulsion de bitume ou un bitume fluidifié éventuellement modifié) et d'au moins une couche de gravillons à l'aide de matériel d'épandage spécifique. Ils permettent de réaliser des couches dont l'épaisseur est de l'ordre de la dizaine de mm. La réf. 8 traite en détail de cette technique.



a/ Epannage du liant



b/ Epannage des gravillons

Figure 2.8 Pose d'un enduit



Figure 2.9 Pose d'un RBCF



Figure 2.10 Pose d'un asphalte coulé



Figure 2.11 Enrobé percolé: remplissage des vides de l'enrobé par le RBCF

Les RBCF sont obtenus par l'application en une seule passe d'un mélange contenant des agrégats minéraux, du filler, une émulsion de bitume (modifié ou non) et divers adjuvants éventuels. La mise en œuvre se fait à l'aide d'une machine spécifique (centrale mobile de malaxage à froid). Ils permettent de réaliser des couches de l'ordre de la dizaine de mm.

Pour plus de détails, on consultera les réf. 16, 17 et 21 ainsi que les nombreuses communications faites à l'occasion des congrès de l'ISSA (réf. 18).

Du fait de leur faible épaisseur, les traitements superficiels ont un apport structural négligeable. La pose d'une couche d'accrochage n'est généralement pas nécessaire à cause de la relative richesse en liant des traitements superficiels.

2.2.1.2.3 Produits spéciaux

En dehors des enrobés à chaud et des traitements superficiels, matériaux les plus largement répandus, on rencontre encore d'autres couches de roulement pour des usages spécifiques. Citons-en quelques unes:

- les asphaltes coulés: il s'agit d'enrobés à chaud, à squelette de filler, fabriqués et mis en œuvre à très haute température ($> 200^{\circ}\text{C}$) et ne nécessitant aucun compactage. Ces asphaltes coulés servent, en Belgique, principalement à la réalisation de filets d'eau et à celle de couches de roulement pour de nombreux parkings sur toitures;
- les enrobés percolés: il s'agit d'enrobés drainants dont les vides, après refroidissement de l'enrobé, sont remplis d'un RBCF à base d'un mélange de liant hydraulique et (éventuellement) de résines. Ils sont utilisés comme couche de roulement de revêtements supportant de très fortes actions tangentielles ou soumis à de très fortes charges ponctuelles: aires de manœuvres ou de stationnement de poids lourds, aires de stockage, arrêts de bus etc.

- les enrobés à froid: ils sont semblables aux enrobés à chaud, sauf qu'ils sont fabriqués à froid (ou faiblement chauffés) grâce à l'emploi d'émulsions de bitume et/ou de bitume fluidifié. La fabrication à froid autorise l'emploi de centrales d'enrobage simplifiées (sans chauffage des granulats et sans installation de



Figure 2.12 Pose d'un ESH

dépoussiérage). Ces enrobés sont généralement stockables et sont actuellement principalement utilisés comme produits de réparations provisoires. Du fait de leurs avantages sur les plans énergétique et environnemental, leur utilisation comme couche de roulement définitive est en cours d'expérimentation en Belgique. Le recul est cependant insuffisant pour en recommander l'utilisation.

- Les enduits superficiels à haute performance (ESH): dans ce type d'enduit le liant est un produit à base de résine et les granulats sont de la bauxite calcinée. Ce type d'enduit est utilisé localement aux endroits où une résistance très élevée au glissement est requise (virages dangereux, juste avant des feux de signalisation, etc.).

2.2.1.3 Conseils au niveau du choix

Les divers types de couches de roulement sont présentés plus en détails dans les fiches du § 10.3. On trouvera également les éléments nécessaires à leur choix aux chapitres 7 à 10. Celui-ci se fera notamment en fonction du domaine d'emploi, des performances recherchées, mais également en fonction du support (type et état) et de l'épaisseur disponible (cf. § 8.5.3). Notons à ce sujet que divers gestionnaires optent actuellement préférentiellement pour des couches de roulement très minces (à partir de 20 mm), voire ultra-minces (à partir de 15 mm), ceci principalement pour des raisons de coût (à la pose et au renouvellement).

2.2.2 Couches de liaison

Dans une structure routière classique (§ 2.1), les couches du revêtement (à l'exclusion des couches anti-fissures dont il est question ci-après) situées sous la couche de roulement sont appelées couches de liaison. Lorsque l'épaisseur de ces couches est variable, elles sont considérées comme des couches de reprofilage (cf. § 2.2.3).

2.2.2.1 Rôle – caractéristiques

Même si les couches de liaison ne sont pas soumises à l'action directe du trafic, elles subissent néanmoins des contraintes très élevées dues au passage des charges. D'après diverses études (réf. 9 et 33), ce sont généralement les couches situées entre 40 et 120 mm sous la surface de roulement qui subissent les contraintes les plus élevées responsables de l'orniérage. Par ailleurs, il est prouvé (réf. 10) que, pour une structure correctement dimensionnée, les contraintes responsables du risque de fissuration par fatigue sont les plus élevées à la base du revêtement. Ceci justifie que, lorsque le niveau des sollicitations le nécessite, la couche supérieure des couches de liaison présentera principalement une résistance élevée à la déformation, tandis que les autres couches de liaison auront plutôt une résistance élevée à la fissuration par fatigue.

Même si, vu le niveau des couches, les actions climatiques (températures) ont un impact moindre (par rapport aux couches de roulement), une bonne résistance à la fissuration thermique reste souhaitable, surtout si la couche de roulement est d'épaisseur faible.

Si certaines caractéristiques propres aux couches de roulement (résistance au vieillissement, résistance au glissement, drainabilité, comportement hivernal, propriétés acoustiques, aspects visuels) n'ont pas cours pour les couches de liaison (sauf au cas où la couche sert, même temporairement, comme couche de roulement), les matériaux constituant ces couches doivent néanmoins posséder une cohésion suffisante; on évitera par ailleurs d'emprisonner une couche de perméabilité élevée entre deux couches de faible perméabilité (risque de cloquage).

2.2.2.2 Types

Sauf exception, cette partie du revêtement est composée d'une ou de plusieurs couches d'enrobés à chaud d'épaisseur constante (à défaut de quoi, ils sont considérés comme couche de profilage) variant de 30 à 80 mm (par couche).

Ces enrobés appartiennent dans la toute grande majorité des cas à la famille des enrobés à squelette sableux et à granulométrie continue. Ils se différencient des enrobés de ce type utilisés en couche de roulement par une teneur en liant moindre, l'emploi éventuel d'autres types de granulats (calcaire) et l'utilisation alternative de granulats de débris bitumineux. Ces différences sont justifiées eu égard à la sollicitation différente des couches de liaison.

Compte tenu des sollicitations particulières de la couche supérieure des couches de liaison (cf. § 2.2.2.1), des formules particulières d'enrobés à chaud (EME par ex.) sont parfois utilisées à ce niveau dans les revêtements où le risque d'orniérage est élevé.

2.2.2.3 Conseils au niveau du choix

- Sauf si le support du nouveau revêtement est suffisamment plan, un minimum de deux couches de liaison est indispensable pour garantir une planéité satisfaisante au niveau de la couche de roulement;
- il y a intérêt à limiter le nombre de couches de liaison (choix adéquat des épaisseurs des couches);
- en vue de faciliter la mise en œuvre et d'éviter les risques de confusion, il y a intérêt à limiter les types de couches de liaison au sein d'une même structure;
- à épaisseur égale, on donnera la préférence aux enrobés de calibre le plus élevé (diminue le risque d'orniérage).

2.2.3 Couches de reprofilage

2.2.3.1 Rôle – caractéristiques

Il arrive fréquemment qu'il faille reprofiler au niveau du revêtement, les niveaux à atteindre à la face supérieure de la couche de roulement étant différents de ceux du support sur lequel doit être placé le nouveau revêtement. Si cette situation peut être évitée lors de la construction d'une chaussée neuve, elle se présente fréquemment dans le cas de travaux de rechargement ou de rénovation. Elle est (souvent) inévitable dans le cas de modification du profil de la chaussée, de rechargement d'anciens revêtements notamment en dalles de béton, de réalisation de revêtements de ponts (même neufs), etc.

Pour des raisons qualitatives (performances mécaniques, planéité), il n'est jamais souhaitable de faire varier l'épaisseur de la couche de roulement; c'est donc au niveau des couches de liaison que doivent être rattrapées les différences de niveau; la couche de liaison qui remplit ce rôle porte alors le nom de couche de reprofilage. Intégrées dans les couches de liaison, là où les couches de reprofilage doivent en posséder les mêmes caractéristiques (cf. § 2.2.2.1).

Lorsque le choix est possible, cette couche de reprofilage se situera de préférence au bas de l'ensemble des couches de liaison.

2.2.3.2 Types

Les couches de reprofilage sont quasi identiques aux couches de liaisons à l'exception principalement de leur calibre maximal (et donc de la composition granulométrique) et de leur épaisseur.

En effet, compte tenu du rôle que ces couches doivent jouer, il est nécessaire de pouvoir disposer d'une palette d'enrobés dans laquelle chacun possède son domaine d'application:

- calibre 0/6,3: épaisseurs de 20 à 40 mm;
- calibre 0/10: épaisseurs de 30 à 50 mm;
- calibre 0/14: épaisseurs de 40 à 60 mm;
- calibre 0/20: épaisseurs de 60 à 80 mm.

2.2.3.3 Conseils au niveau du choix

Si nécessaire, on sera amené à combiner l'usage de plusieurs couches de reprofilage en fonction des épaisseurs à compenser.

Lorsqu'un choix est possible, on donnera la préférence aux enrobés de calibre le plus élevé (diminue le risque d'orniérage).

2.2.4 Couche anti-fissures

2.2.4.1 Rôle – caractéristiques

Un système anti-fissures est une couche de liaison, rendue solidaire du support au moyen d'une couche ou d'une méthode d'adhérence ou d'accrochage spécifique.

Les couches anti-fissures ont pour but de retarder la remontée des fissures ou des joints du support (mis en mouvement sous l'action conjuguée du climat et du trafic) dans le nouveau revêtement. Ce mécanisme de fissuration est connu sous le nom de «reflective cracking». Il peut s'agir par exemple de fissures ou faïençages légers présents dans un ancien revêtement en enrobés bitumineux (éventuellement après raclage partiel), de fissures dans une fondation en béton maigre, de joints entre dalles de béton, ou de joint entre matériaux différents (p. ex. lors d'un élargissement).

Les couches anti-fissures sont inefficaces dans le cas de battements de dalles, ou de support trop dégradé. Les dalles de béton instables doivent préalablement être fractionnées ou stabilisées.

D'après le type choisi, la couche anti-fissures peut se déformer sans se fissurer au droit des fissures (déconcentration des contraintes) et/ou jouer le rôle d'étanchéité ou encore de renforcement de la partie inférieure de la couche qui la surmonte.

L'interface anti-fissures se placera le plus près possible des fissures qu'elle doit combattre. Toutefois, il sera parfois nécessaire d'interposer une couche de reprofilage pour permettre la pose correcte de l'anti-fissures (planéité). L'interface anti-fissures doit par ailleurs être surmontée d'une épaisseur minimale d'enrobés (40 à 50 mm d'après le type d'anti-fissures et le type d'enrobés) posés de préférence en deux couches.

En cas d'ancrage mécanique de l'interface dans une couche d'enrobés, celle-ci doit avoir une épaisseur suffisante pour fixer correctement l'ancrage. L'utilisation de certains types d'interfaces peut nécessiter certaines précautions lors du démontage ultérieur du revêtement (réf. 114).

De plus amples renseignements concernant les anti-fissures peuvent être trouvés aux réf. 22, 65 et 70.

2.2.4.2 Types

Il existe une large gamme de produits commerciaux disponibles pour les couches anti-fissures, dont les principaux types sont donnés ci-après:

- les interfaces en enduit bitumineux épais cloûté ou SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayer); il s'agit d'une technique qui s'apparente à celle des enduits superficiels: plus riches en bitume (toujours modifié), plus pauvres en pierres. Elles peuvent résister aux importantes déformations horizontales qui se produisent lors de l'apparition de fissures. Elles sont en outre étanches;



Figure 2.13 SAMI



Figure 2.14 Pose d'une interface non tissée



Figure 2.15 Interface avec géogrille: pose de l'enduit de protection



Figure 2.16 Interface avec grillage métallique: pose du RBCF



Figure 2.17 Pose d'un sable-bitume

- les interfaces bitumineuses avec géotextiles: il s'agit de géotextiles en plastique non-tissé (polypropylène ou polyester) d'une épaisseur de quelques millimètres, qui sont saturés avec du bitume. Certains de ces géotextiles sont confectionnés sur place. Le bitume est l'interface anti-fissures à proprement parler, le géotextile non-tissé sert uniquement de support au bitume. Elles peuvent résister aux importantes déformations horizontales qui se produisent lors de l'apparition de fissures. Elles sont en outre étanches;
- les interfaces bitumineuses avec géogrilles: ces géogrilles en polypropylène, en polyester ou en fibre de verre combinées à la pose d'un enduit peuvent prétendre à un rôle de renforcement fonction des caractéristiques du matériau composant la géogrille;
- les interfaces avec grillage d'armature métallique: ces systèmes jouent un rôle de renforcement de la base de la couche d'enrobé posée par dessus. Complémentairement, elles contribuent au renforcement structurel de la chaussée. En combinaison avec un RBCF, cette interface peut également résister aux déformations horizontales et présente une certaine étanchéité;
- les sables-bitumes: ce sont des enrobés chauds de granulométrie fine très riches en mortier bitumineux; leur rôle est limité à la déconcentration des contraintes;
- certains produits pour systèmes anti-fissures sont constitués d'une combinaison de deux types de produits, par exemple une grille combinée à un géotextile non-tissé.

L'épaisseur de toutes ces interfaces anti-fissures se situe aux alentours de 10 à 15 mm, sauf le sable-bitume (20 mm).

2.2.4.3 Conseils au niveau du choix

De plus amples renseignements concernant le choix des anti-fissures peuvent être trouvés à la réf. 23.

Partie B

Etablissement du projet

Un projet de qualité est un gage indispensable pour la réussite de la réalisation d'une voirie.

Les chapitres qui suivent abordent quelques aspects importants au niveau du projet: le chapitre 3 décrit les étapes importantes qui encadrent l'établissement d'un projet; le chapitre 4 est consacré aux diverses techniques et types d'entretien; le chapitre 5 traite de l'auscultation des chaussées existantes et le chapitre 6 aborde le problème du dimensionnement de la chaussée.

Chapitre 3

De l'établissement du projet au choix du revêtement et à la rédaction du cahier des charges

Le choix d'un revêtement s'intègre dans le cadre plus global d'un projet de construction, de rénovation ou d'entretien d'une chaussée.

Ce qui suit concerne plus particulièrement le cas de l'établissement du projet pour l'entretien (au sens large) d'une voirie en particulier. Toutefois, la plupart des aspects abordés peuvent être étendus aux projets concernant les constructions neuves ou les travaux d'aménagement.

Ci-dessous quelques étapes importantes qui encadrent l'établissement du projet.

3.1 Contexte décisionnel de l'entretien d'une voirie particulière

Il peut y avoir de multiples raisons au lancement d'un projet d'entretien pour une voirie particulière. Parmi celles-ci citons:

- décision prise dans le cadre d'un plan global de gestion du réseau dont la voirie fait partie (cf. chapitre 5);
- état de la chaussée (examens visuels); ceci constitue un point de départ quasi indispensable en cas d'absence de système de gestion globale du réseau;
- considérations de sécurité liées par exemple aux statistiques d'accidents;
- décision politique (par ex. suite aux plaintes des riverains ou des usagers);
- considérations esthétiques;
- liaison avec d'autres travaux (égouttage, aménagement de carrefours, de plateaux, etc.);
- etc.

3.2 Facteurs externes susceptibles d'influencer le type d'entretien

Une fois la décision prise concernant l'entretien de la voirie, il est utile de se poser les questions suivantes:

- des travaux d'égouttage sont-ils envisagés à moyen terme?
- des travaux d'aménagements annexes sont-ils opportuns (aménagement de carrefours, de plateaux, etc.)?
- les concessionnaires envisagent-ils des travaux?
- les riverains ou usagers ont-ils des desiderata particuliers?
- etc.

La réponse à ces questions peut parfois influencer le projet de manière prépondérante: par exemple des travaux d'égouttage sont susceptibles d'entraîner la reconstruction complète de la voirie.

3.3 Choix du type d'entretien

Une des étapes les plus importantes du projet est de définir le type d'entretien que l'on va appliquer à la voirie concernée:

- entretien (fonctionnel, structurel, ou aménagements locaux);
- reconstruction (complète, inlay, overlay ou réparations localisées);

Le chapitre 4 est consacré à cette problématique.

Le choix du type d'entretien se fait sur base de nombreux éléments, dont:

- les réponses aux questions abordées au § 3.2;
- une auscultation de la voirie existante: celle-ci comprend la collecte des données techniques relatives à la voirie existante et l'appréciation qualitative et quantitative de l'état du revêtement. Le chapitre 5 est entièrement consacré à cette problématique;
- un contrôle du dimensionnement de la nouvelle structure; il est en effet important de s'assurer que celle-ci possédera bien la durée de vie escomptée suite à l'exécution des travaux. Le chapitre 6 donne des orientations à ce sujet;
- d'autres facteurs tels les incidences sur le trafic, les possibilités de déviations, les gênes aux riverains, la durée des travaux, etc;
- le coût des travaux: lors de l'établissement du projet, il arrive fréquemment que plusieurs variantes se dégagent. Il convient alors d'analyser leurs avantages et inconvénients, d'évaluer leur durée de vie et de comparer leur coût global (cf. § 8.8).

3.4 Choix du revêtement

Le choix du revêtement proprement dit est abordé aux chapitres 7 à 10.

3.5 Concrétisation du projet

Une fois les décisions prises concernant le type d'entretien et le choix du revêtement, les étapes suivantes peuvent être entamées, notamment:

- la rédaction du cahier spécial des charges;
- la demande des divers permis;
- la procédure d'attribution du marché;
- etc.

3.6 Rédaction du cahier spécial des charges

Le cahier spécial des charges précisera entre autres la nature des travaux à réaliser, la structure à mettre en place et le choix des matériaux. Les prescriptions techniques renverront si possible vers celles des cahiers de charges types (réf. 1, 2 et 3) propres à la région concernée. Ceux-ci prévoient notamment les procédures à respecter par les entreprises pour mettre au point les compositions définitives des produits bitumineux à mettre en œuvre.

Chapitre 4

Construction neuve, techniques et types d'entretien

Ce chapitre définit ce qu'est une construction neuve ainsi que les diverses techniques et types d'entretien; il analyse aussi l'incidence éventuelle de ces éléments sur le choix de la structure de la chaussée ou de son revêtement.

4.1 Construction neuve et techniques d'entretien

4.1.1 Définitions

4.1.1.1 Construction neuve

Une construction neuve est la pose d'une route totalement neuve, là où il n'en existe encore aucune.

4.1.1.2 Reconstruction totale

Une reconstruction totale est la démolition d'une structure routière existante, y compris la fondation, et le remplacement de celle-ci par la même chose ou par quelque chose de différent (avec ou sans adaptation de la géométrie de la route). La sous-fondation est modifiée ou non ou construite en fonction de la situation locale.

Par exemple:

- remplacement de la totalité de la route: anciennes dalles de béton non-goujonnées fissurées ou revêtement fortement dégradé;
- adaptation d'une situation existante aux nouvelles nécessités telles que: le remplacement d'un carrefour par un rond-point, le remplacement d'une bande d'arrêt d'urgence par une bande de circulation, l'élargissement de la route.

4.1.1.3 Reconstruction partielle ou «inlay»

La reconstruction partielle est le remplacement de certaines couches ou de l'ensemble du revêtement bitumineux. La fondation est quant à elle conservée.

4.1.1.4 Overlay

Un overlay est la pose d'une ou de plusieurs couches neuves sur un revêtement existant. Par exemple:

- rendre une route endommagée à nouveau praticable en posant par exemple un RBCF;
- recouvrir une route en béton avec de l'enrobé pour diminuer le bruit;
- poser une nouvelle couche bitumineuse sur la couche existante pour renforcer la route (allongement de la durée de vie).

4.1.1.5 Réparation locale

Une réparation locale est une intervention locale qui a pour but de rendre la route temporairement ou définitivement de nouveau praticable. Si la réparation est étendue (pas de caractère local), elle est considérée comme un inlay.

L'exécution d'une réparation locale peut être la conséquence de facteurs extérieurs, p.ex.:

- des dégâts suite à un accident;
- un endommagement de la route suite à la réalisation de travaux;

Cela peut également être la conséquence de causes intrinsèques, p.ex.:

- les nids de poule;
- des endroits qui ont été mal compactés;
- des fissures locales dues à un affaissement.

4.1.2 Points importants lors du choix d'une structure routière

Indépendamment de la technique d'entretien, ce choix doit toujours tenir compte du raccordement avec ce qui existe, à savoir les structures existantes aux extrémités du chantier, les carrefours et toutes les autres structures existantes auxquelles il faut se raccorder. Il faut rechercher une certaine homogénéité au niveau de la couche de roulement (p.ex. pas d'enrobé fermé à côté d'une couche d'ED).

4.1.2.1 Construction neuve

Hormis les éventuels problèmes de raccordement, les choix de revêtement sont libres pour les constructions neuves. Les règles générales pour ce choix sont d'application (voir chapitres 7 à 10).

4.1.2.2 Reconstruction totale

Ici, le choix de la structure routière est également grand, mais toutefois plus limité que dans le cas d'une construction neuve. Par exemple, lors de l'élargissement d'une route, il est conseillé de choisir la même structure (épaisseur et type des couches) que celle de la route existante.

4.1.2.3 Reconstruction partielle (inlay), overlay et réparations locales

Le choix est ici beaucoup plus limité. Il faut tenir compte de la nature et de l'état du support et de l'épaisseur disponible des couches.

4.2 Choix du type d'entretien

Dans ce paragraphe, une distinction est établie entre l'entretien fonctionnel, l'entretien structurel et les travaux d'adaptation. Cela dépend surtout du but visé:

- l'entretien fonctionnel a pour but de garantir la sécurité et le confort de l'utilisateur de la route;
- l'entretien structurel a pour but de prolonger la durée de vie de la route d'une manière rationnelle;
- les travaux d'adaptation ont pour but d'adapter la route aux nouvelles nécessités.

Lors de l'entretien, les techniques énumérées ci-avant peuvent être utilisées seules ou conjointement en fonction des fonds disponibles, de la situation, de la localisation et de l'importance de la route ainsi que de la période d'exécution. L'entretien d'une route peut aller d'une reconstruction totale aux interventions les plus simples comme le remplissage de trous.

4.2.1 Entretien fonctionnel

4.2.1.1 Définition

L'entretien fonctionnel est l'entretien qui est requis pour permettre à la route de remplir sa fonction. Ce sont surtout la sécurité et le confort qui ont ici un rôle primordial.

4.2.1.2 Exemples

- Amélioration de la rugosité.
- Comblement des ornières.
- Correction des différences de niveau.
- Raccordements au niveau des filets d'eau, des taques d'égout, des joints de ponts, etc.
- Décolmatage de l'ED.

4.2.1.3 *Commentaire*

L'entretien fonctionnel est la plupart du temps lié à la localisation et à la fonction de la route. Une petite intervention est généralement suffisante, comme des réparations locales, par exemple.

4.2.2 Entretien structurel

4.2.2.1 *Définition*

L'entretien structurel est l'amélioration de la route dans le but de prolonger (ou de renouveler) la durée de vie.

4.2.2.2 *Commentaire*

Les techniques d'entretien suivantes sont d'application: reconstruction totale, inlay et overlay. Le choix de la technique est influencé par:

- les résultats de l'auscultation;
- les accessoires routiers adjacents;
- le rapport coûts-avantages (il est parfois plus avantageux de réparer quelques grandes zones plutôt que de nombreuses petites zones; le coût de la signalisation, le rendement et même le type de machines utilisées jouent un rôle);
- la délimitation des zones, leur étendue et leur localisation.

4.2.3 Travaux d'adaptation

4.2.3.1 *Définition*

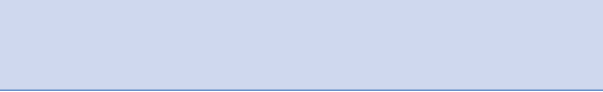
Travaux qui sont nécessaires pour adapter la situation existante aux nouvelles nécessités, à grande échelle ou non.

4.2.3.2 *Exemples*

- Adaptation d'une route existante à une nouvelle situation de trafic comme de nouveaux marquages. Transformation en bande de circulation d'une bande d'arrêt d'urgence, etc.
- Elargissement de la route.
- Pose d'une piste cyclable adjacente.

4.2.3.3 *Commentaire*

La plupart des techniques d'entretien peuvent ici être appliquées. Le choix de ces techniques dépend de ce qui existe déjà et de ce qui doit être réalisé.



Chapitre 5

Auscultation

Afin de pouvoir établir un projet correct pour la réparation ou la réhabilitation d'une route, il est nécessaire d'avoir une vision correcte de la construction existante. L'auscultation des routes existantes (revêtements) a pour but d'obtenir une vision correcte de la situation du revêtement et de l'environnement immédiat de la route. Cela concerne aussi bien la structure existante que son état actuel. Il est possible d'en déduire les causes probables des dégâts et de déterminer la durée de vie résiduelle de la route.

L'auscultation concerne également les revêtements en béton et les autres revêtements, car ces revêtements sont susceptibles d'être recouverts par un revêtement bitumineux.

5.1 Divers aspects de l'auscultation

L'auscultation peut traditionnellement être divisée selon différents aspects. On peut ainsi parler de:

5.1.1 Niveau du réseau et niveau du projet

Le niveau du réseau est utilisé pour une approche globale de la qualité et pour l'évaluation des besoins d'un réseau complet, comme par exemple le réseau autoroutier ou le réseau routier d'une commune.

Le niveau du projet est utilisé pour l'évaluation de la qualité et des besoins d'une section de route.

5.1.2 Auscultation manuelle et auscultation automatique

L'auscultation manuelle convient aux réseaux ou aux sections d'étendue relativement limitée.

L'auscultation automatique est requise pour obtenir une image d'un réseau relativement étendu.

5.1.3 Inspection visuelle et mesures

L'inspection visuelle est généralement réalisée manuellement et peut donc donner lieu à une évaluation subjective. Les développements récents dans le domaine du traitement des images apparentent l'inspection visuelle à une mesure.

Les mesures sont réalisées avec des instruments ou avec des véhicules pourvus de systèmes de mesure conçus spécifiquement pour déterminer une ou plusieurs caractéristiques de la route.

5.2 Dégradations

Le relevé des dégradations des revêtements constitue un élément essentiel du processus d'auscultation dans la mesure où ces dégradations conditionnent non seulement la sécurité et le confort de l'utilisateur mais également la pérennité de la structure routière. C'est en outre souvent la présence de dégradations qui constitue le point de départ d'une décision d'entretien.

En dehors d'une quantification éventuelle, il est important de pouvoir apprécier le type de dégradations.

Les dégradations principales que l'on rencontre sur les chaussées bitumineuses sont:

- la fissuration (fissures longitudinales, transversales et faïençage);
- l'arrachement (plumage, pelade, etc.);
- la déformation (orniérage, ondulation, affaissements, etc.);
- les autres défauts (trous, zones grasses, rugosité insuffisante, etc.).



Figure 5.1 Fissures de réflexion



Figure 5.2 Fissures de fatigue



Figure 5.3 Plumage



Figure 5.4 Orniérage

Les dégradations principales que l'on rencontre sur les chaussées en béton sont:

- les fissures longitudinales;
- les fissures transversales (dans les dalles en béton);
- l'affaissement des dalles ou de parties de dalles;
- le punch-out (pour le béton armé continu).

Les dégradations principales que l'on rencontre sur les pavages sont:

- les déformations et les affaissements (parfois généralisés en orniérage);
- des pavés cassés ou détachés;
- des trous dus à la perte de pavés.

C'est bien sûr l'expérience qui constitue le meilleur moyen pour guider l'observateur dans l'appréciation des divers types de dégradations. Mais on peut trouver une aide précieuse en consultant l'un des nombreux catalogues de dégradations (réf. 11, 12, 25, 26, 27, 28, 29, 30 et 31). Parmi ceux-ci épinglons les réf. 11 et 12, particulièrement utiles en Belgique.

Dans plusieurs de ces catalogues de dégradations, on trouve également des informations intéressantes concernant l'origine, les mécanismes et l'évolution ou l'extension des diverses dégradations. Ceci peut être particulièrement utile pour évaluer la rapidité avec laquelle les dégradations vont évoluer et, par conséquent, la durée de vie résiduelle du revêtement, ce qui est indispensable pour planifier les entretiens.

5.3 Données techniques relatives à l'état de la route

Le choix de l'auscultation à réaliser (c.-à-d. la collecte ou la mesure de certaines caractéristiques du revêtement existant: voir § 5.3.3) dépendra naturellement de divers facteurs. La disponibilité des personnes et des systèmes de mesure est en effet une condition préalable. De plus, on partira toujours d'une étude (visuelle) préalable (voir § 5.3.1). Sur base de cette étude, il est possible de rédiger un planning exact des tâches à effectuer. En outre, des données relatives à la structure de la route devront être collectées (§ 5.3.2).

5.3.1 Etude préalable

Afin de pouvoir poser le diagnostic correct quant à l'état de la route et de pouvoir déterminer l'intervention adéquate, il est souhaitable de disposer des données suivantes:

- catégorie de la route;
- trafic;
- conditions particulières: carrefours, pentes raides, virages serrés, etc.;
- nature du revêtement: enrobé, béton, pavés, etc.;
- environnement de la route: urbain, rural, etc.;
- nature des défauts: fissures, orniérage, rugosité insuffisante, trous, etc. (voir § 5.2);
- étendue et importance des dégradations: locales ou généralisées, légères ou graves.

Si l'on ne dispose pas de ces données, il est recommandé de réaliser l'inspection en parcourant la totalité de la section à pied ou en véhicule (à faible vitesse) et de remplir soigneusement les formulaires établis à cet effet. L'ensemble peut éventuellement être complété d'informations photographiques ou filmographiques.

5.3.2 Structure

Une bonne connaissance de la structure de la route existante (nature et épaisseur des différentes couches) est nécessaire pour évaluer correctement les différentes dégradations (§§ 5.2 et 5.4). Elle est aussi requise pour déterminer correctement les différentes stratégies d'entretien possibles (chapitre 4) et pour effectuer (contrôler) le dimensionnement (chapitre 6).

Si la structure de la route n'est pas connue sur base de documents existants ou si les données originelles n'ont pas été complétées par celles des travaux intermédiaires, une détermination de la structure est nécessaire (§ 5.5.2).

Il est possible d'obtenir une image de la structure de la route à l'aide:

- du Géoradar;
- de carottages et/ou d'ouvertures.

5.3.3 Caractéristiques du revêtement existant

L'état du revêtement existant est caractérisé par les données relatives aux paramètres décrits ci-après (§ 5.3.3.1 à 5.3.3.9).

Il est évident que toutes les caractéristiques citées ne doivent pas être mesurées. La manière de collecter ces caractéristiques diffère également d'un projet à un autre.

Les informations, collectées lors de l'étude préalable (§ 5.3.1), permettent d'établir un planning précis de l'auscultation complémentaire. D'autres informations (accidents, plaintes quant au bruit occasionné par le trafic ou état de la route, etc.) peuvent aussi influencer le programme de mesures.

Remarque: les appareils de mesure mentionnés aux §§ 5.3.3.1 à 5.3.3.9 sont décrits dans l'annexe 5 du présent code de bonne pratique.

5.3.3.1 *Etat global du revêtement*

Une inspection visuelle permet d'identifier, de qualifier et éventuellement de quantifier les différentes dégradations (§ 5.2). Tous les aspects possibles de la route et de son environnement sont également pris en compte.

Il est évident que l'inspection visuelle doit être adaptée au domaine d'application (trottoirs, pistes cyclables, pistes aéroportuaires, etc.). Pour une route, l'inspection visuelle est (était) traditionnellement réalisée en parcourant la route à pied. Depuis peu, on utilise également des enregistrements vidéo suivis d'un traitement (semi-)automatique.

Il faut veiller à ne pas utiliser des données en double. Cela a son importance si l'inspection visuelle est complétée par des mesures, l'ensemble servant à déterminer des indices (voir § 5.4.1). Dans ce cas, l'inspection visuelle est uniquement qualitative et/ou servira de guide pour les mesures automatiques. Ainsi, on mentionnera bien pendant l'inspection visuelle qu'il y a de l'orniérage, mais on ne le mesurera que si l'on n'a pas la possibilité de le mesurer de manière continue.

L'inspection visuelle peut être effectuée en marchant avec des formulaires, à l'aide du SAND, à l'aide de l'INFORMANT ou à l'aide de l'ARAN.

Les résultats peuvent être présentés graphiquement sous différentes formes.



Figure 5.5 *Ondulations longitudinales*

5.3.3.2 *Planéité longitudinale*

La planéité de la route a une grande importance pour le confort des usagers. Les routes inégales mènent en outre à une charge dynamique plus élevée de la structure routière et peuvent aussi causer des vibrations dans les bâtiments situés aux alentours.

La détermination correcte du profil longitudinal (déformé) réel d'une route existante est quasi impossible à réaliser manuellement. On passera alors, si cela est souhaité ou nécessaire, à une mesure systématique à l'aide des systèmes de mesure conçus à cet effet.

Il s'agit de la mesure de la planéité longitudinale d'une bande de circulation. L'appareil de mesure peut être conçu de manière à mesurer le profil dans une ou deux frayées.

En Belgique, les appareils disponibles à cet effet sont l'APL et l'ARAN.

Pour les mesures ponctuelles (sections courtes) on peut également utiliser une règle de 3 mètres ou un (transverso-)profilographe.

5.3.3.3 *Orniérage*

L'orniérage est une déformation systématique du revêtement qui est caractérisée par la formation de deux ornières. Elles apparaissent dans le revêtement suite aux charges exercées par le trafic. Ce défaut est propre aux revêtements bitumineux, mais les pavages peuvent également en souffrir. Il peut avoir une incidence négative sur la sécurité:

- par temps de pluie, l'eau stagne dans les ornières. Le frottement entre le pneu et le revêtement diminue, ce qui fait qu'il n'est plus possible de conduire le véhicule de manière sûre (aquaplanage);
- lors d'un changement de bande, la tenue de route et le confort sont influencés de manière négative.

L'orniérage peut être mesuré de manière systématique à l'aide du TUS, du RUTMETER, de l'ARAN ou du transversoprofilographe.

Une règle appropriée peut également être utilisée pour cette mesure. L'orniérage est alors mesuré comme déformation sous une règle de longueur suffisante. Cette longueur est au moins égale à 1,20 m, mais est de préférence égale à la largeur d'une demi-bande de circulation. Si l'on souhaite obtenir une image très précise du profil transversal de la route, l'appareil de mesure doit être équipé d'un nombre suffisant de capteurs placés à faible entredistance.



Figure 5.6 Orniérage

5.3.3.4 Discontinuités dans le profil longitudinal et transversal

5.3.3.4.1 Discontinuités dans le profil longitudinal

Lorsque deux dalles de béton consécutives présentent à leur joint transversal commun une différence de niveau significative (5 mm ou plus), on parle de mise en escalier. La dalle suivante, dans le sens de la circulation, est la plupart du temps plus basse.

La mise en escalier se produit la plupart du temps dans le cas de revêtements anciens en dalles de béton qui ne sont pas pourvus d'un dispositif de transfert de charge, mais également dans le cas de fissures transversales importantes.

Il n'est toutefois pas exclu que, dans le cas de revêtements bitumineux, de telles situations se produisent là où se situent d'importantes fissures transversales et où le transfert de charge n'existe plus.



Figure 5.7 Différence de niveau entre dalles de béton

La mise en escalier cause des nuisances sonores et des vibrations ainsi que des charges dynamiques sur la route.

La mise en escalier peut être mesurée à l'aide d'une règle, d'un transversoprofilographe (disposé dans le sens longitudinal), de l'ARAN ou de l'APL. La caractérisation de la mise en escalier à partir du profil longitudinal enregistré par les appareils de mesure pour la planéité longitudinale (ARAN, APL, etc.) requiert un logiciel spécial.

Le battement éventuel des dalles de béton (à hauteur des discontinuités) sous l'influence des poids lourds peut être mesuré au moyen du faultimètre.

5.3.3.4.2 Discontinuités dans le profil transversal

Lorsque deux parties de revêtement adjacentes présentent une différence significative de niveau (5 mm ou plus) à leur joint longitudinal commun ou au droit d'une fissure longitudinale commune, on parle de mise en escalier.

Les discontinuités dans le profil transversal peuvent être mesurées à l'aide d'une règle, d'un transversoprofilographe (disposé dans le sens transversal), d'appareils utilisés pour mesurer le profil transversal (p.ex. ARAN et TUS) avec lesquels on roule sur le «joint»; dans ce dernier cas, un logiciel spécial est requis.

5.3.3.5 Portance

La portance d'une route est importante pour le contrôle du dimensionnement (chapitre 6) et pour la détermination de l'éventuelle épaisseur d'overlay lors d'un renforcement local ou systématique de la route. La portance est déterminée en exerçant une charge sur le revêtement et en mesurant la déformation de celui-ci.

La portance peut être déterminée à l'aide d'une poutre de Benkelman, d'un déflectographe, du curviamètre ou d'un déflectomètre à masse tombante.

5.3.3.6 Rugosité

La rugosité de la route est importante pour la sécurité des usagers. Celle-ci doit offrir aux véhicules de bonnes conditions de roulage et de freinage.

Lors de la réalisation de l'inspection visuelle, il est possible que l'on suspecte fortement la rugosité d'être insuffisante. On réalisera de préférence des mesures sur ces zones afin d'obtenir la valeur correcte de la rugosité.

La rugosité d'un revêtement peut être mesurée avec l'odoligraphe, le SCRIM, ou le GRIPTESTER. La détermination locale de la rugosité peut se faire à l'aide du pendule SRT.

5.3.3.7 Texture

La texture d'un revêtement influence la rugosité et le bruit.

Traditionnellement, on parle de microtexture ($\lambda < 0,5$ mm), de macrotexture ($0,5 < \lambda < 50$ mm) et de mégatexture ($50 \text{ mm} < \lambda < 500 \text{ mm}$):

- la microtexture permet de rompre le film d'eau en cas de revêtement humide et est par conséquent déterminante pour la rugosité à faible vitesse;
- la macrotexture permet l'évacuation des eaux. Elle contribue fortement à la diminution de la rugosité lorsque la vitesse augmente;
- la mégatexture peut être la cause de bruit et de vibrations.

La texture de la route peut être mesurée avec le profilomètre laser, le SCRIMTEX ou au moyen de l'essai à la tache de sable.

5.3.3.8 Bruit

Le revêtement de la route (via la texture) a un impact important sur le bruit causé par le trafic.

Le bruit est enregistré au moyen de microphones qui, en fonction de leur implantation, mesurent le bruit à la source (la route) ou à une grande distance de la route (par exemple au niveau des habitations environnantes).

Les méthodes de mesure du bruit sont les suivantes:

- SPB (statistical Pass-By): à la source;
- CPX (Close Proximity): à la source;
- Méthode de mesure conforme à l'ISO R 1996: à distance.

5.3.3.9 Evacuation des eaux

L'eau peut être considérée comme étant la plus grande ennemie de la route. Une évacuation insuffisante de l'eau influence la sécurité de l'utilisateur (aquaplanage, risque de glissement, projections d'eau) mais également le comportement du revêtement (les dégradations peuvent être dues à ou être accélérées par l'eau stagnante).

L'efficacité de l'évacuation est la plupart du temps constatée par:

- des observations visuelles: une attention particulière doit être portée aux environs des ralentisseurs, des plateaux, etc. et aux possibilités d'écoulement latéral des ED;
- des mesures topographiques (détermination des pentes);
- des essais de drainage in situ (uniquement dans le cas d'ED).

5.4 Evaluation des caractéristiques du revêtement

Le présent paragraphe indique comment utiliser les résultats des mesures des caractéristiques du revêtement existant (§ 5.3.3). L'interprétation proposée permet, via le calcul de divers indices, de situer le revêtement par rapport aux exigences en vigueur ou par rapport à des seuils de qualité ou d'intervention.

L'évaluation des paramètres abordés au § 5.3.3 peut se faire pour un seul paramètre, pour plusieurs paramètres ou pour l'ensemble des paramètres disponibles.

Remarque: le texte qui suit reprend uniquement la méthodologie utilisée par le MET et l'INFRA pour les routes de leur ressort respectif ainsi que par la méthode de gestion de l'entretien des voiries secondaires développée par le CRR (réf. 32), système de gestion proposé pour les voiries communales. Ces méthodologies, données à titre d'exemple, peuvent servir de fil conducteur à d'autres domaines d'application (voiries industrielles, aéroports, etc.).

5.4.1 Indices et seuils

Les paramètres discutés au § 5.3.3 sont tous mesurés dans des unités différentes. Afin de faciliter la comparaison, il est possible de transposer le paramètre en indice allant de 0 à 100 (ou 1), où 0 est l'état le plus mauvais et 100 (ou 1) l'état le meilleur.

On peut aussi faire correspondre l'indice 80 à l'état du revêtement tel qu'exigé pour ce paramètre dans le cas d'une construction neuve.

On attribue l'indice 40 à la valeur (du paramètre) pour laquelle l'utilisation de la route (sécurité et confort) ou sa situation structurelle ne satisfait plus aux exigences. Cette valeur est souvent appelée «valeur-seuil» dans ce qui suit.

Un exemple d'évaluation de ce type, suivie aussi bien par l'INFRA que par le MET, se trouve dans le tableau ci-après:

Indice %	Evaluation
<i>Indice = 100</i>	<i>Etat parfait</i>
Indice \geq 80	Classe A: Très bon
<i>Indice = 80</i>	<i>Répond aux critères d'une construction neuve</i>
80 > Indice \geq 60	Classe B: Bon
60 > Indice \geq 40	Classe C: Satisfaisant
<i>Indice = 40</i>	<i>Valeur-seuil: valeur pour laquelle une intervention est nécessaire (aussi appelée «seuil d'intervention»)</i>
40 > Indice \geq 20	Classe D: Mauvais
20 > Indice	Classe E: Très mauvais
<i>Indice = 0</i>	<i>Etat le plus mauvais</i>

Tableau 5.1 Indices et seuils

Cette évaluation doit néanmoins tenir compte du type de route. Ainsi, la planéité d'une autoroute sera évaluée différemment de celle d'une route secondaire, communale ou agricole.

Dans le tableau ci-avant et dans les lignes qui suivent, on ne traite que du seuil d'intervention (valeur-seuil) dans le sens de manquements graves. Dans la pratique, ce seuil d'intervention sera complété de seuils qui déterminent s'il faut recourir à un entretien simple ou léger. Il est également possible d'introduire des seuils d'avertissement.

La transposition d'un paramètre en indice et en valeur-seuil est réalisée pour chaque paramètre séparément (voir § 5.4.2), sauf pour la méthode de gestion de l'entretien des voiries secondaires développée par le CRR, où les seuils d'intervention sont déterminés pour l'indice global (voir § 5.4.3) par une optimisation sur base économique (comparaison entre le coût des réparations et celui de l'épargne). Pour plus de détails à ce sujet, consultez la réf. 32.

Si aucune formule n'est disponible pour cette transposition, une interpolation linéaire est appliquée au départ des valeurs mentionnées dans le tableau.

5.4.2 Evaluation des divers paramètres

Dans ce qui suit, on travaille avec des sections d'une longueur de 100 m de la bande de circulation considérée.

5.4.2.1 Inspection visuelle

L'inspection visuelle permet de mesurer diverses dégradations d'une manière qualitative et quantitative.

5.4.2.1.1 Facteurs de pondération

La pondération repose la plupart du temps sur l'attribution de différents poids aux dégradations. Ces facteurs de pondération diffèrent selon la nature du revêtement.

Les facteurs de pondération des différents défauts sont déterminés au préalable.

Une méthode générale peut être d'attribuer des poids aux défauts qui sont proportionnels à la «partie endommagée» du revêtement où aux coûts nécessaires à sa rénovation. Voici quelques exemples:

- une fissure longitudinale reçoit une valeur de 0,1, ce qui veut dire que la fissure longitudinale de 100 m reçoit une valeur de 10 % (réparer une fissure nécessite environ 10 % de la largeur d'une bande);
- une fissure transversale reçoit une valeur égale à 1 %, ce qui veut dire que l'on compte sur une zone de 1 m pour la réparation d'une fissure transversale complète;
- pour une surface fissurée, on tient compte de la superficie de la partie fissurée exprimée en % de la superficie (100 m x largeur de bande).

De plus, on peut donner un poids supplémentaire à la gravité de la dégradation de 1 pour sérieux à par exemple 0,5 pour léger. Le facteur de pondération réel est alors le produit de deux facteurs mentionnés ci-avant.

5.4.2.1.2 Evaluation séparée des dégradations

Dans le cas où des dégradations différentes sont évaluées séparément, chacun des paramètres doit recevoir une évaluation à part, éventuellement combinée à un paramètre pour l'inspection visuelle globale.

Le MET utilise cette méthode pour l'évaluation de la déformation, de l'arrachement et de la fissuration.

Classe (**)	Valeurs limites (*) pour la déformation	Valeurs limites (*) pour la fissuration et l'arrachement
Classe A	< 5 %	< 5 %
Classe B	5 ≤ valeur < 10 %	5 ≤ valeur < 15 %
Classe C	10 ≤ valeur < 15 %	15 ≤ valeur < 30 %
Classe D	15 ≤ valeur < 20 %	30 ≤ valeur < 50 %
Classe E	≥ 20 %	≥ 50 %

(*) valeurs limites de la classe en % de la superficie

(**) voir tableau 5.1

Tableau 5.2 Valeurs limites pour l'évaluation des défauts

5.4.2.1.3 Évaluation globale de l'inspection visuelle

Le MET prend comme évaluation globale (indicateur global d'état de surface) la valeur moyenne des trois paramètres individuels.

L'INFRA et le CRR (réf. 32) somment l'ensemble des défauts avec leurs facteurs de pondération et obtiennent ainsi le degré de dégradation (Dégr %) exprimé en %.

5.4.2.1.3 Indice

Un indice égal à la durée de vie restante relative est un excellent outil utilisé par l'INFRA.

$$Indice_{vis} = 100 \times \left[1 - 10^{\frac{\log\left(\frac{Dégr}{100 - Dégr}\right)}{\log(K)}} \right]$$

Dégr le degré de dégradation (%)

K une constante qui dépend de la nature de la structure (64 pour l'enrobé et 512 pour le béton)

Dans le tableau ci-après figure la correspondance entre indices et degrés de dégradation.

Indice	Dégr revêtement bitumineux (K = 64)	Dégr revêtement en béton (K = 512)
80	5,2 %	1,3 %
60	16,0 %	7,7 %
40	28,4 %	20,0 %
20	41,8 %	35,3 %
0	50,0 %	50,0 %

Tableau 5.3 Correspondance Indices– Degré de dégradation

La valeur-seuil est égale à un indice de 50 (Dégr = 22,2 %) pour les autoroutes et routes rapides, un indice de 40 (Dégr = 28,4 %) pour les routes normales et un indice de 30 (Dégr = 34,4 %) pour les routes secondaires.

Dans la méthode de gestion de l'entretien des voiries secondaires développée par le CRR (réf. 32): $\text{Indice}_{\text{vis}} = 0,9 - \text{Dégr \%}$. Il n'y a pas de seuil d'intervention spécifique lié à ce paramètre (cf. § 5.4.1).

Au MET, indices et seuils sont pour l'instant à l'étude.

5.4.2.2 Planéité

Traditionnellement, la planéité d'une route était en Belgique contrôlée à l'aide d'une règle de trois mètres, complétée par la suite, dans les années soixante, par un système de mesure où les inégalités pouvaient être mesurées jusqu'à une longueur d'ondes de 10 m et plus. Lors de la mise en service de l'APL, cette répartition a été conservée. Cet appareil permet de mesurer (à une vitesse de 72 km/h) les inégalités jusqu'à une longueur d'ondes de 50 m.

L'évaluation des mesures effectuées à l'APL repose sur la détermination de la surface de déformation pour les trois longueurs d'ondes (2,5m, 10m et 40m).

5.4.2.2.1 Indices

L'évaluation suivante basée sur la détermination des coefficients de planéité (CP: voir définition dans l'annexe 5) est utilisée par le MET et par l'INFRA.

Coefficients de planéité (CP)						Indice
Onde courte (2,5 m)		Onde moyenne (10 m)		Onde longue (40 m)		
INFRA	MET	INFRA	MET	INFRA	MET	
0	0	0	0	0	0	100
40	35	80	70	160	140	80
80	70	160	140	320	280	60
120	105	240	210	480	420	40
160	140	320	280	640	560	20
200	175	400	350	800	700	0

Tableau 5.4 Correspondance Indices– Coefficients de planéité

Pour se faire une idée de la manière dont les indices ont été choisis, il faut savoir que:

- 1 CP correspond à 1000 mm²/hm;
- une onde sinusoïdale pure d'une amplitude de 1 mm donne un CP = 31,5.

L'indice est calculé à l'aide de la formule suivante:

$$\text{Indice}_{\text{plan},\lambda} = 100 \times \left\{ 1 - A \times \left(\frac{CP_{\lambda}}{\sqrt{\frac{\lambda}{10}}} \right) \right\}$$

λ est la longueur d'ondes de base;

A a une valeur de:

1/350 pour le MET;

1/400 pour l'INFRA;

1/CP_{max} pour la «Méthode de gestion de l'entretien des voiries secondaires» développée par le CRR (CP_{max} = le CP maximal du réseau considéré).

L'indice_{plan} est égal au minimum des indices des trois longueurs d'ondes des deux frayées.

D'autres appareils de mesure comme p.ex. l'ARAN couvrent souvent un autre domaine de longueurs d'ondes. La transposition du paramètre en indice doit être adaptée en conséquence.

5.4.2.2 Valeurs-seuils

La valeur-seuil du MET correspond à l'indice 40 ($CP_{2,5} = 105$). La valeur-seuil de l'INFRA est pour les autoroutes et routes rapides égale à un indice de 50 ($CP_{2,5} = 100$), pour les routes normales, à un indice de 40 ($CP_{2,5} = 120$) et pour les routes secondaires, à un indice de 30 ($CP_{2,5} = 140$). Pour les autres longueurs d'onde, d'autres valeurs correspondantes sont en vigueur (INFRA et MET).

Dans la «Méthode de gestion de l'entretien des voiries secondaires» développée par le CRR, il n'y a pas de seuil d'intervention spécifique lié à ce paramètre (cf. § 5.4.1).

5.4.2.3 Orniérage

A partir des profils transversaux mesurés, il est possible de déduire les données suivantes:

- l'orniérage dans chaque frayée;
- la profondeur de l'eau dans chaque frayée si l'on dispose de la pente transversale.

On considère comme valeur limite pour l'orniérage la situation pour laquelle l'évacuation des eaux d'un profil transversal normal ne peut plus se faire latéralement. Dans le cas d'un dévers normal de 2 % et d'un écartement de 1,5 m, on obtient une valeur limite de 15 mm.

Une épaisseur d'eau de 1 mm est encore acceptable, ce qui fait que l'INFRA a opté pour une valeur limite de 16 mm. Pour le MET, la valeur limite est de 12 mm.

Les profondeurs d'ornières sont transposés en indices comme suit:

Orniérage (INFRA)	Orniérage (MET)	Indice
0 mm	0 mm	100
4 mm	4 mm	80
12 mm	8 mm	60
16 mm	12 mm	40
24 mm	16 mm	20
32 mm et plus	20 mm et plus	0

Tableau 5.5 Correspondance Indices– Orniérage

5.4.2.4 Mise en escalier

La hauteur des marches est mesurée dans une ou dans chaque frayée.

L'évaluation (INFRA) est basée sur les règles suivantes:

- la gêne provoquée par des marches identiques est proportionnelle à leur nombre;
- la gêne provoquée par des marches plus grandes augmente plus rapidement que la hauteur de la marche.

On évalue la gêne globale au moyen de la formule suivante:

$$Valeur_{marche, hm} = Nombre \times Hauteur.marche_{moy.} + 10 \times n_{25,35} + 40 \times n_{35}$$

où (par hm):

$nombre$ nombre total de marches
 $n_{25,35}$ nombre de marches entre 25 et 35 mm
 n_{35} nombre de marches supérieures à 35 mm

L'indice est établi sur base de ce qui suit:

- étant donné que seules les marches supérieures à 5 mm sont mesurées, on attribue comme indice maximal la valeur 80 si aucune marche n'est détectée pour les hm impliqués;
- comme transition entre suffisant et mauvais, on présume une marche de 10 mm entre chaque dalle. Cette situation correspond à une valeur de 200 (deux frayées avec une marche de 10 mm et une longueur de dalle de 10 m).

L'évaluation suivante est ainsi donnée:

Valeur marche, hm	Indice
0	80
100	60
200	40
300	20
400	0

Tableau 5.6 Correspondance Indices– Mise en escalier

Le tableau ci-avant peut être transposé en la formule:

$$Indice_{marche} = 80 - \frac{Valeur_{marche, hm}}{5}$$

5.4.2.5 Portance

Les flexions mesurées (déflectomètre à masse tombante, curviamètre, déflectographe, etc.) permettent, en connaissant la structure (§ 5.3.2), de déterminer les caractéristiques mécaniques des différentes couches de la route (réf. 34). En tenant compte de l'âge du revêtement et du trafic, il est alors possible de déterminer la «durée de vie restante» du revêtement (réf. 35). Si cette durée est de 0 ou est négative, cela signifie que le revêtement doit être changé ou fortement renforcé. Si la durée de vie restante est relativement petite (de l'ordre de 5 ans), une intervention est nécessaire dans un futur proche.

Ensuite, il est possible de fixer une nouvelle durée de vie et de déterminer l'épaisseur du recouvrement (réf. 4).

5.4.2.6 Rugosité

La rugosité est exprimée en valeurs CFT (coefficient de frottement transversal).

L'expérience acquise par l'INFRA après plusieurs années de mesures systématiques à l'aide du SCRIM a appris qu'aucune valeur CFT < 0,10 ne se présente sur le réseau routier. Le nombre de valeurs CFT > 0,85 est extrêmement limité (moins de 0,1%).

Les valeurs CFT sont transposées en indices comme suit:

CFT (INFRA)	CFT (MET)	Indice
> 0,85		100
0,70	0,50	80
0,55	0,45	60
0,40	0,40	40
0,25	0,35	20
0,10		0

Tableau 5.7 Correspondance Indices– Valeurs CFT

La valeur-seuil est égale à 40, aussi bien pour le MET que pour l'INFRA.

5.4.2.7 Texture

La texture d'un revêtement est caractérisée par la valeur MPD (Mean Profile Depth ou profondeur de profil moyenne - voir § A5.7).

En Belgique, il n'y a pas encore d'évaluation pour la texture du revêtement. Dans une première approche, il peut être postulé qu'une MPD > 1,20 mm doit être considérée comme bonne et qu'une valeur MPD < 0,5 mm comme insuffisante pour la rugosité.

5.4.2.8 Bruit

En Belgique, il n'y a pas encore d'évaluation développée pour le bruit de la route. Dans tous les cas, il faut combiner les valeurs de la méthode CPX et celles de la méthode SPB. De manière approximative, on peut supposer que les revêtements avec un SPB < 71 dB(A) sont peu bruyants tandis que ceux avec un SPB > 75 dB(A) peuvent être considérés comme bruyants. Ces deux valeurs SPB ont exclusivement trait au trafic des voitures et sont calculés pour une vitesse de référence de 80 km/h.

5.4.2.9 Ecoulement des eaux

L'écoulement des eaux se fait de préférence latéralement. Il faut s'efforcer, en cas d'intervention structurelle, de veiller à ce que la pente transversale soit au moins de 2,0 % et de préférence même de 2,5 %.

Une valeur moyenne de 40 sec. est établie par le MET et l'INFRA comme valeur-seuil pour le drainage de l'ED.

5.4.3 Evaluation globale

Lors de l'évaluation globale de deux paramètres ou plus, il est possible de calculer un indice global. Les possibilités suivantes existent:

- l'indice global donne l'état global du revêtement;
- l'indice global indique si une intervention est nécessaire.

Il est même possible d'établir plusieurs indices globaux si l'on a plusieurs objectifs en vue. Ainsi, il est possible d'avoir un indice relatif à la sécurité et au confort des usagers et un autre indice se rapportant à l'intégrité de la structure.

Bien que l'indice global puisse également être calculé sur plusieurs sections routières ou sur un réseau routier (partiel), seul le cas de l'indice global relatif à une seule section sera expliqué ici.

L'état global d'une section est obtenu en établissant une moyenne pondérée des indices disponibles.

Les facteurs de pondération sont choisis de sorte que leur somme soit égale à 1, ce qui veut dire que l'on maintient l'échelle originelle de 0 à 100. La valeur des facteurs de pondération dépend du nombre de paramètres et de leur importance réciproque.

La «Méthode de gestion de l'entretien des voiries secondaires» développée par le CRR utilise cette méthode pour déterminer la situation globale (G) d'une section basée sur l'inspection visuelle (V) et sur la planéité (U):

$$G = 0,5 U + 0,5 V$$

Le MET utilise cette méthode pour déterminer l'«indicateur global de sécurité» (G):

$$G = 0,40 RUG + 0,30 ORN + 0,20 VIS + 0,10 PLAN$$

<i>RUG</i>	rugosité,
<i>ORN</i>	orniérage,
<i>VIS</i>	dégradation visuelle
<i>PLAN</i>	planéité.

L'INFRA utilise également cette technique pour déterminer la situation globale de la section et son évolution au fil des ans.

Cet indice seul n'est pas utilisable pour déterminer les parties de routes qui nécessitent une intervention. Un mauvais indice global indique une mauvaise situation globale, tandis qu'un indice correct ne signifie pas nécessairement que la route n'a aucun défaut grave et que par conséquent aucune intervention n'est nécessaire. Un bon paramètre peut en dissimuler un mauvais.

Afin d'éviter cela, si l'on suit le principe que l'indice global indique les zones qui nécessitent une intervention, on suppose que l'indice global est égal au minimum des indices individuels. L'INFRA emploie cette méthode pour son application cartographique globale.

Lors de l'évaluation globale, il faut toutefois tenir compte des éventuelles interactions entre les paramètres. L'évaluation globale peut en effet être plus mauvaise que ne peuvent le laisser paraître les paramètres considérés individuellement.

Un exemple typique rendra cela plus clair.

Prenons la rugosité et l'orniérage. Une rugosité < 0,40 est mauvaise, ainsi qu'un orniérage > 16 mm. Mais une situation avec une rugosité de p.ex. 0,45 combinée à un orniérage de p.ex. 15 mm doit aussi être considérée comme mauvaise.

Pour tenir compte de cela, l'indice global sera égal au minimum des paramètres individuels diminué d'une valeur qui dépend des autres paramètres.

5.5 Carottage et examens

Lorsqu'il y a des incertitudes sur les caractéristiques et sur la structure du revêtement existant, il est nécessaire de procéder au prélèvement d'échantillons. Ceux-ci peuvent être utilisés pour déterminer la structure de la route et/ou du revêtement et pour réaliser des essais. De cette manière, il est possible de connaître la composition et certaines caractéristiques des différentes couches de la route et/ou du revêtement.

Le prélèvement d'échantillons est parfois nécessaire si l'on souhaite déterminer avec suffisamment de certitude les causes et/ou la profondeur des dégradations. Les résultats de ces prélèvements peuvent être déterminants pour le choix d'une méthode de réparation.

5.5.1 Structure et état des revêtements

Ce qui suit est principalement consacré au cas des revêtements bitumineux. Toutefois nous mentionnerons également les revêtements en béton de ciment et les pavages dans la mesure où ceux-ci servent souvent de base à un overlay en béton bitumineux.

5.5.1.1 Revêtement bitumineux

Le prélèvement de quelques carottes de diamètre standard (section de 100 cm²) au travers de toute l'épaisseur du revêtement bitumineux peut fournir de nombreuses informations.

5.5.1.1.1 Carottes prélevées en dehors des dégradations

Ces carottes peuvent être prélevées aléatoirement dans des zones homogènes situées en dehors des zones dégradées de manière à fournir les informations générales suivantes:

- l'épaisseur des diverses couches du revêtement: ceci est important notamment pour la fixation des profondeurs de rabotage en cas de renouvellement partiel du revêtement: il y a en effet souvent intérêt à racler la totalité de la couche que l'on souhaite renouveler. Le choix des lieux de prélèvements tiendra compte de la présence d'éventuels changements de dévers susceptibles d'entraîner des modifications d'épaisseur des couches;
- l'adhérence des couches entre elles: la non adhérence d'une couche d'enrobés peut être la source d'une faible durabilité du revêtement. Il y a éventuellement lieu d'éliminer cette non-adhérence lors de la réparation envisagée;
- l'examen visuel des carottes extraites donne une idée de l'homogénéité et de la cohésion des enrobés. La constatation de défauts à ce niveau peut aider au diagnostic et influencer le mode de réparation envisagé.

L'extraction de carottes de la partie saine du revêtement fournit également les échantillons nécessaires à d'éventuelles analyses complémentaires (cf. § 5.5.3).

5.5.1.1.2 Carottes prélevées au droit des fissures

Les carottes peuvent également être prélevées au droit des fissures du revêtement. Elles permettent de fixer la profondeur atteinte par les fissures et de vérifier si elles se prolongent dans la fondation. Ces informations sont des éléments essentiels du diagnostic.

Le prélèvement d'une carotte centrée sur l'extrémité d'une fissure permet généralement d'avoir une idée sur le mode de propagation de la fissure. A titre d'exemple, dans le cas où toutes les couches du revêtement sont adhérentes, si la fissure affecte la



Figure 5.8 Carotte prélevée au droit d'une fissure

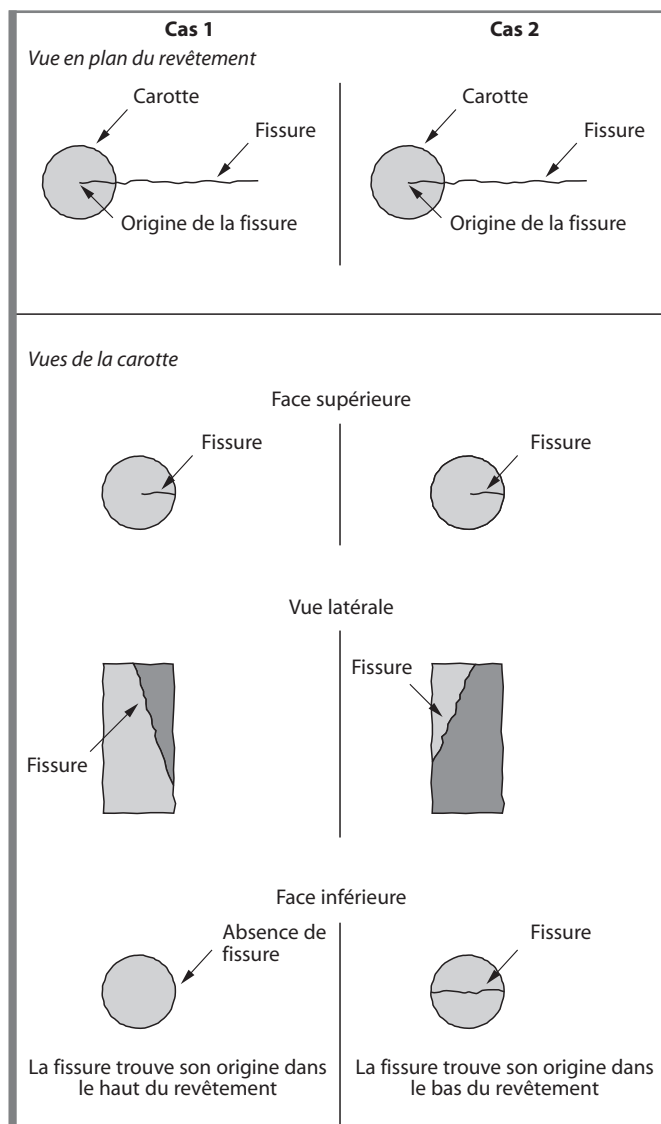


Figure 5.9 Mode de propagation d'une fissure

totalité de la face inférieure de la carotte, on admet généralement que la fissure trouve son origine à la partie inférieure du revêtement; par contre, lorsque la fissure est inexistante au bas de la carotte, on admet que la fissure trouve son origine dans la couche de roulement. Ces constatations contribuent à déterminer l'origine des dégradations et sont donc utiles à la fixation du diagnostic.

5.5.1.1.3 Carottes prélevées au droit des ornières

En cas d'orniérage, le prélèvement de carottes est très utile pour déterminer quelles sont les couches qui se déforment. Après avoir mesuré le profil transversal du revêtement en un point de la voie de circulation orniérée, on y prélève neuf carottes réparties comme suit (voir figure 5.10): une carotte dans le creux de chaque ornière (carottes 3 et 7), une carotte à chaque bord (sommets) des ornières (carottes 2, 4, 6 et 8) et trois carottes de référence situées en dehors des ornières à l'extérieur et entre les deux frayées (carottes 1, 5 et 9). La détermination sur chaque carotte des épaisseurs des diverses couches du revêtement, couplée aux mesures du profil du revêtement permet de déterminer graphiquement les déformations des couches du revêtement et de la face supérieure de la fondation. Cette détermination suppose toutefois que l'épaisseur d'origine de toutes les couches du revêtement soit constante au droit du profil de mesure.

On obtient le même résultat en extrayant, par sciage, des blocs formant une tranche du revêtement.

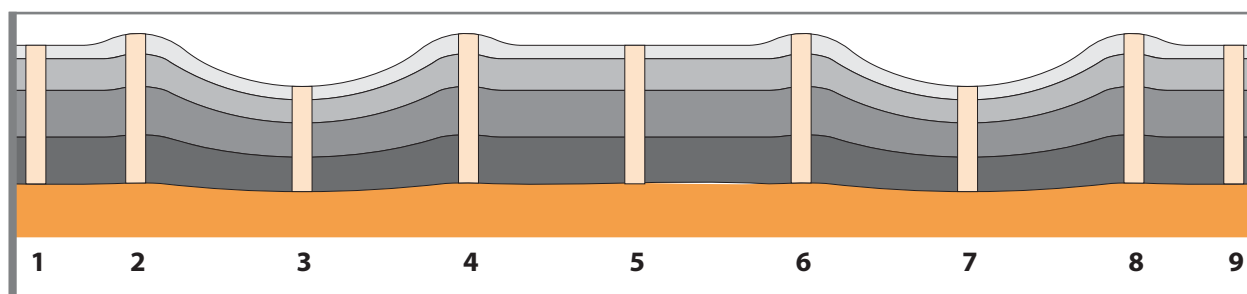


Figure 5.10 Emplacement des carottes pour la détermination du profil de l'ornière dans chaque couche de revêtement

5.5.1.2 Revêtements en béton

On veillera à étudier dans quelle mesure le revêtement en béton peut être recouvert. Il s'agit d'une part de détecter les dalles de béton instables (recouvrement structurel), d'autre part de déceler les zones de punch-out du béton armé continu (recouvrement fonctionnel).

5.5.1.3 Pavages

Souvent, c'est la reconstruction de la chaussée ou le remplacement des pavages par un autre revêtement qui sont recommandés. Ce n'est que dans le cas où le pavage est stable et relativement plan, que l'on peut envisager de procéder à un recouvrement fonctionnel.

5.5.2 Structure du restant de la chaussée

Il est parfois nécessaire de pousser les investigations plus loin que dans le seul revêtement. La procédure conseillée est la suivante.

Sauf dans le cas d'une fondation en béton maigre sain, les carottages sont insuffisants pour fournir des informations concernant les couches inférieures de la chaussée. On procède alors à l'ouverture de fenêtres (dimensions minimales 60 x 60 cm) dans le revêtement. La mise à nu de la fondation autorise le cas échéant le contrôle de sa portance (essai à la plaque p. ex.) et permet l'extraction manuelle d'échantillons des autres parties de la structure en vue de déterminer l'épaisseur et la nature des matériaux qui constituent ces autres couches. Un examen visuel de ceux-ci permet bien souvent d'apprécier leur aptitude à être intégrée dans la nouvelle structure. En cas de doute les caractéristiques des échantillons prélevés peuvent être déterminées en laboratoire.



Figure 5.11 Fenêtre dans la structure

En poursuivant l'extraction des matériaux dans la fenêtre jusqu'au niveau du sol d'assiette, il est possible de réaliser des essais géotechniques (par exemple, sonde de battage légère et/ou forages permettant des prélèvements de sol et la détermination du niveau de la nappe phréatique) qui fourniront des informations utiles dans le cadre du contrôle de dimensionnement de la structure.

5.5.3 Caractéristiques du revêtement

Lorsque des parties d'un revêtement existant doivent être démontées ou intégrées dans un nouveau revêtement ou encore qu'il est envisagé de le recycler, il peut être utile d'en connaître certaines caractéristiques.

5.5.3.1 Recherche de la présence de goudron

La quantité annuelle de débris bitumineux contenant du goudron résultant de la démolition de routes belges est relativement importante. Cet état de fait pose à de nombreuses entreprises routières le problème de savoir comment, d'une manière sûre et correcte, gérer les granulats bitumineux contenant du goudron; la mise en décharge, le stockage provisoire et/ou un traitement (recyclage dans une fondation liée après stabilisation) constituent-ils une solution à ce problème? Il est essentiel de faire une distinction entre une utilisation à chaud ou à froid des granulats de débris bitumineux (contenant du goudron). Il est évident que la détection du goudron est un outil indispensable lors de la réalisation des diverses étapes de ce processus.

L'annexe 7 du présent code de bonne pratique indique les méthodes d'essai adaptées pour détecter le goudron dans les débris bitumineux.

5.5.3.2 Etude de la sensibilité à l'orniérage (simulateur de trafic)

Si l'on envisage de conserver totalement ou partiellement le revêtement existant, il faut s'assurer que celui-ci n'est pas sensible à l'orniérage. Sur une série de trois carottes de 400 cm², prélevées en dehors des frayées, on peut alors réaliser l'essai au simulateur de trafic sur les couches à conserver. Cela se fait de préférence sur chaque couche séparément ou éventuellement sur plusieurs couches simultanément.

5.5.3.3 *Analyse des caractéristiques des enrobés*

Des analyses de composition (granulométrie et teneur en liant) des enrobés ainsi que la détermination des caractéristiques du liant récupéré (pénétration et température anneau et bille, voire spectre infra-rouge) sont nécessaires lorsqu'on envisage de recycler les couches concernées pour la fabrication de nouveaux enrobés à chaud; ces informations sont en effet nécessaires pour la mise au point de la formule de ces nouveaux enrobés.

Certaines de ces informations sont aussi parfois utiles à l'établissement du diagnostic concernant les dégradations (p. ex. détection d'un vieillissement anormal du liant) ou à la détermination de la durée de vie résiduelle des couches que l'on désire conserver (contrôle du dimensionnement ou prévision de l'orniérage).

Il est également important de détecter la présence de PMB afin de pouvoir effectuer une évaluation correcte du comportement de l'enrobé en cas de recyclage.

Chapitre 6

Dimensionnement

Le dimensionnement est la détermination, pour la durée de vie prévue, des dimensions des éléments dont la structure (routière) est constituée. Il faut tenir compte des éléments suivants:

- les facteurs environnementaux (caractéristiques du sol, climat, etc.);
- les matériaux (asphalte, béton, pierres, etc.) et leurs caractéristiques;
- la charge (nombre et valeur).

On distingue le dimensionnement horizontal et le dimensionnement vertical.

6.1 Dimensionnement horizontal

Le dimensionnement horizontal a pour but d'établir la largeur des différentes parties d'une structure (routière).

Pour une route, les paramètres principaux qui déterminent la largeur de chaque bande de circulation sont les dimensions maximales des véhicules autorisés à y circuler.

Les vitesses usuelles et maximales influencent aussi la largeur des bandes de circulation.

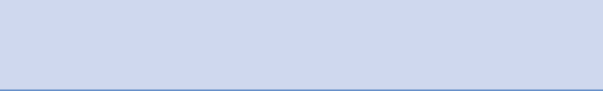
Il faut naturellement aussi tenir compte du nombre de véhicules par unité de temps, ce qui a une influence déterminante pour fixer le nombre de bandes adjacentes.

Pour les autres structures, les données doivent être adaptées. Cela est le cas pour les routes agricoles, les pistes cyclables, les trottoirs, etc. Il faut également tenir compte de l'utilisation régulière ou sporadique d'autres véhicules sur ces structures.

6.2 Dimensionnement vertical

Le dimensionnement vertical a pour but d'établir les dimensions verticales (les épaisseurs) des différentes couches constitutives de la structure (routière). Les principaux paramètres dont il faut tenir compte sont les caractéristiques du sol, les facteurs climatiques et les charges d'essieux en grandeur et en nombre.

Vous retrouverez plus de détails relatifs au dimensionnement vertical aux réf. 4, 39, 43 et 44.



Partie C

Choix d'un revêtement bitumineux

Un des éléments clé de tout projet routier (ou assimilé) est le choix judicieux des enrobés bitumineux composant le revêtement.

Ce choix reposera en premier lieu sur l'adéquation entre les performances du revêtement et l'application envisagée. Les caractéristiques performantielles des enrobés constituent donc un facteur essentiel de choix d'un revêtement. Le présent chapitre y est entièrement consacré.

De nombreux autres facteurs liés notamment à l'application spécifique envisagée, à sa situation et à son environnement ainsi qu'à son coût interviennent également dans le choix du type de revêtement. Ces aspects ainsi qu'un exemple d'analyse multicritère sont abordés au chapitre 8.

Après avoir choisi le type d'enrobé, il faut aussi parfois effectuer des choix au niveau du calibre et du liant de l'enrobé; quelques lignes directrices à ce sujet sont abordées au chapitre 9.

Le chapitre 10 présente, en guise de synthèse, une série de tableaux et de fiches facilitant les choix à effectuer.

Chapitre 7

Caractéristiques performantielles des enrobés bitumineux

La recherche des mélanges bitumineux adéquats pour une application particulière repose entre autres sur les performances qui, dans les circonstances données, sont importantes pour l'application considérée.

C'est pourquoi le présent chapitre décrit en détail les caractéristiques performantielles qui peuvent être importantes pour les mélanges bitumineux et aborde en profondeur les paramètres extérieurs (trafic, climat, type de route, environnement, type de couche, etc.) pour lesquels ces caractéristiques revêtent plus d'importance encore.

Le choix du type de mélange repose aussi sur le fait qu'en fonction de la composition, certaines caractéristiques performantielles sont plus ou moins difficiles à obtenir. Le présent chapitre vise à comparer la sensibilité des enrobés les plus fréquents vis-à-vis de chaque caractéristique performantielle.

7.1 Aperçu des caractéristiques performantielles

Pour offrir une durée de vie et une durabilité suffisantes, et pour assurer le confort et la sécurité des usagers, diverses exigences performantielles sont imposées aux mélanges bitumineux. Celles-ci sont appelées les exigences «fonctionnelles». Les principales sont:

- *la rigidité et la portance:*
 - la rigidité est une caractéristique de l'enrobé en rapport avec sa résistance à la déformation; elle est donnée par le module de rigidité. Ce module est le rapport entre la force par unité de surface (contrainte) et la déformation qui est causée par cette force. Pour une charge égale, on peut déclarer que plus le module de rigidité est élevé, moins la déformation est grande;
 - la portance est la résistance qu'offre une construction routière contre la déformation permanente. La rigidité est également déterminante pour la portance. Plus les couches sont rigides, plus la portance de la structure est importante. Les dégradations causées par une portance insuffisante sont principalement des affaissements qui peuvent rapidement se transformer en faïençage et en trous dans l'enrobé;
- *la résistance à (la fissuration due à) la fatigue:* il s'agit de la résistance à la dégradation de l'enrobé par fissuration suite à l'application répétée des charges. Dans les routes sous-dimensionnées, ces fissures partent typiquement du dessous de l'ensemble des couches d'enrobés (traction de flexion dans l'axe de la charge). Les fissures de fatigue peuvent également apparaître au dessus de l'ensemble des couches d'enrobés (suite à des contraintes de cisaillement ou à une traction de flexion au bord de la charge);
- *la résistance à la fissuration thermique et à basse température:* résistance du revêtement à la fissuration sous l'influence de la variation des températures et/ou des températures extrêmement basses;
- *la résistance à l'orniérage:* résistance du revêtement à la déformation permanente sous une charge répétée;
- *la résistance au plumage:* résistance d'une couche de roulement à la perte de matériaux sous l'effet du trafic, de l'eau et du gel. Le plumage est dû à un manque de cohésion dans le mélange ou au vieillissement du liant;
- *la cohésion:* il s'agit d'une propriété globale de l'enrobé. Un problème de cohésion peut engendrer divers types de dégradations telles qu'elles se produisent dans le cas de plumage, de fissuration, etc. Un manque de cohésion induit une sensibilité à l'eau et au gel;
- *la rugosité (résistance au glissement):* capacité de résister au glissement sous l'effet des forces horizontales. Plus la rugosité est importante, plus cette résistance est grande;
- *la résistance à la déformation due à des forces de cisaillement:* résistance aux dégradations dues aux forces horizontales exercées par le trafic, par exemple en tournant, en freinant et en accélérant, dans les virages, aux feux de circulation, dans les côtes et dans les zones de manœuvre. Même si le manque de résistance peut aussi engendrer le plumage et (dans le cas de revêtements minces à l'adhérence déficiente) la pelade, nous nous limitons dans notre définition à l'aspect déformation;
- *la résistance aux charges ponctuelles:* résistance du revêtement à la déformation sous l'influence des charges concentrées sur de petites superficies;
- *la résistance aux fissures de réflexion:* cette propriété permet d'empêcher les fissures situées dans la fondation ou dans les couches sous-jacentes de remonter à la surface de la route;
- *la drainabilité:* capacité du revêtement d'évacuer rapidement l'eau soit via la macrotexture à la surface du revêtement, soit transversalement à travers le revêtement;
- *la sensibilité aux conditions hivernales:* mesure dans laquelle, dans des conditions hivernales identiques, le verglas va se former sur le revêtement;
- *la résistance à l'action des produits chimiques:* le carburant qui fuit peut dissoudre le liant du mélange bitumineux et certains produits peuvent attaquer les granulats (par exemple de l'acide sur du calcaire ou un matériau contenant du calcaire). Plus le produit chimique peut s'introduire aisément dans le revêtement, plus les dégradations seront importantes. Tout cela dépend de la rugosité, des vides, de la pente, etc.);
- *l'absorption acoustique et la réduction du bruit:* propriété d'un enrobé à diminuer le niveau sonore produit lors du contact entre le pneu et le revêtement;
- *l'imperméabilité:* capacité d'empêcher l'eau de pénétrer dans les couches sous-jacentes;
- *la maniabilité:* capacité d'un mélange bitumineux à être transporté et posé. Un mélange bitumineux doit pouvoir être mis en œuvre avec une répandeuse dans un délai normal et dans des conditions météorologiques normales;
- *la compactabilité:* capacité d'une couche d'enrobé à être compactée (dans un délai normal, dans des conditions météorologiques normales et avec un matériel normal), de manière à atteindre les caractéristiques souhaitées (par exemple les teneurs en vides).

Le tableau 7.1 donne un aperçu de ces exigences fonctionnelles.

Caractéristiques performantielles du mélange ou de la couche
<i>Exigences fonctionnelles générales</i> Rigidité Résistance à la fatigue Résistance à la fissuration thermique et à la fissuration à basse température Résistance à l'orniérage Résistance au plumage Rugosité Imperméabilité Cohésion*
<i>Autres exigences fonctionnelles particulières</i> Résistance aux charges ponctuelles Résistance aux fissures de réflexion Résistance à la déformation due à des forces de cisaillement Drainabilité Sensibilité aux conditions hivernales Résistance aux dégradations dues aux produits chimiques Absorption/réduction acoustique
<i>Exigences lors de la pose et de la production</i> Maniabilité* Compactabilité*

* La cohésion, la maniabilité et la compactabilité sont considérées comme des propriétés primaires du mélange qui doivent être étudiées avant les autres facteurs. La maniabilité et la compactabilité ne seront plus abordées dans le présent code de bonne pratique car elles ne sont pas des performances de couches posées.

Tableau 7.1 Aperçu des différentes exigences performantielles

En ce qui concerne les caractéristiques performantielles du tableau 7.1, il convient encore de dire que:

- toutes les propriétés fonctionnelles sont en principe influencées par le vieillissement à long terme (temps, température, eau, UV, oxygène);
- en ce qui concerne les exigences fonctionnelles, une distinction est faite entre les exigences générales et les exigences plus particulières. Il faut toujours tenir compte des exigences générales, dans une plus ou moins grande mesure. Les exigences particulières n'ont d'importance que dans des conditions spécifiques;
- des manquements à ces caractéristiques performantielles fonctionnelles peuvent mener à des dégradations. Un aperçu approfondi des dégradations est donné au § 5.2;
- pour chacune de ces caractéristiques, il existe des méthodes d'essai permettant d'évaluer les performances d'un enrobé. Ces méthodes sont décrites dans l'annexe 6 du présent code de bonne pratique.

7.2 Influence des caractéristiques performantielles sur le confort, la sécurité, la durabilité et l'environnement

Certaines caractéristiques performantielles (résistance à l'orniérage, rugosité, drainabilité, sensibilité aux conditions hivernales, absorption acoustique et réduction du bruit) sont importantes pour le confort et la sécurité des usagers de la route. D'autres (rugosité et résistance à la fatigue, à l'orniérage, au plumage et à l'action des produits chimiques) garantissent la durabilité de la route. Certaines caractéristiques (sensibilité aux conditions hivernales, via l'utilisation de sels de déverglaçage, absorption acoustique et réduction du bruit) ont également un effet sur l'environnement.

Le tableau 7.2 donne un aperçu des différentes influences des caractéristiques performantielles sur le confort, la sécurité, la durabilité et l'environnement. Le tableau ne décrit que les influences directes et donc pas les influences à long terme. Des dégradations initiales (p.ex. de petits affaissements dus à une portance insuffisante) peuvent évoluer en des dégradations graves (p. ex. du faïençage et des trous), avec des conséquences graves pour le confort, la sécurité et/ou la durabilité.

Le confort et la sécurité ne se mesurent pas de manière exacte et sont hautement subjectives. L'évaluation de l'usager de la route peut varier avec son état de santé, son expérience, son âge, etc.

(CE TABLEAU NE PEUT SE LIRE QU'HORIZONTALEMENT)

Caractéristiques performantielles du mélange ou de la couche	Confort	Sécurité	Durabilité	Environnement
<i>Exigences fonctionnelles générales</i>				
Rigidité	++	++	++++	-
Résistance à la fatigue	-	-	++	-
Résistance à la fissuration thermique et à la fissuration à basse température	-	-	++	-
Résistance à l'orniérage	+++	++++	++++	-
Résistance au plumage	++	++	++++	-
Imperméabilité	-	-	++++	++
Cohésion	++	++	++	-
<i>Autres exigences fonctionnelles particulières</i>				
Résistance aux charges ponctuelles	-	-	++	-
Résistance aux fissures de réflexion	-	-	++	-
Résistance à la déformation due à des forces de cisaillement	++	+++	++	-
Drainabilité	++++	+++	+	-
Sensibilité aux conditions hivernales	-	++++	-	++++
Résistance aux dégradations dues aux produits chimiques	-	-	++++	-
Absorption/réduction sonore	++++	-	-	++++

- pas d'influence,
- + faible influence,
- ++ influence modérée,
- +++ influence modérée à importante,
- ++++ très grande influence.

Tableau 7.2 Influences directes des caractéristiques performantielles sur le confort, la sécurité, la durabilité et l'environnement

7.3 Importance des exigences performantielles en fonction des conditions externes et de la composition de l'enrobé

Il est quasiment impossible de classer les exigences performantielles en fonction de leur importance, car elles dépendent de différents facteurs:

- les conditions climatiques;
- le trafic: intensité et type;
- la position dans la structure routière: couche de roulement, couche de liaison, etc.;
- le type d'enrobé;
- le type d'application;
- les conditions liées à l'état de la route et à son environnement;
- les considérations économiques;
- les considérations écologiques, comme le recyclage et l'entretien;
- les décisions de gestion.

La plupart de ces facteurs sont abordés en détails au chapitre 8. Dans ce qui suit figurent quelques exemples.

7.3.1 Conditions climatiques

Les conditions climatiques influencent fortement l'importance de certaines exigences caractéristiques. Ainsi, dans une région aux températures majoritairement basses, la résistance à la fissuration thermique sera importante, tandis que dans le cas de températures principalement élevées, c'est la résistance à l'orniérage qui sera importante.

Dans les régions constamment chaudes, la résistance aux conditions hivernales ne joue aucun rôle, contrairement aux régions froides.

Plus de détails à ce sujet au § 8.2.

7.3.2 Trafic: intensité et type

Aussi bien l'intensité que le type de trafic influencent fortement l'importance de plusieurs exigences performantielles. Pour le trafic lourd, par exemple, cela vaut pour la résistance à la fatigue, à l'orniérage et aux effets des forces horizontales.

L'intensité et le type de trafic dépendent à leur tour de facteurs externes tels que l'utilisation d'une route comme route temporaire de déviation, l'introduction d'une limitation de poids ou de vitesse, etc.

Plus de détails à ce sujet au § 8.1.

7.3.3 Position de la couche dans la structure routière

Pour une couche de liaison, certaines exigences performantielles comme la résistance aux forces de cisaillement, la sensibilité aux conditions hivernales, la résistance au plumage et l'absorption acoustique n'ont aucune importance, mais elles en ont une pour une couche de roulement.

Lors de la pose d'un revêtement, il se peut que le trafic doive rouler quelque temps sur une couche de liaison. Pendant cette période, les exigences performantielles précitées sont dès lors importantes.

Plus de détails à ce sujet aux § 2.2.1.1 et § 2.2.2.1.

7.3.4 Type de mélange bitumineux

Les exigences performantielles peuvent avoir plus ou moins d'importance en fonction du type d'enrobé. Le problème de l'orniérage ne se présente par exemple pas dans le cas d'un ED, tandis qu'il est pour d'autres types une des exigences performantielles les plus importantes, spécialement dans le cas des routes fortement chargées. Dans le cas d'un SMA et d'un RMD bien composés et bien mis en œuvre, on peut également s'attendre à peu ou pas d'orniérage.

En cas de gel, l'ED devient plus rapidement glissant, ce qui fait que la sécurité diminue, certainement lorsque le verglas est local et n'a pas été annoncé. L'ED est également plus sensible au plumage.

Nous reviendrons sur ce sujet en détail au § 7.4.

7.3.5 Domaine d'application

La visibilité sur un revêtement humide et/ou mouillé et sa drainabilité sont très importantes pour la sécurité sur les autoroutes: l'eau gicle et éclabousse aux vitesses élevées et est très gênante à ces vitesses. Pour les vitesses auxquelles on roule dans les lotissements, cette exigence performantielle n'a quasiment aucune importance.

Les autres facteurs mentionnés (par exemple climat, trafic, position dans la structure, type d'enrobé) peuvent légèrement nuancer l'importance de ces caractéristiques performantielles.

La rugosité et la résistance à l'orniérage, qui sont très importantes sur les autoroutes, sont également peu importantes sur les routes de lotissements.

Plus de détails à ce sujet au § 8.6.

Le tableau 7.3 donne l'importance d'une caractéristique performantielle pour plusieurs applications.

(CE TABLEAU NE PEUT SE LIRE QU'HORIZONTALEMENT)

Caractéristiques performantielles		Exigences fonctionnelles générales												Exigences fonctionnelles particulières																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		Autoroute				Voie urbaine				Voie rurale				Voie industrielle				Voie de tram				Piste cyclable				Voie piétonne				Carrefour				Virage dangereux				trafic lourd				trafic léger				Parking sur toiture				Aire de stockage				piste				taxiway				stationnement avions				Terrain de sport				Pont																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Autres exigences fonctionnelles particulières	Résistance aux charges ponctuelles	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

(1) voir sous le type de route qui s'y rapporte.

(2) seulement fissuration dans la partie inférieure de la couche.

Tableau 7.3 Quelques exemples de l'importance des caractéristiques performantielles (pour le confort, la sécurité, la durabilité et l'environnement) en fonction de l'application

- pas important,
+ peu important,
++ assez important,
+++ très important,
++++ extrêmement important.

7.3.6 Conditions en lien avec l'état de la route et son environnement

Lors du remplacement de la couche de roulement, on accordera peu d'importance à la résistance aux fissures de réflexion si la portance du sol est suffisante et si la couche de liaison est encore en bon état. Si la couche de liaison est endommagée, cette exigence performantielle devient alors par contre importante. Dans le cas de recouvrement de dalles en béton, la résistance aux fissures de réflexion joue un grand rôle; lors du recouvrement, après fraisage, d'une couche de liaison non fissurée, aucun.

La résistance aux forces horizontales est moins importantes dans les tracés où l'on roule principalement tout droit et à vitesse constante. La pose d'un ralentisseur ou la suppression d'une priorité à un carrefour augmente l'importance de cette exigence performantielle.

Plus de détails à ce sujet aux § 8.5.1 et § 8.5.3.

7.3.7 Considérations économiques

Si la limitation des moyens financiers fait que l'importance de certaines exigences performantielles est négligée, des problèmes peuvent se présenter par la suite. Ainsi, la portance sera par exemple mise en péril si on limite l'épaisseur d'un recouvrement. Des fissures de fatigue, des fissures de réflexion ou de l'orniérage structurel peuvent se produire.

L'évolution du trafic est également déterminée par des facteurs économiques. Cela vaut entre autres pour l'augmentation du trafic lourd ou pour l'évolution de la répartition du trafic lourd entre la route, le chemin de fer et l'eau. La résistance à l'orniérage et d'autres exigences fonctionnelles dépendent de ces développements.

Pour d'autres considérations économiques, référez-vous au § 8.8.

7.3.8 Considérations écologiques

Dans un climat où il gèle moins souvent à la surface de la route, on consacre moins d'attention à la sensibilité aux conditions hivernales. Dans le cas d'une plus grande sensibilité aux conditions hivernales, on répandra plus de sels de déverglaçage, ce qui aura un effet néfaste sur les cours d'eau et sur la faune et la flore des alentours de la route. L'importance qui sera accordée dans le futur à la valeur écologique détermine donc l'importance de cette exigence performantielle.

Pour d'autres considérations écologiques, référez-vous au § 8.4.

7.3.9 Décisions de gestion

Les décisions de politique peuvent influencer l'importance de certaines caractéristiques performantielles ou faire qu'une caractéristique particulière reçoive plus d'attention. Ainsi, les autorités peuvent mettre l'accent sur les conditions hivernales, ce qui fait que certains types d'enrobés ne sont plus utilisés.

Les décideurs peuvent faire en sorte de dévier le trafic intense et partiellement lourd d'un village vers les routes extérieures. L'importance des exigences performantielles qui avaient un rapport avec la situation initiale du trafic diminuera par conséquent de manière considérable.

Décider de diminuer la vitesse maximale autorisée sur une route fortement chargée fera au contraire augmenter l'importance de la résistance à l'orniérage.

7.3.10 Résumé des conditions qui augmentent le plus souvent l'importance des caractéristiques performantielles

Bien qu'une classification sur base de l'importance soit irréalisable, il est possible d'indiquer quelles conditions augmentent l'importance d'une exigence fonctionnelle et/ou quelles conditions rendent une exigence fonctionnelle indispensable. Plus particulièrement, un inventaire a été dressé des conditions qui mènent à:

- une augmentation de l'importance d'une exigence fonctionnelle générale (tableau 7.4);
- la nécessité d'exigences spécifiques particulières (tableau 7.5).

Il convient de garder à l'esprit que, en ce qui concerne le tableau 7.5, une combinaison de conditions est nécessaire pour justifier une exigence spécifique. Pour exiger par exemple une résistance aux contraintes de cisaillement, il doit s'agir d'une couche de roulement qui subit d'importantes forces horizontales.

Caractéristiques performantielles fonctionnelles générales des enrobés	Conditions qui augmentent l'importance de la propriété	
	Position et type de couche bitumineuse	Autres
Rigidité	Toutes les couches (priorité: couches de liaison)	Trafic lent et lourd
Résistance à la fatigue	Toutes les couches	Routes fortement chargées
Résistance à la fissuration thermique et à la fissuration à basse température	Couche de roulement + couche de liaison supérieure (dans les cas de couches de roulement minces)	Température basses / importantes variations de température
Résistance à l'orniérage	Toutes les couches (priorité à la couche de roulement et à la couche de liaison supérieure*, sauf pour l'ED/RMTO et le RUMG)	Routes fortement chargées, températures élevées, trafic lent
Résistance au plumage	Couche de roulement	Routes fortement chargées, efforts tangentiels, forces de cisaillement
Rugosité	Couche de roulement	Zones (potentielles) d'efforts tangentiels (freinage, etc.) importants, pistes d'aéroports, circuits de course
Imperméabilité	Toutes les couches sauf ED/RMTO	Pluie
Cohésion (propriété globale)		Routes fortement chargées

* ou couche de liaison utilisée longtemps comme couche de roulement

Tableau 7.4 Conditions qui augmentent l'importance d'une caractéristique fonctionnelle

Caractéristiques performantielles fonctionnelles particulières des enrobés	Conditions qui mènent à des exigences spécifiques	
	Position et nature de la couche bitumineuse	En combinaison avec
Résistance aux charges ponctuelles	Couche de roulement et couche de liaison supérieure	Charges lourdes
Résistance aux fissures de réflexion	Toutes les couches au-dessus des joints et des couches fissurées	Couches de liaison fissurées ou couches de liaison avec joints
Résistance à la déformation due à des forces de cisaillement	Couche de roulement	Contraintes de cisaillement
Drainabilité	Couche de roulement	Beaucoup de pluie
Sensibilité aux conditions hivernales	Couche de roulement	Gel et précipitations
Résistance aux dégradations dues à des produits chimiques	Couche de roulement	Endroits avec trafic à l'arrêt
Réduction/absorption sonore	Couche de roulement	Trafic dense et rapide, zones d'habitation

Tableau 7.5 Conditions qui mènent à des exigences spécifiques

7.4 Importance ou sensibilité de chaque caractéristique performantielle en fonction du type de mélange

L'importance d'une exigence performantielle particulière dépend de la composition de l'enrobé et de la position de la couche dans la structure routière. Cela est expliqué ci-après pour les principales couches bitumineuses et résumé sous forme d'un tableau. On parle:

- de sensibilité: la manière dont un type d'enrobé donné est sensible à un certain type de dégradations de par sa composition ou de par l'épaisseur usuelle de la couche dans laquelle il se situe;
- d'importance: la manière dont une caractéristique donnée est importante (et mérite donc l'attention nécessaire) pour la réussite de l'application d'un type de mélange donné.

Ces termes ne peuvent être considérés que de manière comparative (entre différentes compositions bitumineuses).

Lorsqu'une caractéristique donnée d'un type de mélange donné n'est pas «sensible», cela signifie que ce mélange conviendra mieux qu'un mélange «sensible» aux applications pour lesquelles cette caractéristique a plus de valeur. Ainsi, par exemple, un mélange peu sensible à la déformation due aux efforts tangentiels convient mieux à une application dans des virages où se produisent des efforts tangentiels qu'un mélange qui y est fort sensible.

La mention «pas d'application» (na) figure dans plusieurs tableaux. Cela signifie que la caractéristique ne concerne pas l'application dans laquelle l'enrobé est employé, par exemple vu la position de la couche dans laquelle il se situe.

Les termes suivants sont utilisés dans les tableaux 7.6 à 7.16:

- BB Roul = béton bitumineux pour couche de roulement,
- BB Li-sup = béton bitumineux pour couche de liaison supérieure,
- BB Li-inf = béton bitumineux pour les autres couches de liaison.

On consultera également le tableau 10.1 qui présente une synthèse, mais avec d'autres nuances, de l'importance de chaque caractéristique fonctionnelle par rapport aux divers types d'enrobés.

7.4.1 Exigences fonctionnelles générales

7.4.1.1 Rigidité

La rigidité est importante pour le dimensionnement structurel; l'effet de la rigidité est d'autant plus important que l'épaisseur de la couche augmente. La rigidité est plus importante pour les couches de liaison qui, par leur épaisseur, doivent assurer la portance globale de la chaussée.

Les RUMG, les enduits et les RBCF sont des couches ultra minces (5 à 15 mm) qui ne participent en aucune façon à la portance de la structure. La rigidité n'est pas une exigence pertinente pour ces produits.

7.4.1.2 Résistance (à la fissuration due) à la fatigue

Les fissures de fatigue qui apparaissent à la face inférieure du revêtement bitumineux en raison de contraintes en flexion répétées se produisent donc principalement dans les couches de liaison.

Les fissures de fatigue peuvent également survenir dans les couches de roulement, suite à des contraintes de cisaillement ou de traction de flexion générées au bord des roues. Les enrobés ayant une faible teneur en liant et beaucoup de vides, comme les ED et les RMTO, sont plus sensibles à ce type de fissuration.

7.4.1.3 Résistance à la fissuration thermique et à la fissuration à basse température

Le tableau 7.6 donne la sensibilité à la fissuration thermique et à basse température de divers types d'enrobés.

Les fissures permettent la pénétration d'eau dans le revêtement et sont à la base de divers désordres.

Bien que la résistance à la fissuration thermique soit de plus grande importance pour les couches de roulement que pour les couches de liaison, il ne faut pas négliger de vérifier cette caractéristique pour les couches situées immédiatement sous la couche de roulement, surtout si celle-ci est mince.

BB Roul	BB Li-sup	BB Li-inf	SMA	RMD	ED RMTO	RUMG	Enduit	RBCF ⁽¹⁾
Y	B	B	Y	O	R	Y	G ⁽¹⁾	B

G : pas sensible,

B : peu sensible,

Y : sensible,

O : plus sensible,

R : très sensible.

⁽¹⁾ sauf l'enduit à haute performance, qui est très sensible.

Tableau 7.6 Sensibilité à la fissuration thermique et à basse température

7.4.1.4 Résistance à l'orniérage

Le tableau 7.7 indique la sensibilité à l'orniérage des différents enrobés.

La résistance à l'orniérage est de plus grande importance pour la couche de roulement et la couche de liaison supérieure que pour les couches inférieures, la pression exercée par les pneumatiques diminuant avec la profondeur.

Certains revêtements ultra-minces (enduit et RUMG) ne sont pas sensibles à l'orniérage, du fait de leur structure monogranulaire. C'est également le cas pour les enrobés drainants et le RMTO, en raison du contact direct entre les granulats qui rend la couche autostable.

Un risque de postcompactage existe avec le SMA, bien qu'il s'agisse aussi d'un enrobé à squelette pierreux.

BB Roul	BB Li-sup	BB Li-inf	SMA	RMD	ED RMTO	RUMG	Enduit	RBCF
O	R	Y	B	B	G	G	na	⁽¹⁾

G : pas sensible,

B : peu sensible,

Y : sensible,

O : plus sensible,

R : très sensible,

na : pas d'application.

⁽¹⁾ très sensible en cas de couches plus épaisses, par exemple lors du comblement d'ornières

Tableau 7.7 Sensibilité à l'orniérage

7.4.1.5 Résistance au plumage

Le tableau 7.8 indique la sensibilité au plumage des divers types d'enrobés (et assimilés).

La résistance au plumage est sans objet pour les couches de liaison.

Le plumage se présente essentiellement dans les enduits, les enrobés drainants et RMTO et dans une moindre mesure le RMD, où il peut conduire à la destruction progressive de la couche de surface. Le choix de matériaux adéquats, en particulier le liant, et le soin apporté à la mise en œuvre, permettent de réduire ce phénomène.

Les RUMG et les SMA peuvent être exposés à ce problème par leur texture ouverte en surface, malgré la teneur en liant élevée.

Les bétons bitumineux (BB-1, BB-4) sont peu sensibles au plumage.

BB Roul	BB Li-sup	BB Li-inf	SMA	RMD	ED RMTO	RUMG	Enduit	RBCF
B	na	na	Y	O	R	Y	R	Y

B : peu sensible,
Y : sensible,
O : plus sensible,
R : très sensible,
na : pas d'application.

Tableau 7.8 Sensibilité au plumage

7.4.1.6 Rugosité

Le tableau 7.9 donne la rugosité des différents types de couches bitumineuses.

Cette caractéristique est sans objet pour les couches de liaison.

La rugosité est faible pour les enrobés à squelette sableux, contrairement aux enrobés à squelette pierreux et les enduits, du fait de la forte macrotexture de ceux-ci (pour autant que la microtexture des pierres soit satisfaisante). La rugosité peut être améliorée par un traitement de surface.

BB Roul	BB Li-sup	BB Li-inf	SMA	RMD	ED RMTO	RUMG	Enduit	RBCF
O B (1)	na	na	B	B	B	B	B	O B (2)

O : modérée,
B : grande,
na : pas d'application.
(1) en fonction du traitement (ou non) de la surface,
(2) dépend du calibre.

Tableau 7.9 Rugosité

7.4.1.7 Imperméabilité

Cette caractéristique est toujours importante, également pour la durabilité des revêtements. Elle est même primordiale sur les ponts, les parkings sur toitures, les caniveaux et les bassins.

7.4.1.8 Cohésion

Le tableau 7.10 indique l'importance de la cohésion pour les différents types d'enrobés bitumineux.

La cohésion du mélange est importante dans toutes les couches et pour tous les types d'enrobés, mais plus particulièrement dans les enrobés drainants vu que leur structure ouverte les rend plus sensibles aux sollicitations tangentielles et au plumage.

Elle est sans objet pour les enduits où priment avant tout la cohésion du liant et l'adhésivité liant-granulats.

BB Roul	BB Li-sup	BB Li-inf	SMA	RMD	ED RMTO	RUMG	Enduit	RBCF
+	+	+	+	+	++	+	na	+

+ : important,
 ++ : très important,
 na : pas d'application.

Tableau 7.10 Importance de la cohésion

7.4.2 Caractéristiques fonctionnelles particulières

7.4.2.1 Résistance aux charges ponctuelles

La résistance aux charges ponctuelles concerne principalement les couches de roulement. Il est à noter que les charges ponctuelles peuvent parfois dégrader les revêtements ultra-minces notamment si les couches sous-jacentes sur lesquelles ils sont posés ne sont pas suffisamment résistantes.

7.4.2.2 Résistance à la fissuration réfléctive

Le tableau 7.11 donne la sensibilité aux fissures de réflexion en fonction du type d'enrobé.

Les revêtements ultra-minces, du fait de leur faible épaisseur, ainsi que les enrobés drainants, RMTO et RMD, en raison de leur structure discontinue, présentent une résistance moins bonne à la fissuration réfléctive que les enrobés à squelette sableux ou les SMA.

L'emploi d'un bitume élastomère et/ou d'une couche anti-fissure sont ici d'un intérêt évident.

BB Roul	BB Li-sup	BB Li-inf	SMA	RMD	ED RMTO	RUMG	Enduit	RBCF
Y	Y	Y	Y	O	R	R	R	R

Y : sensible,
 O : plus sensible,
 R : très sensible.

Tableau 7.11 Sensibilité aux fissures de réflexion

7.4.2.3 Résistance à la déformation due aux forces de cisaillement

Le tableau 7.12 indique la sensibilité à la déformation (suite à l'action de forces de cisaillement) des divers types d'enrobés (et assimilés).

Cette caractéristique concerne principalement les couches de roulement et éventuellement la couche de liaison en dessous de celle-ci.

Les revêtements ultra-minces en raison de leur faible épaisseur, les ED et RMTO à cause de leur structure discontinue et ouverte, résistent généralement bien aux déformations par cisaillement.

Les enrobés à squelette sableux et dans une moindre mesure les RMD et les SMA, ainsi que les enduits et RBCF sont sensibles aux déformations par cisaillement.

Dans le cas de couches de roulement qui sont exposées à des forces de cisaillement, le danger de pelade est grand lorsque l'adhérence à la couche inférieure est médiocre ou défectueuse.

BB Roul	BB Li-sup	BB Li-inf	SMA	RMD	ED RMTO	RUMG	Enduit	RBCF
O	Y	na	Y	Y	B	B	Y	Y

B : peu sensible,
Y : sensible,
O : plus sensible,
na : pas d'application.

Tableau 7.12 Sensibilité à la déformation due à des forces de cisaillement

7.4.2.4 Drainabilité

La drainabilité des différents types d'enrobés (et assimilés) est présentée dans le tableau 7.13.

La drainabilité dans la masse n'est d'application que pour les enrobés drainants et dans une moindre mesure pour les RMTO, pour lesquels elle constitue la caractéristique essentielle. La drainabilité en surface est d'application pour les SMA, RUMG, RMD et les enduits.

BB Roul	BB Li-sup	BB Li-inf	SMA	RMD	ED RMTO	RUMG	Enduit	RBCF
R	na	na	Y	B	G	B	B	B R (1)

G : très drainant, également dans la masse,
B : drainant à la surface,
Y : peu drainant à la surface,
R : pas ou peu drainant,
na : pas d'application.
(1) dépend du calibre.

Tableau 7.13 Drainabilité

7.4.2.5 Sensibilité aux conditions hivernales

Le tableau 7.14 donne la sensibilité des différents types d'enrobés (et assimilés) aux conditions hivernales.

Cette caractéristique n'est pas d'application pour les couches de liaison.

Les enrobés drainants et dans une moindre mesure les RMTO sont, du fait de leur structure ouverte, plus sensibles à la formation de givre que les autres revêtements.

BB Roul	BB Li-sup	BB Li-inf	SMA	RMD	ED RMTO	RUMG	Enduit	RBCF
Y	na	na	Y	Y	R	Y	Y	Y

Y : sensible,
R : très sensible,
na : pas d'application.

Tableau 7.14 Sensibilité aux conditions hivernales

7.4.2.6 Résistance aux produits chimiques

Le tableau 7.15 donne la sensibilité aux produits chimiques des divers types d'enrobés (et assimilés).

Les SMA, les RUMG et les enduits, en raison de leur forte macrotexture, les drainants, les RMTO et dans une moindre mesure les RMD, du fait de leur structure ouverte, sont assez sensible voire très sensibles à une pénétration en profondeur des produits chimiques. Cette caractéristique est par contre généralement sans objet pour les couches de liaison.

BB Roul	BB Li-sup	BB Li-inf	SMA	RMD	ED RMTO	RUMG	Enduit	RBCF
Y	na	na	O	R	R	O	O	Y

Y : sensible,
O : plus sensible,
R : très sensible,
na : pas d'application.

Tableau 7.15 Sensibilité aux produits chimiques

7.4.2.7 Absorption acoustique et réduction de bruit

Le tableau 7.16 donne l'absorption acoustique et la réduction de bruit des différents types d'enrobés (et assimilés). On consultera utilement les §§ 8.4.1 et 9.3.2 pour clarifier ce qui suit.

Pour le BB, qui a une fine macrotexture, c'est le pompage de l'air («air pumping») qui est la principale cause de bruit. Un effet dièdre se produit également, du fait que la surface lisse réfléchit le bruit à presque 100 %. Lorsque le béton bitumineux présente une mégatexture élevée, il est très bruyant; en bon état, il est dans la moyenne en ce qui concerne le niveau de bruit.

Le SMA et les autres revêtements non poreux qui possèdent une forte macrotexture offrent l'avantage d'empêcher totalement ou presque le pompage d'air, du fait que l'air peut s'échapper horizontalement via les échancrures entre les pierres avant d'être compressé. L'idéal est un calibre de 4 à 6 mm, mais d'un point de vue acoustique il est certainement souhaitable de choisir un calibre inférieur à 10 mm.

Dans le cas des ED et des RMTO, l'air peut s'échapper verticalement via les pores reliés entre eux dans la couche, ce qui évite le pompage d'air sur ce type de revêtement. Les ED et RMTO absorbent également en principe le son. En comparaison avec un enrobé fermé, l'ED monocouche diminue généralement la production sonore de 3dB(A) en moyenne. L'ED bicouche offre même une réduction moyenne de 5 dB, ce qui équivaut à une diminution d'un tiers de l'intensité du trafic.

BB Roul	BB Li-sup	BB Li-inf	SMA	RMD	ED RMTO	RUMG	Enduit	RBCF
Y (1)	na	na	B (1)	B (1)	G (1)	Y R (1)	Y R (1)	Y (1)

G : absorbe fortement le bruit,
B : absorbe le bruit,
Y : normal,
R : plus bruyant,
na : pas d'application.
(1) dépend du calibre: voir également le texte.

Tableau 7.16 Absorption acoustique et réduction du bruit

Chapitre 8

Autres facteurs qui influencent la conception et le choix des revêtements bitumineux

La connaissance des performances des divers types d'enrobés bitumineux, certes essentielle, ne suffit cependant pas pour arrêter le choix des revêtements à utiliser. Celui-ci est en effet fonction de très nombreux autres facteurs, tels le trafic, le climat, la sécurité et le confort, l'environnement, le revêtement existant, le domaine d'application, la période et le délai d'exécution et, last but not least, les coûts. La plupart de ces facteurs ont du reste également une incidence sur les exigences performantielles relatives aux divers revêtements. Tous ces aspects, qui ont déjà été abordés au § 7.3, font l'objet d'une présentation détaillée dans le présent chapitre.

Le nombre élevé de paramètres à prendre en compte pour le choix du revêtement peut nécessiter l'emploi d'une méthode d'aide multicritère à la décision. L'aide multicritère à la décision peut être définie comme étant un procédé mathématique permettant à un décideur de classer différentes alternatives selon plusieurs critères ou facteurs, afin de l'aider dans le choix de la solution la plus adéquate dans un contexte donné.

On peut en décrire les diverses étapes comme suit:

- on attribue à chaque alternative une valeur pour les divers critères envisagés. Ces valeurs résultent de mesures objectives ou d'estimations;
- on attribue à chaque critère un poids. Celui-ci est estimé par le décideur en fonction du contexte donné;
- on effectue, par alternative, la somme pondérée des cotes normalisées obtenues pour chaque critère, affectées du poids du critère.

L'alternative qui obtient le score le plus élevé convient le mieux pour le projet considéré.

Un exemple d'application est repris à l'annexe 8.

On trouvera d'avantage d'informations aux références 40 et 72.

8.1 Trafic

Le trafic a une grande influence sur la conception d'un revêtement routier.

Les paramètres qui suivent jouent un rôle:

- intensité du trafic;
- charge du trafic;
- augmentation du trafic;
- répartition transversale;
- vitesse;
- charges statiques;
- efforts tangentiels exercés par le trafic.

Il est nécessaire de connaître ces paramètres pour le dimensionnement du revêtement et pour la détermination des couches bitumineuses (nombre, type et épaisseur).

Les caractéristiques du trafic influencent fortement certaines performances des revêtements bitumineux. Ainsi, le trafic lourd est principalement responsable de l'orniérage, de la fatigue et des effets causés par des forces horizontales.

Les lignes qui suivent décrivent les principes généraux qui régissent les différents paramètres. Lors de leur application, il faudra toutefois tenir compte de conditions spéciales comme l'utilisation d'une route lors d'une déviation provisoire, l'introduction d'une limitation de poids ou de vitesse, etc.

8.1.1 Intensité du trafic

L'intensité du trafic est déterminée par le nombre de véhicules par catégorie (voitures, bus, poids lourds) et par unité de temps.

En partant de cette caractéristique et de la vitesse de base de la route il est possible, en tenant compte de l'augmentation du trafic (voir § 8.1.3) au cours de la durée de vie escomptée, de déterminer la capacité de la route à concevoir. En fonction de cette capacité, il est alors possible de déterminer le nombre de bandes de circulation (dimensionnement horizontal: voir § 6.1).

Des données à ce sujet (régulièrement mises à jour) peuvent être trouvées à la réf. 42; ces données concernent principalement les routes importantes. A défaut de données disponibles, il faudra se contenter d'estimations (voir par exemple la réf. 43) ou d'extrapolations au départ de quelques comptages représentatifs.

8.1.2 Charge du trafic

La charge du trafic est caractérisée par les paramètres suivants:

- composition du trafic (pourcentage de poids lourds et de bus);
- spectre des charges d'essieux. Ce spectre comprend les différentes fréquences auxquelles les différentes charges d'essieux (en tonnes) se présentent. Etant donné que les dégradations sont presque exclusivement causées par des poids lourds, il convient de ne tenir compte que du trafic lourd au niveau du projet;
- le nombre d'essieux par poids lourds et la répartition entre les véhicules à pneus normaux et à pneus larges (il s'agit de pneus extra-larges en remplacement des roues jumelées). Les poids lourds à pneus larges exercent une charge plus élevée, du fait que la charge doit être répartie sur une plus petite surface de contact avec le revêtement.

La charge du trafic semble souvent, au niveau du projet, être une donnée difficile à saisir. Une surestimation est toujours meilleure qu'une petite sous-estimation. Une surestimation constitue une réserve, qui permet d'augmenter la durée de vie de la route. Les données à ce sujet se trouvent aux réf. 4, 43 et 44. La charge du trafic introduite au niveau du projet doit intégrer l'augmentation du trafic tout au long de la durée de vie escomptée (voir § 8.1.3).

La charge du trafic influence le choix des couches, et est déterminante pour l'épaisseur totale du revêtement (dimensionnement vertical: voir § 6.2).

8.1.3 Augmentation du trafic

Lors de l'établissement du projet, il faut tenir compte de la croissance annuelle du trafic. Cette augmentation est une donnée importante pour déterminer les valeurs réelles de l'intensité du trafic (§ 8.1.1) et de la charge du trafic (§ 8.1.2). Le tableau 8.1 donne les valeurs de consigne qui sont utilisées dans notre pays pour l'augmentation annuelle du trafic (réf. 43).

Catégorie de route	Augmentation annuelle du trafic
Routes principales	3 %
Routes primaires	3 %
Routes secondaires	1 %
Routes locales	1 %

Tableau 8.1 Augmentation annuelle du trafic

8.1.4 Répartition transversale

Les paramètres qui influencent la répartition transversale de la charge du trafic sont:

- le nombre de bandes de circulation: plus il y a de bandes, plus la charge est faible sur chaque bande, du fait de sa répartition sur les différentes bandes;
- la largeur de la bande de circulation: plus la différence entre la largeur du véhicule et la largeur de la bande est grande, plus la répartition de la charge du trafic sur la bande sera grande, du fait de la dispersion du trafic.

Vous retrouverez des exemples présentant la manière d'en tenir compte aux réf. 43 et 46.

8.1.5 Vitesse

La vitesse du trafic influence la charge exercée sur le revêtement. Ainsi, par exemple:

- le risque d'orniérage est plus grand lorsque la vitesse diminue;
- des discontinuités, comme des plateaux, causent des charges dynamiques d'autant plus importantes que la vitesse est plus élevée.

Vu que la rugosité d'une couche dépend de la vitesse du trafic, cette vitesse peut être déterminante pour le choix du revêtement. Plus d'informations à ce sujet au § 8.3.

8.1.6 Charges statiques

Les charges statiques, comme exercées par exemple par des conteneurs, peuvent causer une déformation permanente du revêtement. Il convient donc d'en tenir compte lors du projet en répartissant par exemple les charges (précautions spéciales) ou en prévoyant un revêtement spécial, capable de supporter des charges de ce type.

Des exemples de choix de revêtements pour ce type d'endroits sont donnés aux §§ 8.6.5. et 8.6.6.

8.1.7 Efforts tangentiels exercés par le trafic

Les efforts tangentiels se produisent surtout dans les carrefours, les ronds-points, les bretelles d'accès et de sortie et les virages serrés lorsque l'on peut y attendre un important trafic lourd. Des dégradations sont également possibles sur les parkings de supermarchés, où du plumage peut se produire du fait que les voitures manœuvrent toujours aux mêmes endroits.

Des exemples de choix de revêtements pour ce type d'endroits sont donnés aux §§ 8.5.1.4 et 8.6.5.

8.1.8 Comment prendre en compte les caractéristiques du trafic décrites ci-avant?

Pour illustrer la manière dont le concepteur peut prendre en compte les paramètres décrits ci-avant (§§ 8.1.1 à 8.1.7), nous renvoyons aux réf. 43 et 44.

8.1.8.1 Premier exemple

Des structures types sont décrites dans la réf. 43. Pour le calcul de ces structures (voir chapitre 6), on se base sur la méthode de conception qui est décrite dans les points précédents. Les principes suivants sont employés.

- le spectre du trafic est transposé en un nombre équivalent d'essieux standard de 100 kN;
- on travaille avec des classes, appelées «bouwklassen». Le nombre d'essieux standard de 100 kN attendu pendant la durée de vie préétablie détermine la bouwklasse. Ceci est présenté dans le tableau 8.2

N _{100 kN}	Bouwklasse
< 128 x 10 ⁶	B1
< 64 x 10 ⁶	B2
< 32 x 10 ⁶	B3
< 16 x 10 ⁶	B4
< 8 x 10 ⁶	B5
< 4 x 10 ⁶	B6
< 2 x 10 ⁶	B7
< 1 x 10 ⁶	B8
< 0,5 x 10 ⁶	B9
< 0,25 x 10 ⁶	B10
-	BF

Tableau 8.2
Bouwklassen de l'INFRA

Les autoroutes sont généralement de la bouwklasse B1 ou B2. Les routes communales se situent habituellement dans les catégories B6 à B9. Le catégorie BF est celle des pistes cyclables, qui ne sont pour ainsi dire jamais soumises à un trafic routier.

8.1.8.2 Deuxième exemple

Le logiciel de dimensionnement de la réf. 44 permet à l'utilisateur d'obtenir plusieurs variantes de structures, pour la durée de vie escomptée, différant par leurs épaisseurs et matériaux constitutifs. Cette méthode a l'avantage d'être très flexible.

8.2 Climat

Le comportement des voiries, et en particulier celui des revêtements bitumineux, est très sensible aux facteurs climatiques (et aux éléments naturels qui les accompagnent) tels que la température, l'eau, le gel et ses conséquences (agents de déverglaçage), l'air et les rayons UV. Nous n'envisageons ci-dessous que le comportement en service de ces revêtements. L'influence des conditions climatiques sur la pose des revêtements est abordée au § 8.7.1.

Des informations concernant les données climatiques en Belgique peuvent être obtenues à la réf. 120 (Bulletins mensuels de l'IRM – Observations climatologiques).

8.2.1 Température

8.2.1.1 Influence de la température sur le comportement du revêtement

La température influence d'une manière significative, par le biais du module, la rigidité des diverses couches d'enrobés bitumineux. A titre d'exemple (réf. 4), à 60 km/h, la rigidité d'un BB-1 à 0 °C est environ 25 fois plus élevée que sa rigidité à 40 °C. La connaissance de la variation des températures est donc strictement nécessaire au dimensionnement d'une structure à revêtement bitumineux.

Les températures élevées sont souvent source de dégradations pour un revêtement bitumineux. Il est en effet bien connu que l'augmentation de température favorise l'orniérage et le poinçonnement. Une augmentation de température a le même effet qu'une diminution de la vitesse de sollicitation de l'enrobé. Les effets sur le comportement du revêtement sont d'autant plus sévères que ces deux actions (température et vitesse) se combinent.

Outre qu'elles provoquent le gel, les températures froides et la vitesse élevée de la variation de ces températures sont de leur côté susceptibles de provoquer la fissuration (thermique) des revêtements.

8.2.1.2 Les valeurs des températures

Les températures d'un revêtement varient d'un point à l'autre de la structure en fonction du temps (heure et jour) et des conditions climatiques (ensoleillement, pluie, vent, etc.). Les variations et les extrêmes de température sont évidemment plus élevés à la surface d'un revêtement qu'à sa base.

Des modèles mathématiques comme ceux des réf. 48 et 49 permettent de calculer la température d'un point quelconque d'une structure routière en fonction de la température de surface d'un revêtement qui elle-même peut-être estimée au départ de la température de l'air et du rayonnement solaire notamment. La figure 8.1 montre la bonne correspondance entre les mesures effectuées et les résultats de la méthode prévisionnelle. L'application de modèles de calcul de ce type sert à fixer les valeurs de températures prises en compte dans les modèles de dimensionnement des revêtements (réf. 4 et 51). Ces modèles peuvent également servir de base au calcul des températures dans des cas particuliers, tels des régions climatiques pour lesquelles il n'existe pas d'autres données disponibles, ou encore dans le cas spécifique de revêtements de ponts ou de parkings sur toitures.

Les données relatives aux températures des revêtements de la moyenne Belgique ont été collectées grâce aux mesures effectuées à Uccle par le CRR pendant la période 1973-1979 et ont été publiées à la réf. 48. A titre d'exemple, signalons que durant la période de mesure, les extrêmes de températures mesurées à la surface des revêtements étaient de - 8 °C et de + 55°C.

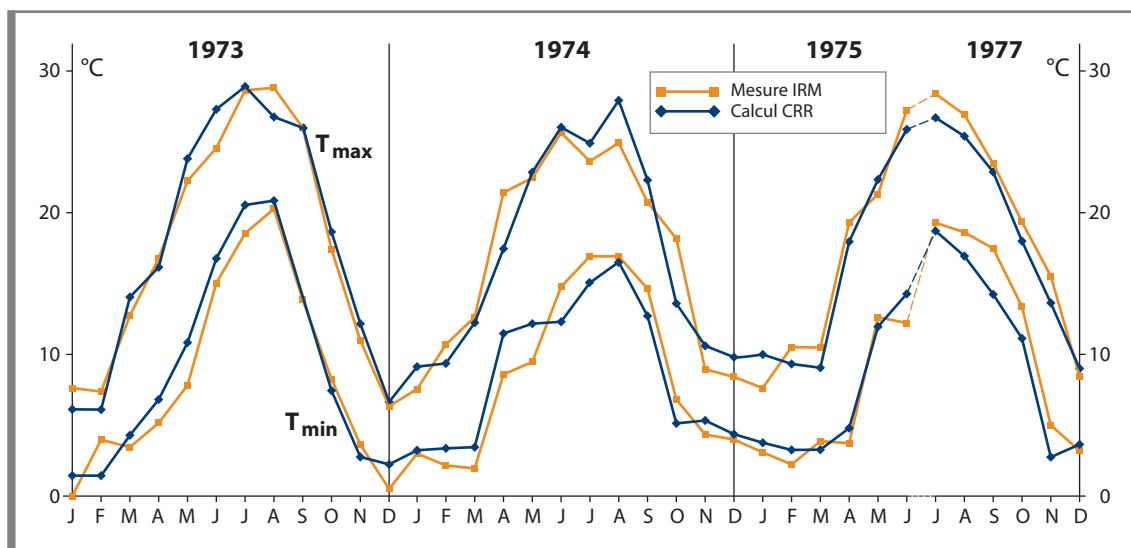


Figure 8.1 Concordance entre les températures mensuelles extrêmes calculées et les températures mesurées (à une profondeur de 38 cm)

Il est à noter que les températures susmentionnées sont relatives aux routes normalement ensoleillées situées en moyenne Belgique. Ces données doivent être adaptées pour d'autres zones climatiques (la côte, les Ardennes, etc.) et en fonction de diverses situations particulières telles que routes ombragées, routes en tunnel (absence complète d'ensoleillement), rampes ou dévers exposés au sud, revêtements de ponts (notamment à platelage mince – en particulier métallique) ne bénéficiant pas de l'inertie thermique d'une chaussée ordinaire, parkings sur toiture (surtout s'ils sont isolés thermiquement), etc.

8.2.1.3 Influence sur le choix du revêtement

Les températures influencent de manière prépondérante les caractéristiques et donc le comportement des revêtements bitumineux. Ainsi dans une région où règnent souvent des températures froides, on choisira de préférence des mélanges présentant une résistance élevée à la fissuration thermique; à l'inverse le critère de résistance à l'orniérage sera plus important dans le cas des régions où le risque de températures élevées est important.

Ce choix peut être effectué au départ du tableau 10.1 qui indique le comportement de la plupart des revêtements vis à vis des critères performantiels envisagés au § 7.1.

8.2.2 Eau

8.2.2.1 Influence sur le comportement de la chaussée et du revêtement

Il faut à tout prix éviter que l'eau de ruissellement ne parvienne au niveau du sol d'assiette, car ceci peut provoquer la déstabilisation complète de la structure. Il est donc indispensable que le revêtement joue un rôle imperméabilisant.

C'est généralement la couche de roulement qui sert d'élément imperméabilisant à la structure. Dans le cas des enrobés drainants, RUMG et RMD, ce sont les couches de liaison ou une couche d'accrochage épaisse qui jouent ce rôle.



Figure 8.2 Stagnation d'eau

Dans le cas des ponts et des parkings sur toiture, une couche d'étanchéité empêchera toute pénétration d'eau, chargée éventuellement de sels de déneigement, au niveau de la dalle de platelage. Cette eau pourrait en effet provoquer la désintégration du béton ou la corrosion des armatures et des câbles de précontrainte.

Par ailleurs, l'eau stagnant dans un enrobé, ou pénétrant dans celui-ci (fissures) s'insinue lentement entre liant et granulat (microfissures du liant) et provoque petit à petit le désenrobage des granulats. Ceci ouvre la porte à la désagrégation de l'enrobé et à la formation de nids de poules. Ce processus est d'autant plus rapide que l'enrobé est vieux.

L'eau ruisselant ou stagnant à la surface du revêtement rend celui-ci glissant. Le film d'eau qui se forme entre le pneu et le revêtement peut en effet, en fonction de son épaisseur et de la vitesse de l'usager, provoquer de l'aquaplanage et des projections d'eau, ce qui est bien sûr néfaste pour la sécurité des usagers.

8.2.2.2 Influence sur le choix du revêtement

Les performances de la plupart des revêtements vis-à-vis de la drainabilité et de l'imperméabilité sont indiquées au tableau 10.1. On y ajoutera les commentaires suivants.

Les revêtements à forte macrotexture (enduits, RUMG, RMD, RMTO, drainant, et dans une moindre mesure SMA) contribuent à diminuer l'épaisseur du film d'eau à la surface du revêtement, favorisant ainsi la sécurité. Cet effet est encore plus important dans le cas des enrobés drainants et, dans une moindre mesure des RMTO, grâce au réservoir que ces enrobés forment de part leur structure ouverte.

En vue d'éviter les stagnations d'eau dans les enrobés drainants, on veillera à prévoir une évacuation latérale efficace des eaux et on évitera le colmatage des enrobés ainsi que les trop fortes épaisseurs responsables de pièges à eau éventuels. Ceci est indispensable à la durabilité de ce type de revêtement. Si ces conditions ne peuvent être réalisées et maintenues (p. ex. voiries urbaines, ou agricoles), il vaut mieux renoncer à ce type de revêtement.

Quelques revêtements tel le RMD, qui ne sont ni drainants, ni imperméables, sont des pièges à eau et présentent de ce fait le risque d'une durabilité plus faible que celle d'enrobés imperméables (BB ou SMA).

Les variations de la pluviométrie de la Belgique sont telles que ce paramètre n'est pas discriminant pour le choix d'un revêtement: il pleut en effet aussi bien à Ostende qu'à Arlon, même si les quantités ne sont pas identiques.

8.2.3 Gel (et sels de déverglaçage)

Au niveau du sol d'assiette, ce n'est pas tellement le gel qu'il faut craindre, mais bien le dégel. En effet, au moment du dégel, les sols gélifs, gorgés d'eau, provoquent la déstabilisation des structures insuffisamment dimensionnées.

L'épaisseur minimale de la structure qui y correspond se calcule au départ de l'indice de gel qui, par définition, est égal au nombre de degrés-jours entre les points supérieur et inférieur de la courbe cumulée des degrés-jours pour une saison de gel. Les valeurs des indices de gel décennaux en Belgique peuvent se trouver aux réf. 4 et 43.



Figure 8.3 Traitement hivernal sur une route enneigée

Au niveau des enrobés, le gel aggrave la situation des enrobés dans lesquels l'eau se trouve piégée, dans la mesure où, par le gonflement de cette eau, le gel décohesionne le mortier du mélange asphaltique engendrant ainsi des microfissures.

L'effet des sels de déneigement est double: d'une part, des microfissures peuvent naître du choc thermique provoqué lors de la fusion de la neige ou de la glace; d'autre part, les saumures accélèrent le processus de rupture de l'adhésivité entre le liant et les granulats.

Les conditions climatiques relatives au gel peuvent influencer le choix de certains revêtements dans une région, notamment en ce qui concerne les enrobés drainants.

8.2.4 Oxygène de l'air et rayons UV

Tant l'oxygène de l'air que les rayons UV favorisent le vieillissement du liant, provoquant à terme sa fragilisation.

Ce processus est normalement limité à la surface du revêtement dans le cas des enrobés fermés. Il n'en va pas de même pour les enrobés drainants et autres enrobés semi-fermés ou semi-ouverts où le processus de vieillissement affecte toute l'épaisseur de la couche, ce qui contribue à la diminution de la durée de vie de ce type d'enrobés.

8.3 Sécurité et confort

Les aspects liés à la sécurité et au confort des usagers de la route restent généralement limités à la couche de roulement. Naturellement, les couches de liaison et leur comportement influencent l'état et le comportement des couches de roulement. Pour ces dernières, les aspects décrits ci-après revêtent une importance.

8.3.1 (Macro)texture

La macrotexture (voir annexe 1) d'une surface routière n'influence pas seulement la rugosité, mais également le niveau sonore du trafic. La macrotexture du BB est la plupart du temps positive, a fortiori si la surface a été grenillée. Celle de l'ED est généralement négative. La macrotexture des SMA, RMD et RUMG est pareille à celle de l'ED, mais dans une moindre mesure. De plus amples explications sur la texture et sur son influence sur la rugosité sont données au § 9.3.2.1

8.3.2 Rugosité

Les usagers de la route attendent du revêtement une rugosité maximale. Le choix de la couche de roulement est dès lors déterminé par la vitesse prévue du trafic et par les caractéristiques spécifiques de la couche.

Les mélanges à squelette pierreux à forte macrotexture (calibre ≥ 10 mm), comme l'ED, le SMA-B ou C, le RMD-C, le RUMG-C, etc. et la plupart des enduits ont une bonne rugosité aux vitesses élevées.

Les mélanges à squelette pierreux de calibre moins élevé (calibre < 10 mm, macrotexture fine) comme les SMA-D, RMD-D, RUMG-D, la plupart des RBCF et des mélanges à squelette sableux du type BB-1, 4, 5 ou 8, ont généralement une rugosité qui dépend plus de la vitesse. Ces couches de roulement sont dès lors moins recommandées dans les zones où l'on roule vite ou dans les zones qui requièrent une rugosité élevée par exemple pour pouvoir freiner.

Indépendamment du type de mélange, les granulats utilisés (grès, graviers concassés, etc.) ont une influence non négligeable sur la rugosité, via la microtexture (mesurée par le biais d'un essai de polissage et exprimée par le CPA).

8.3.3 Drainabilité

L'évacuation des eaux a une grande importance pour limiter autant que possible le film d'eau sur le revêtement et pour prévenir au maximum les projections d'eau et l'aquaplanage. Ces situations gênent fortement le trafic et s'aggravent à mesure que la vitesse augmente. Dans le cas de l'ED, l'évacuation des eaux a lieu latéralement dans la couche, ce qui diminue le risque de se retrouver dans les situations susmentionnées. Dans le cas des enduits, du RUMG, du RMD et du SMA (dans une moindre mesure, voir tableau 10.1), la texture fait en sorte que le film d'eau reste plus mince et se rompt plus facilement. C'est avec la plupart des couches de roulement en BB que la gêne est la plus importante.



a/ Revêtement non drainant



b/ Revêtement drainant

Figure 8.4 Projection d'eau

8.3.4 Bruit

Cet aspect est abordé au § 8.4.1.

8.3.5 Planéité

Bien que la planéité du revêtement joue un rôle important dans le confort de l'utilisateur de la route et des riverains, le choix d'une couche de roulement bitumineuse n'a que peu d'influence sur cette caractéristique. La planéité dépend en effet principalement de l'exécution, de la géométrie et de la structure de l'ensemble de la construction.

8.3.6 Comportement hivernal



Figure 8.5 Différence de comportement hivernal entre le BB (à l'avant) et l'ED (à l'arrière)

Les enrobés drainants ont un comportement hivernal différent de la plupart des autres enrobés. Ils nécessitent notamment une adaptation des traitements à l'aide des sels de déverglaçage (taux d'épandage, type de sels, nombre d'interventions). Pour rendre cette adaptation possible et efficace, il y a donc lieu d'éviter d'isoler de petits tronçons d'enrobés drainants parmi d'autres enrobés. Cette hétérogénéité des revêtements est néfaste pour la sécurité des usagers.

8.4 Environnement

L'auteur de projet peut, par le biais du type d'enrobé qu'il choisit, avoir une influence sur plusieurs éléments de l'environnement, comme:

- la production sonore;
- l'emploi de matériaux sûrs pour l'homme et pour l'environnement;
- la couleur et l'esthétique;
- les déchets;
- la pollution liée à la viabilité hivernale.

Ces éléments sont décrits dans les lignes qui suivent.

8.4.1 Production sonore

L'aspect acoustique est un critère de plus en plus important lors du choix d'un revêtement lors de la conception ou de l'entretien de la route. Le bruit engendré par les véhicules et ressenti aux alentours d'une route est déterminé par différents facteurs, dont:

- la distance par rapport à la route;
- les conditions météorologiques (direction du vent, précipitations);
- les caractéristiques des véhicules (poids, échappement, moteur, pneus, etc.);
- les caractéristiques de roulage (accélération, vitesse constante, régime, etc.);
- les caractéristiques du revêtement (voir ci-après) et de la route (inclinée, sinueuse, etc.).

Le bruit d'un véhicule est émis par plusieurs sources, dont l'importance relative est déterminée par les facteurs précités:

- le *bruit du moteur* est pour les voitures dominant à des vitesses allant jusqu'à environ 40 km/h. Pour les véhicules plus lourds, cela va jusqu'à 60-80 km/h;
- les *bruits de roulement* sont pour les voitures dominants à des vitesses supérieures à 40 km/h. Les bruits de roulement sont principalement déterminés par les pneus du véhicule (profil et largeur des pneus) et par le revêtement.

Les bruits de roulement augmentent à mesure que la vitesse du véhicule augmente et sont dus à différents mécanismes, dont les principaux sont:

- le *pompage de l'air* qui se produit surtout sur des revêtements très lisses (fermés – comme le BB). Lorsque le pneu roule sur le revêtement, l'air est comprimé dans le relief du pneu et s'échappe ensuite de manière bruyante. Il est possible d'éviter cette compression en dotant le revêtement d'une macrotexture relativement fine (dimension horizontale typique des inégalités: 5 mm) ou en prévoyant une couche de roulement poreuse. Des exemples de ces deux dispositions sont respectivement le SMA-D et l'ED;
- les *vibrations des pneus*. Celles-ci sont causées par les inégalités du revêtement qui tambourinent sur le pneu pendant la conduite et qui le font vibrer. Le pneu produit alors un son à la manière d'une peau de tambour. Ce sont surtout les inégalités de dimensions horizontales comprises entre 50 et 500 mm (mégastructure) qui provoquent les vibrations. Le choix du revêtement n'a pas d'influence sur la mégastructure;
- l'*effet dièdre ou de mégaphone*. Il ne s'agit pas d'une source sonore en soi, mais d'un mécanisme qui renforce le bruit de roulement. Le son peut être réfléchi plusieurs fois dans le dièdre situé entre le pneu et le revêtement routier, ce qui a pour effet de l'amplifier, tout comme dans la partie conique d'un mégaphone. Un revêtement routier absorbant permet d'atténuer ce problème. Attention: l'absorption du son dépend généralement de la fréquence. Le revêtement doit donc être capable d'absorber la partie du spectre qui contient également le bruit de roulement, sinon aucun effet notable d'absorption ne se produit. C'est typiquement le cas de l'ED.

En résumé on peut dire que le revêtement idéal d'un point de vue acoustique présente les trois caractéristiques suivantes:

- une *macrotexture suffisante* (profondeur de texture moyenne d'au moins 0,5 mm: voir annexe 5, § 7). Celle-ci s'obtient avec une structure homogène, non-périodique de granulats de calibre maximal 10 mm (de préférence plus petit, par exemple 6 mm: typique du SMA-D) ou avec une structure ouverte (poreuse) de la couche de roulement. Une structure ouverte de l'enrobé est obtenue lorsqu'il contient 20 à 25 % de vides reliés entre eux (typique de l'ED);
- *PAS de mégastructure!* Dans le cas du béton bitumineux, la mégastructure se manifeste assez souvent en raison des deux causes suivantes:
 - l'*usure*: des trous et des fissures dans la couche de roulement, une surface irrégulière due à l'érosion, des bosses en raison de réparations peu soignées, etc. produisent des inégalités ayant des dimensions de mégastructure;
 - une *répartition hétérogène de granulats, principalement les gros granulats, à la surface* (surtout dans le cas d'un enrobé cylindré à chaud). Une alternance de groupes de granulats et de parties lisses forme des structures de dimensions typiques dans le domaine de la mégastructure;
- une *bonne absorption sonore du revêtement* (pour des bruits situés entre 500 et 1000 Hz). Les propriétés d'absorption acoustique procurent une diminution du bruit du moteur des voitures aux basses vitesses et de celui des véhicules plus lourds aux basses et moyennes vitesses. Comme il a déjà été stipulé auparavant, le bruit du moteur est dominant dans ces conditions particulières. L'ED a un bon niveau d'absorption acoustique.

La figure 8.6 illustre l'influence des types de revêtements sur le bruit généré par le trafic.

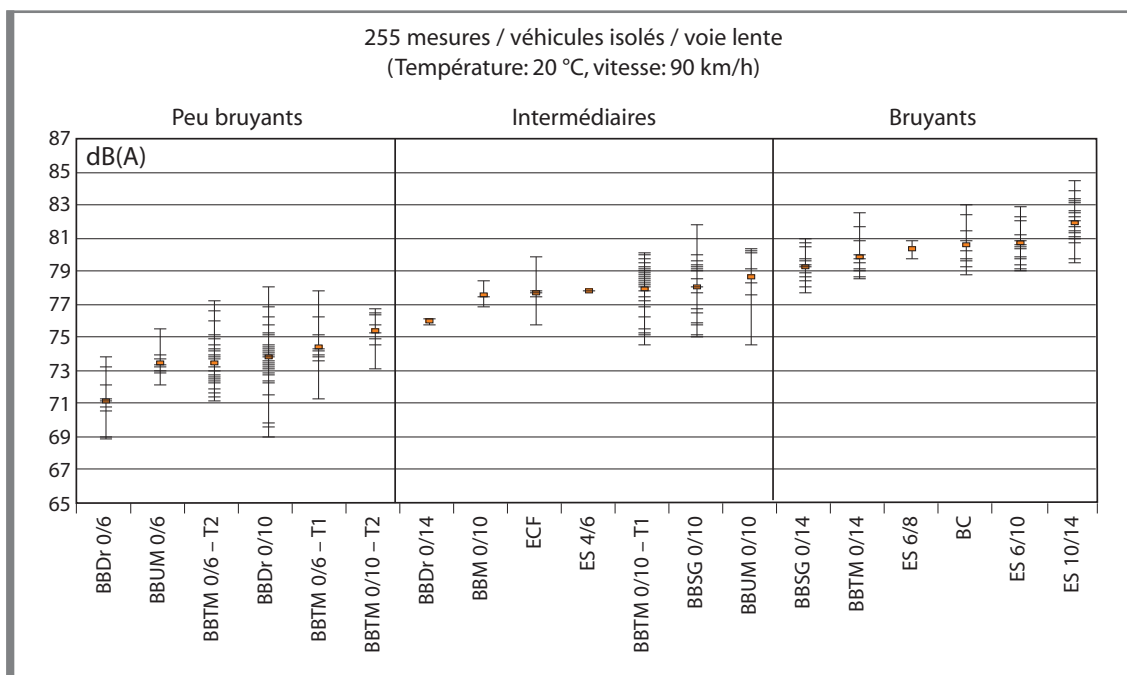


Figure 8.6 Influence des types de revêtements sur le bruit généré par le trafic (voir réf. 45)

8.4.2 Emploi de matériaux sûrs pour l'homme et l'environnement

Les matériaux qui sont utilisés dans le revêtement doivent être sûrs pour l'homme et l'environnement. En ce qui concerne les aspects de l'hygiène et de la sécurité au travail, des questions se posent depuis des années déjà sur l'impact des vapeurs de bitume sur la santé des ouvriers, surtout en ce qui concerne un risque plus élevé de maladies pulmonaires et de cancers des poumons. Les études ont toutefois toujours montré qu'il n'y a aucune augmentation du risque pour les ouvriers, du moins s'ils travaillent avec du bitume normal. La situation est tout autre si l'on travaille avec des liants à base de goudron, qui contiennent des concentrations élevées d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Lorsque le goudron est chauffé, ces HAP s'échappent dans l'air ambiant et intoxiquent les ouvriers par inhalation ou par contact cutané. L'effet cancérigène de certains HAP sur les animaux et sur les hommes est suffisamment démontré. L'emploi de liants recyclés contenant du goudron est uniquement permis dans des applications à froid sous certaines conditions.

En ce qui concerne le respect de l'environnement, les matériaux utilisés ne peuvent contenir, ou être en état de libérer, aucune substance polluante, qui puisse mener à une pollution du sol et/ou de la nappe phréatique. Un enrobé est composé principalement de matériaux inertes comme le sable et les pierres, qui par définition ne réagissent pas avec l'environnement. D'autres matières premières comme le liant ou les matériaux recyclés pourraient éventuellement polluer le sol ou la nappe phréatique par lixiviation.

En matière de matériaux recyclés, une réglementation comprenant des normes concernant la teneur maximale autorisée en (par exemple) métaux lourds et composants organiques (comme à la réf. 53) peut donner la garantie que ces matériaux peuvent être utilisés sans risque pour l'environnement.

En ce qui concerne le bitume, il n'y a pas de risque de lixiviation de produits polluants. Ici aussi, la situation est différente si l'on est en présence d'un liant contenant du goudron, parce que les HAP présents en masse pourraient par lixiviation mener à une pollution du sol et de la nappe phréatique. On en sait encore peu à ce sujet.

Contrairement au goudron, le bitume contient une quantité négligeable de HAP. Cela permet l'utilisation de bitume dans des applications comme l'étanchéité de réservoirs d'eau, des renforcements de digues et de rives, l'enduisage de canalisations d'eau, etc.

En bref, les enrobés choisis ne peuvent pas contenir de matériaux renfermant du goudron (liant ou gdb).

8.4.3 Couleur et esthétique

La volonté de mieux intégrer la route (le revêtement) dans son environnement, d'un point de vue esthétique, peut pousser à choisir un revêtement de couleur spéciale lors de la conception.

Une variation dans les couleurs des différentes parties de la route peut améliorer la «lisibilité» des conditions de circulation et ainsi mener à une situation plus sûre pour certains groupes d'utilisateurs de la route (par exemple les passages pour cyclistes et/ou piétons, les pistes cyclables adjacentes ou les bandes étroites pour vélos le long d'une route à trafic élevé).

Lors de la conception, il faut veiller à ne pas exagérer (emploi de trop nombreuses couleurs différentes) car cela peut générer une confusion auprès des usagers de la route, ce qui a des conséquences néfastes sur la sécurité.

Pratiquement tous les types de revêtements peuvent être colorés. La coloration (rouge, vert, bleu, etc.) est généralement obtenue à l'aide de pigments. Conjointement il est parfois nécessaire, voire indispensable, d'adapter les granulats (cas des enduits) ou le liant (synthétique pigmentable). Ces modifications, ainsi que le choix de la couleur, ont une influence non négligeable sur le prix du revêtement, comme le montre le tableau 8.3.



Figure 8.7 Revêtements colorés

Type	Prix
C1, non coloré	0,8
Rouge:	
- pierres normales et bitume pigmentable	1,7
- pierres normales et liant synthétique pigmentable	2,4
- pierres de couleur et bitume pigmentable	1,8
- pierres de couleur et liant synthétique pigmentable	2,5
Vert avec liant synthétique pigmentable	3,3
Ocre avec liant synthétique pigmentable et pierres beiges	2,5
Blanc avec liant synthétique pigmentable et pierres claires	3,1

Tableau 8.3 Prix de divers RMD-C (par rapport au BB-1B)

Pour plus d'informations au sujet des revêtements colorés, on consultera les références 6 et 55.

8.4.4 Diminution de la quantité de déchets: utilisation de matériaux secondaires et possibilités de recyclage

Le recyclage de déchets (inertes) et leur application sous la forme de matériaux secondaires présente trois avantages écologiques:

- il diminue la quantité de déchets qui nécessitent un traitement final (dans une décharge ou dans un centre d'enfouissement technique);
- il permet d'éviter que des matériaux neufs mais non renouvelables (comme le sable et les pierres) doivent être extraits;
- il permet de diminuer le transport des matières premières.

Le respect de la réglementation en vigueur en la matière garantit que l'utilisation de ces matières secondaires se fait d'une manière sûre pour l'homme et respectueuse de l'environnement. Le recyclage peut aussi bien avoir lieu lors de travaux d'entretien que lors de la fabrication de revêtements bitumineux neufs.

Il faut également prendre en considération les possibilités futures de recyclage.

8.4.4.1 Recyclage lors de travaux d'entretien

Des travaux d'entretien peuvent être nécessaires pour corriger certains défauts du revêtement bitumineux, comme l'orniérage, des affaissements, du plumage, des fissures et des trous. Il est recommandé de réutiliser sur place autant que faire se peut les matériaux existants (débris bitumineux, et éventuellement aussi les matériaux de fondation). Cela peut se faire en utilisant des techniques adaptées: soit la technique de recyclage à froid, soit le recyclage à chaud des granulats de débris bitumineux, et ce selon que l'ancien enrobé est chauffé ou non.

La technique du recyclage à chaud in situ – qui consiste à réaliser un nouveau revêtement par réchauffage (résistances électriques ou brûleurs à gaz) du revêtement existant – présente de nombreuses limitations et n'est par conséquent plus utilisée dans notre pays. Le recyclage à chaud en centrale d'enrobage est discuté au § 8.4.4.2.1.

Dans la technique du recyclage à froid, les granulats de débris bitumineux (qui ne sont pas chauffés) sont utilisés comme granulats dans une nouvelle couche de fondation, via stabilisation avec un liant hydraulique (ciment) ou bitumineux (émulsion de bitume, mousse de bitume). Cette technique n'utilise que peu ou pas les qualités intrinsèques du liant originel de l'enrobé. Dès lors, la technique du recyclage à froid n'est pas aussi noble que celle du recyclage à chaud.

La technique à froid peut être utilisée soit en centrale de malaxage soit in situ à l'aide de machines mobiles qui traitent la route au fur et à mesure de leur avancement.

La couche de fondation obtenue doit naturellement être recouverte d'un nouveau revêtement.

8.4.4.2 Recyclage lors de la production d'un nouvel enrobé

Lors de la production d'un nouvel enrobé pour un revêtement routier, il est possible d'économiser les matières premières en utilisant:

- des granulats de débris bitumineux;
- divers matériaux secondaires.

8.4.4.2.1 Utilisation de granulats de débris bitumineux (gdb)

Le recyclage à chaud de granulats de débris bitumineux (gdb) lors de la production d'un nouvel enrobé se fait actuellement toujours en centrale d'enrobage. Il consiste, au cours du processus de fabrication du nouvel enrobé, à réactiver le liant présent dans les gdb en réchauffant ces derniers. De cette manière, les débris bitumineux provenant du démontage du revêtement à rénover, sont réutilisés comme matière première dans le nouvel enrobé.

Il s'agit d'un recyclage à haute valeur ajoutée, car non seulement la fraction de granulats inertes des débris bitumineux est utilisée, mais le liant (bitume) remplit également à nouveau sa fonction. Vu que le liant a vieilli dans une certaine mesure, le recyclage des débris bitumineux dans un nouvel enrobé n'est pas possible à 100%, et un ajout partiel de granulats et de liant neufs est nécessaire. Toutefois, cette technique permet dans la pratique, pour certains mélanges, de fabriquer des enrobés équivalents en réalisant jusqu'à 40 % (voire même 50 %) d'économie de matières premières.

L'utilisation de gdb contenant des PMB peut poser problème lors de la fabrication des enrobés. Cette problématique et certaines solutions sont discutées au § 5.2.4.5 de la réf. 6.

Le tableau 8.4 présente les prescriptions belges (2006) relatives à l'ajout de gdb.

	Granulats de débris bitumineux homogènes			Granulats de débris bitumineux non homogènes	
	Wallonie	Bruxelles	Flandre	Wallonie et Bruxelles	Flandre
Couches de liaison en béton bitumineux	Max. 50 %			Max. 20 %	
Couches de roulement en béton bitumineux	Max. 25 % uniquement dans le BB-1B pour le réseau III	Pas autorisé	Max. 50 %	Pas autorisé	Max. 20 %
SMA + ED	Pas autorisé			Pas autorisé	

Note: En Wallonie les % s'expriment par rapport à la masse du mélange tandis qu'en Flandre il s'agit de % par rapport au liant.

Tableau 8.4 Proportion autorisée de liant provenant de granulats de débris bitumineux en cas d'ajout à chaud

Les gdb sont généralement utilisés dans les couches de liaison, notamment dans les couches supérieures, dont ils augmentent le module de rigidité, grâce à la (généralement) faible pénétrabilité de leur liant, conséquence de leur vieillissement.

8.4.4.2 Utilisation de divers matériaux secondaires

Il a été démontré que les scories provenant de la sidérurgie pouvaient être utilisées comme granulats dans un enrobé. Les scories sont utilisées de préférence dans les couches de roulement (augmentation de la rugosité). Il convient cependant d'être particulièrement attentif au risque de gonflement de la chaux qu'elles pourraient contenir. Cette problématique spécifique est traitée aux réf. 56 et 57.

L'expérience pratique est plutôt limitée à l'heure actuelle en ce qui concerne des matériaux comme le sable de fonderie, les granulats de débris de béton, les matériaux bitumineux de recouvrement de toits (roofing et shingles), le verre, le caoutchouc, le plastique, etc. comme composant ou additif dans un enrobé.

8.4.4.3 Possibilités futures de recyclage

Lors de l'établissement du projet et du choix des compositions, il faut avoir à l'esprit la possibilité de recyclage de ces matériaux lors de travaux d'entretien ultérieurs. L'emploi de PMB ou de certaines interfaces anti-fissures par exemple, peut poser problème, soit par manque actuel d'expérience, soit que le recyclage nécessite l'emploi de techniques particulières dont le coût peut être élevé.

Signalons entre autres que les enrobés contenant des PMB peuvent coller dans le tambour parallèle.

8.4.5 Traitement hivernal

Pour maintenir le trafic et assurer la sécurité des usagers, nos chaussées subissent durant la période hivernale, en fonction des conditions climatiques, divers traitements spécifiques préventifs et curatifs. Ces traitements consistent en l'épandage de sels ou de saumures contenant d'importantes concentrations en ions chlore. Ces ions entraînés par les eaux de ruissellement sont préjudiciables à notre environnement. Il y a donc intérêt à limiter leur emploi. A cet égard, il faut savoir que l'enrobé drainant nécessite un épandage plus fréquent de sels; il y a donc lieu d'éviter les petits tronçons d'ED qui par l'hétérogénéité des revêtements entraînent une surconsommation en sels.



Figure 8.8 Traitement hivernal

8.5 Caractéristiques de la route existante (ou projetée)

Les caractéristiques de la voirie qui fait l'objet du projet peuvent avoir une grande influence sur la conception du revêtement et sur le choix des matériaux qui le composent. Nous passerons successivement en revue les aspects suivants: la géométrie de la voirie (sa largeur, les pentes, les niveaux à respecter, son tracé), l'accessibilité du chantier ainsi que le type et l'état du support qui doit servir de base à la pose du nouveau revêtement.

8.5.1 Géométrie

8.5.1.1 Largeur

La largeur des routes joue parfois un rôle important, surtout lorsque celle-ci est liée à l'accessibilité limitée de la finisseuse. Un chemin creux ou une route de digue en sont de bons exemples.

Une route de 2 km de long et de 3 m de large sur une digue, où un camion ne peut rejoindre la finisseuse que lorsque le camion précédent a quitté la digue, requiert une exécution totalement différente de celle d'une route de même longueur, mais de 6 m de large.

Dans tous les cas, il est recommandé de réaliser régulièrement (au moins tous les 500 m) une voie de dépassement, provisoire ou non, suffisamment large pour un camion. Il est toutefois impossible d'éviter totalement les arrêts de la finisseuse.



Figure 8.9 Mise en œuvre sur une faible largeur



Figure 8.10 Pente

Choisir correctement le type d'enrobé peut limiter les effets négatifs des arrêts de la machine (p.ex. le BB-8 est moins sensible aux arrêts de la finisseuse que le SMA).

Si nécessaire, l'épaisseur de la couche peut également être adaptée. Ainsi, une couche de roulement de 3 cm nécessite 25 % d'arrêts en moins qu'une couche de 4 cm. En outre, les arrêts pour une couche de 3 cm d'épaisseur sont moins longs du fait que, moyennant une vitesse adaptée du finisseur, la durée de mise en œuvre de la quantité d'enrobé qui reste dans le bac d'approvisionnement durant l'échange des camions, peut être plus longue.

8.5.1.2 Pente

Le choix du type d'enrobé peut également être influencé par la pente de la route. Ainsi, dans le cas d'une pente longitudinale (ou transversale) extrêmement forte (par exemple > 10 %), il convient de choisir des enrobés qui peuvent être compactés avec des rouleaux à pneus (par exemple du BB au lieu de SMA ou de l'ED); les rouleaux lisses peuvent causer des fissures transversales sur des pentes raides.

Une trop faible pente résultante de la chaussée peut également influencer le choix du type de revêtement: ainsi, grâce à leur capacité de drainage interne (diminution du risque d'aquaplanage), les enrobés drainants peuvent être indiqués dans le cas de chaussées associant de fréquents changements de dévers à une faible pente longitudinale. L'intérêt de cette solution est d'autant plus grand que la largeur de la chaussée est importante.

On évitera toutefois de l'appliquer sur des tronçons de trop courte longueur, car l'hétérogénéité du revêtement qui en résulterait pourrait influencer négativement la sécurité des usagers (comportement hivernal notamment: § 8.3.6 et 8.4.5).

8.5.1.3 Niveau

Dans le cas d'entretien il y a généralement intérêt à ne pas modifier (ou modifier le moins possible) le niveau fini du revêtement, car il faut tenir compte des éventuels éléments linéaires existants (caniveaux, bordures), des raccords aux voiries voisines et éventuellement des accès aux garages des riverains. La marge de manœuvre est donc réduite certainement en cas d'overlay, mais aussi dans certains cas d'inlay (par ex. présence d'un ancien pavage à conserver).

Ceci implique souvent le recours à des revêtements très minces, voire ultraminces. Lorsqu'il est en outre nécessaire de faire varier, ne fut ce que localement ces épaisseurs (par ex. correction du profil du support et/ou raccords en sifflet), le choix des revêtements devient alors très limité. Ce sont principalement les BB-4 qui entrent en ligne de compte pour ce type d'utilisation. Lorsqu'en cas d'overlay, il ne faut pas reprofiler, les traitements superficiels (pour autant que l'application se situe dans leur domaine d'utilisation) constituent une alternative intéressante.

8.5.1.4 Tracé et obstacles éventuels

Dans certains cas, le tracé peut aussi jouer un rôle dans le choix du revêtement. Ci-après, quelques exemples relatifs aux carrefours ou ronds-points, aux lotissements, aux épingles à cheveux et aux travaux réalisés sous des arbres.

8.5.1.4.1 Carrefours ou ronds-points

La mise en œuvre d'enrobés dans des carrefours ou des ronds-points présente les caractéristiques suivantes:

- une mise en œuvre ininterrompue, sans arrêt des finisseurs, n'est pas possible (la plupart du temps, la circulation ne peut pas être totalement interrompue);
- le travail manuel est inévitable;
- les joints de reprise ne sont pas exclus.

Pour éviter ces inconvénients, on peut penser à:

- choisir une couche de roulement moins sensible à ces problèmes (par exemple du BB-4), du moins si les charges du trafic le permettent;
- une exécution avec deux types de couche de roulement, telle que les parties pour lesquelles on ne peut pas exclure le travail manuel puissent être réalisées avec un enrobé plus facile à mettre en œuvre (par exemple du BB-4) et que les parties «droites» soient réalisées avec un enrobé convenant mieux au trafic lourd, mais exigeant une mise en œuvre au finisseur (par exemple le SMA).



Figure 8.11 Carrefours et ronds-points

8.5.1.4.2 Lotissements

Les routes de lotissements sont souvent dotées de divers dispositifs comme des taques d'égout, des refuges, des parterres, etc.



Figure 8.12 *Partie inclinée d'un plateau: travail manuel inévitable, utiliser un enrobé approprié*

Ces obstacles sont positionnés si possible en dehors du tracé du revêtement. Si cela n'est pas possible, il est préférable de placer ces obstacles (comme les parterres, les plateaux, etc.) après la pose du revêtement, dans un espace dégagé par sciage. Cela favorise une mise en œuvre maximale au finisseur et garantit donc une meilleure qualité.

Au final, il est difficile d'éviter entièrement les obstacles dans les lotissements. Cela implique donc des arrêts des finisseurs, des joints de reprise et du travail manuel.

Etant donné qu'on ne s'attend pas ici à la présence de trafic lourd, on choisira de préférence un enrobé qui peut être mis en œuvre à la main (par exemple du BB-4).

8.5.1.4.3 Epingles à cheveux

En cas d'épingles à cheveux, il est recommandé d'éviter les mélanges qui sont sensibles aux efforts tangentiels, comme par exemple l'ED. Si le virage est tellement serré qu'il n'est pas possible d'utiliser un finisseur, il faut alors choisir un enrobé qui peut être mis en œuvre à la main (par exemple le BB-4).

8.5.1.4.4 Travaux sous des arbres

Mettre en œuvre un enrobé sous des arbres présente des particularités.

Il va de soi que la hauteur et la largeur des branches influencent l'accessibilité du finisseur. Un élagage préalable peut s'avérer fort utile.

Les arbres influencent souvent fortement le support sur lequel il faut travailler. La surface d'un revêtement ancien à recouvrir sèche difficilement sous les arbres, surtout lors de périodes non estivales. Cela complique en grande partie la pose et le fonctionnement correct de la couche d'accrochage et peut également influencer le timing des travaux (éviter les entre-saisons) ainsi que le choix du revêtement.

Pour autant que le trafic le permette, l'utilisation d'enrobés plus faciles à mettre en œuvre (par exemple le BB-4 ou 8), avec une teneur en liant (éventuellement) plus élevée, donnera une couche bitumineuse plus fermée, qui, sous les arbres, aura une durée de vie plus élevée.



Figure 8.13 *L'accessibilité limitée exige parfois de recourir à une composition adaptée*

8.5.2 Accessibilité du chantier

Une limitation de hauteur (ou de largeur) peut avoir une influence sur le choix des couches bitumineuses.

Si l'approvisionnement de l'enrobé et son déversement dans la finisseuse sont fortement compliqués par une limitation de la hauteur, l'alimentation de la machine sera plus compliquée. Il est donc recommandé de choisir un enrobé qui aura peu d'influence sur la qualité du revêtement à poser malgré les arrêts réguliers à prévoir.

Une accessibilité limitée peut même empêcher totalement une mise en œuvre au finisseur. S'il faut toutefois poser de l'enrobé, la préférence doit alors aller à un mélange qui est plus facile à mettre en œuvre manuellement; par exemple un BB-4. La maniabilité du mélange peut également être

améliorée en utilisant du bitume plus mou (par exemple B 70/100), pour autant que la charge du trafic le permette.

Dans certains cas, l'asphalte coulé peut offrir une solution, surtout aux endroits où il est quasi impossible d'utiliser des compacteurs.

Un accès aisé est important pour la qualité du travail à réaliser et doit donc de préférence être envisagé lors du projet. Sur les terrains de sport, par exemple, un accès sur toute la largeur rend les joints supplémentaires superflus et permet aux camions et surtout à la (aux) finisseuse(s) de devoir moins, voire pas, manœuvrer (et exercer des efforts tangentiels) sur le support. Ainsi, l'empierrement de la fondation n'est pas arraché et le support n'est pas endommagé. La planéité des couches bitumineuses (une caractéristique importante pour les terrains de sport) peut de cette manière mieux être garantie.

8.5.3 Support

La couche sur laquelle est placée le nouveau revêtement ou la nouvelle couche du revêtement s'appelle le support. Chaque couche sert de support à la couche suivante. En fonction du type de projet, il peut donc s'agir de la fondation, d'une surface fraisée (inlay) ou de la surface du revêtement existant (overlay).

Le type et l'état du support sur lequel on va poser le nouveau revêtement sont susceptibles d'influencer le choix et l'épaisseur des nouvelles couches d'enrobés.

En tout état de cause, il est indispensable que ce support soit stable. S'il ne l'est pas, des travaux préparatoires sont nécessaires, par exemple: remplacement local des zones affaissées et fortement faïencées des enrobés, fractionnement ou stabilisation des dalles de béton présentant des battements (mouvements différentiels verticaux au passage des charges) ou encore remplacement des zones instables de pavages par du béton maigre.

Le support doit également présenter une portance suffisante pour permettre le passage des engins lourds (finisseur et compacteurs) indispensables à la mise en œuvre des enrobés, même si pour sa fonction ultérieure une telle portance de la structure n'est pas nécessaire (terrains de sport p. ex.)

Lorsque le support présente des dénivellations importantes, il sera souvent nécessaire de prévoir une couche de reprofilage éventuellement en combinaison avec un rabotage; il sera alors possible de poser la nouvelle couche de roulement en épaisseur constante, ce qui est préférable pour sa durabilité. Une couche de reprofilage est également souvent nécessaire dans le cas d'anciennes dalles de béton qui se sont mises en escalier, notamment lorsqu'on a prévu la pose d'une couche anti-fissures autre qu'un sable-enrobé.

Les couches anti-fissures sont recommandées dans le cas de supports présentant des joints (ancien revêtement en dalles de béton p. ex.) ou de nombreuses fissures ou faïencages de faible ou de moyenne amplitude, sans que le revêtement lui-même ne présente des défauts importants de stabilité ou de cohésion. Le choix de l'anti-fissures conditionnera bien souvent l'épaisseur minimale (et donc le choix) de la couche de roulement. On consultera à ce sujet les recommandations du fournisseur de l'anti-fissures, les exigences des CCT ainsi que la réf. 23. Les revêtements minces et ultra-minces ne sont donc pas recommandés dans ce cas.

Vu leur faible épaisseur, on n'appliquera les traitements superficiels (enduits et RBCF) et les revêtements ultra-minces (RUMG) que sur des supports peu dégradés, notamment des revêtements bitumineux faiblement fissurés ou présentant un plumage léger.



Figure 8.14 Support (dalles en escalier)

Ci-dessous deux exemples de supports nécessitant des choix particuliers:

- Lorsqu'un pavage existant de stabilité satisfaisante doit être recouvert par un revêtement de faible épaisseur, il est recommandé d'opter pour des revêtements à squelette sableux relativement riches en liant (par ex. BB-4) pour autant que ce type de couche soit compatible avec le trafic.
- Les enrobés compactés, quels qu'ils soient, ne conviennent généralement pas pour être intégrés dans des revêtements de toitures-parking (structure porteuse insuffisante). Il faut donc dans ce cas recourir aux asphaltes coulés.

8.6 Domaines d'application

Le type de voirie (ou de structure) dans laquelle est implanté le revêtement influence bien souvent le choix des couches qui le constituent. Le tableau 10.2 présente les divers choix possibles du revêtement en fonction du domaine d'application. Le présent chapitre explique, nuance ou précise les choix (hors techniques spéciales) effectués pour certaines de ces applications à l'exclusion des voiries routières traditionnelles. Ces commentaires sont souvent limités à la couche de roulement; en effet, sauf au cas où c'est précisé autrement, le choix des couches de liaison est classiquement effectué entre les divers BB-3 en fonction des épaisseurs disponibles déterminées de préférence par dimensionnement.



Figure 8.15 Voirie industrielle

8.6.1 Voirie industrielle

Sous ce vocable sont également regroupés les sites propres pour bus et les arrêts de bus. Ces voiries sont soumises à un trafic constitué principalement de fortes charges parfois canalisé (sites propres); la vitesse y est souvent peu élevée, voire faible ou encore nulle (arrêt de bus). Une des caractéristiques principales que doit posséder ce revêtement est sa résistance à l'orniérage et aux déformations par cisaillement. Une rugosité suffisante est également nécessaire (zones de freinage).

Vu les fortes charges, on peut envisager l'utilisation d'EME dans la sous-couche supérieure.

En ce qui concerne les couches de roulement, on optera généralement pour le SMA ou le BB1 (éventuellement modifié), voire l'enrobé percolé, dans le cas des voiries industrielles proprement dites. Les enrobés percolés conviennent tout particulièrement pour la couche de roulement des voies et arrêts de bus.

8.6.2 Voies de tram

Sont envisagées ici, les voies de tram intégrées dans une voirie (carrefour inclus) et livrant passage à un trafic lourd ; les sites propres mixtes tram-bus appartiennent au même type de voirie.

Actuellement dans la plupart des cas, le rail est soit fixé à des traverses noyées dans un béton coulé en place, soit fixé dans un socle en béton préfabriqué (ou dans un support en béton coulé en place). Dans les deux cas, l'espace situé entre ce béton et le niveau supérieur du rail, ou une partie de cet espace, doit être comblé par le revêtement (bitumineux ou autre). La particularité de ce revêtement réside dans l'exiguïté de l'espace (parfois moins d'un mètre de largeur) à l'intérieur duquel le revêtement doit être réalisé.

Compte tenu de cette situation, on préconise l'emploi d'asphalte coulé (deux couches de 25 à 30 mm) pour la réalisation de la couche de roulement. Des enrobés compactés peuvent éventuellement être sélectionnés à condition qu'ils puissent être correctement mis en œuvre et correctement compactés (engins de largeur

adaptée). Pour éviter certains déboires, on optera toutefois pour des mélanges suffisamment maniables (BB-4 notamment). Lorsque la voirie subit également un trafic lourd, il faudra adapter les compositions des enrobés et des asphaltes coulés pour qu'ils résistent à l'orniérage.

8.6.3 Pistes cyclables

Dans le cas de pistes cyclables intégrées à une voirie (croisement d'une piste cyclable indépendante et d'une voirie inclus), le revêtement de la piste cyclable est généralement identique à celui de la voirie adjacente.

Nous traiterons ci-dessous uniquement des pistes cyclables indépendantes (hors croisement avec d'autres voiries). Dans ce cas on cherchera un compromis entre confort (faible macrotexture) et sécurité (rugosité suffisante). Il faudra également tenir compte des contingences liées à la pose du revêtement, généralement de faible largeur. Parmi les solutions bitumineuses, on choisira plutôt le BB-4D ou le BB-8 si l'on veut favoriser le confort; la préférence ira vers le BB1 si l'on veut privilégier la macrotexture. Parmi les techniques d'entretien, les RBCF offrent d'intéressantes possibilités; par contre, à l'exception des monocouches 2/4 (voire 4/6), les enduits sont à déconseiller vu leur trop forte macrotexture (augmente les risques en cas de chute) et le plumage. Si pour l'une ou l'autre raison, une mise en œuvre mécanisée de la couche de roulement ne peut être assurée, l'asphalte coulé (posé manuellement en deux couches) peut constituer une alternative intéressante. Davantage d'informations concernant les revêtements des pistes cyclables peuvent être obtenues aux références 50 et 60.

8.6.4 Trottoirs et voies piétonnes

Toutes les voies piétonnes ainsi que les parties des trottoirs accessibles aux véhicules doivent être conçues de manière à résister au trafic qui les emprunte, trafic léger ou lourd selon le cas. Ceci implique une structure correctement dimensionnée, et un choix adéquat du revêtement.

Le critère principal du choix de la couche de roulement est le confort du piéton. Complémentairement l'esthétique intervient également dans ce choix. Parmi les matériaux bitumineux, le choix se portera préférentiellement sur les revêtements de faible macrotexture (BB-4D et BB-8 par ex.) lorsque ceux-ci peuvent être posés à la machine. Dans le cas contraire, on s'orientera plutôt vers les asphaltes coulés (deux couches), particulièrement adaptés, du fait de leur pose manuelle, à des formes géométriques compliquées. Ces matériaux peuvent le cas échéant être colorés dans la masse de manière à satisfaire à certains agencements esthétiques.



Figure 8.16 Voie de tram



Figure 8.17 Piste cyclable



Figure 8.18 Voie piétonne



Figure 8.19 *Parking*

revêtements à macrotexture plus importante (SMA par ex.) peuvent également être utilisés pour autant qu'ils présentent une cohésion suffisante (ce que l'on peut espérer des mélanges à faible teneur en vides). La géométrie du parking peut être un facteur de choix entre SMA (peu adapté aux surfaces de géométrie compliquée) et BB.

Dans le cadre des entretiens par traitement superficiel, seuls les RBCF, voire les enduits scellés par un RBCF peuvent être envisagés; les enduits résistent en effet insuffisamment aux actions tangentielles. Toutefois, dans certains cas particuliers (parking de longue durée, aire de stockage de produits pétroliers, etc.), l'utilisation d'un enduit antikérosène, présentant des propriétés durables de résistance aux produits pétroliers, aux micro-organismes et aux ultra-violets, peut s'avérer indispensable.

Les parkings pour trafic léger sont en outre souvent utilisés par les piétons. Leur confort sera augmenté par l'utilisation de couches de roulement de faible macrotexture; le BB-4 semble donc particulièrement indiqué dans ce cas de figure.

Dans le cas des parkings pour trafic lourd, on choisira de préférence des couches de roulement résistant mieux au poinçonnement et à l'orniérage (SMA p. ex., ou encore des BB-1 ou 4 modifiés par adjonction de Gilsonite). En cas de très fortes charges, l'enrobé percolé peut constituer une alternative intéressante.

8.6.5 Parkings

Les parkings se caractérisent par un trafic à vitesse généralement lente (voirie entre emplacements de stationnement), par la présence de nombreuses zones de manœuvres engendrant d'importants efforts de cisaillement (accélération, freinage, braquage) et par des zones de stationnement (charges statiques). Le revêtement devra donc présenter une résistance satisfaisante au plumage provoqué par les efforts tangentiels du trafic et une résistance adaptée au poinçonnement et à l'orniérage.

La couche de roulement aura donc de préférence une faible rugosité (BB p. ex.), offrant ainsi moins de prise à l'arrachement des granulats lors des manœuvres. Des

8.6.6 Aires de stockage et de manutention

Nous ne considérons ici que les aires de stockage et de manutention proprement dites, les voiries attenantes étant considérées comme voiries industrielles. Les sollicitations principales des aires de stockage et de manutention sont chimiques et/ou mécaniques (poinçonnement).

Dans le cas d'aires de stockage (charges lourdes ponctuelles), le choix des revêtements s'effectuera d'une manière similaire à celui des parkings pour poids lourds (cf. § 8.6.5). Signalons également que l'emploi de RBCF et d'enduits scellés par un RBCF n'est pas recommandé vu leur faible résistance au poinçonnement.

Chaque zone de manutention de produits chimiques est un cas particulier dont le revêtement devra être choisi en fonction des agents agressifs auxquels il sera soumis. A titre d'exemple:

- la plupart des engrais agissent sur un revêtement (aussi bien bitumineux qu'en béton) contenant du calcaire ou des produits dérivés du calcaire. Il est donc obligatoire d'utiliser de l'enrobé antiacide (sans aucun élément à base de calcaire);



Figure 8.20 *Aires de stockage*

- si des produits pétroliers peuvent atteindre le revêtement (par exemple dans les stations-service ou certains endroits de stockage), il convient de prendre des précautions particulières (liant spécial avec en outre un scellement de la surface à renouveler régulièrement).

Dans ces zones, on préconise l'emploi de BB fermés et d'asphaltes coulés (sous réserve de résistance suffisante aux charges).

8.6.7 Aéroports

Nous nous intéressons dans ce qui suit aux aéroports destinés à un trafic important. Dans ces cas, compte tenu du niveau de sollicitations, l'emploi de bitumes modifiés est recommandé. Des solutions alternatives peuvent en effet être envisagées pour les aéroports à faible trafic.

On distingue :

- Les pistes: les couches de roulement doivent posséder une très forte rugosité ainsi qu'une forte résistance aux efforts tangentiels ; par contre, vu la dispersion des charges et leur très grande vitesse, la résistance à l'orniérage n'est pas essentielle. Les revêtements appropriés sont dès lors les BB-1, voire des SMA, surmontés d'un ESHP (de formulation adaptée). Les autres revêtements à squelette pierreux (sauf certaines compositions spéciales d'enrobés drainants) et les autres traitements superficiels ne conviennent pas, vu le risque de FOD (Foreign Object Damage) lié à un éventuel plumage.
- Les taxiways: Les «high-speed taxiways» sont assimilés aux pistes. Pour les autres taxiways, le trafic est généralement lent et souvent canalisé. Suivant le type de trafic (nombre de charges lourdes) le risque d'orniérage peut devenir important: on en tiendra compte tant au niveau du choix des couches de liaison (EME p. ex.) que des couches de roulement; le cas échéant, les compositions des enrobés choisis seront modifiées pour augmenter la résistance à l'orniérage. Toutefois on évitera l'emploi d'enrobés sensibles au plumage (ED, RMD, RUMG, etc.) en raison du risque de FOD. La rugosité n'étant pas un critère décisif (faibles vitesses), il est inutile de recourir aux ESHP, tout autre type d'enduit est par ailleurs déconseillé (risque de FOD).
- Les aires de stationnement: suivant les charges, les aires de stationnement peuvent être assimilées aux parkings en ajoutant les spécificités suivantes: on éliminera tout revêtement susceptible de présenter un risque de plumage (FOD) et on veillera à choisir un revêtement possédant une résistance accrue aux pertes de kérosène et autres produits pétroliers. Les enrobés percolés conviennent aux aires de stationnement destinées à recevoir des charges très lourdes.



Figure 8.21 Aéroport

Davantage d'informations concernant les revêtements d'aéroport peuvent être obtenues aux références 52 et 64.

8.6.8 Terrains de sport et de jeux

Les terrains de sport sont essentiellement destinés aux piétons; la circulation de véhicules y est en principe exceptionnelle (entretien p. ex.). Les caractéristiques principales exigées sont le confort et la planéité.

Pour réaliser ce dernier objectif, le revêtement comportera au moins deux couches (épaisseur minimale de la couche inférieure: 40 mm). Par ailleurs, pour éviter les stagnations d'eau, le revêtement (sauf s'il est drainant) doit avoir une pente minimale de 2 % (cf. 2.1.1.4).



Figure 8.22 Aire de jeux

Dans le cas des revêtements bitumineux, c'est le BB-4D qui répond généralement le mieux aux exigences. Sa bonne maniabilité permet en effet une meilleure exécution des nombreux joints de pose.

D'autres alternatives doivent également être prises en considération:

- Le revêtement est constitué d'un enrobé drainant bicouche (couche supérieure fine: 0/6,3) posé sur une fondation en béton maigre drainant (de manière à permettre la mise en œuvre du revêtement). La perméabilité de l'ensemble permet d'éviter des stagnations d'eau sur des terrains de très faible pente. Cette solution est notamment utilisée dans le cas de terrains de tennis. Un entretien (mauvaises herbes) régulier est nécessaire.
- Lorsque la planéité n'est pas essentielle (terrains de jeux, cours d'école par ex.), on peut également utiliser de l'asphalte coulé; ceci est notamment le cas lorsque des problèmes d'accessibilité rendent impossible une pose mécanique des enrobés.

8.6.9 Ponts

Les revêtements de ponts à platelage en béton ont généralement une épaisseur comprise entre 70 et 120 mm (limitation du poids mort). Ils comprennent en principe les couches suivantes (de bas en haut):



Figure 8.23 Pont

- Une couche d'étanchéité; celle-ci est soit une résine (ép. 2 à 3 mm), une feuille en bitume-polymère soudée (ép. 4 ou 5 mm) ou un asphalte coulé (ép. 10 à 15 mm, placé en non-adhérence). Pour les résines et les feuilles, il existe des agréments techniques (UBatc) qui permettent de sélectionner les produits qui conviennent pour cet usage. Le choix du type d'étanchéité dépend notamment des caractéristiques du support (voir à ce sujet la réf. 66). On choisira par ailleurs de préférence un produit compatible avec une couche de protection en asphalte coulé (voir agrément technique). La composition de l'asphalte coulé doit être adaptée (bitume-polymère) lorsqu'une résistance élevée à l'orniérage est requise.

- Une couche de protection; celle-ci est de préférence un asphalte coulé (ép. 25 ou 30 mm). Cette couche ne permet pratiquement aucun reprofilage. La composition de l'asphalte coulé doit être adaptée (bitume-polymère) lorsqu'une résistance élevée à l'orniérage est requise. En alternative, on peut utiliser éventuellement des BB-3C ou 3D (ép. 30 mm, léger profilage possible), pour autant que ce type d'enrobé soit compatible avec l'étanchéité choisie (voir agrément technique).
- Une (ou des) couche(s) de reprofilage: celle(s)-ci est (sont) du type BB-3A, B, C ou D suivant les épaisseurs requises. Ces couches sont nécessaires pour reprendre les fréquentes différences de niveau qui existent sur un pont entre la dalle de platelage et la couche de roulement.
- La couche de roulement: tous les types de couche de roulement sont permis; on choisira donc la couche de roulement en fonction de la voirie dans laquelle est intégrée le pont; il se peut toutefois que le choix soit limité par l'épaisseur disponible pour la couche. Les ESHP seront évités, car les sollicitations thermiques plus importantes subies par un revêtement de pont, augmentent leur risque de fissuration.

Pour plus d'informations, consultez la référence 66.

8.6.10 Parkings sur toiture

Lorsque les parkings sur toitures non isolées sont soumis au trafic lourd, la conception de leur revêtement est identique à celle des revêtements de ponts. La conception des revêtements des toitures-parking isolées soumises à du trafic lourd n'est pas abordée ici.

Les toitures-parking soumises uniquement au trafic léger se caractérisent généralement par une structure légère ne supportant que des charges limitées; ceci entraîne une limitation du poids (et donc du nombre et de l'épaisseur) des couches du revêtement et empêche l'emploi d'engins lourds pour la mise en œuvre de celui-ci. Ces limitations sont encore souvent plus drastiques dans le cas où la toiture est isolée thermiquement (matériaux de résistance limitée aux charges).

La fréquente présence de locaux sous la toiture justifie l'emploi préférentiel d'une étanchéité adhérente (parfois des résines, souvent des feuilles bitumineuses); les étanchéités en asphalte coulé sont donc rarement utilisées.

Quoiqu'il soit toujours préférable de prévoir une couche spécifique pour la protection de l'étanchéité (toujours en asphalte coulé de composition adaptée pour résister au poinçonnement), il arrive que l'étanchéité ne soit recouverte que d'une seule couche d'asphalte coulé; celle-ci sert donc à la fois de couche de protection et de couche de roulement.

La limitation des charges souvent imposée à la toiture explique pourquoi le choix d'enrobés compactés est déconseillé comme couche de roulement. Par contre les revêtements en asphalte coulé conviennent parfaitement à cet usage. Leur composition doit être adaptée (bitume-polymère) compte tenu du risque de poinçonnement consécutif au stationnement.

Dans le cadre d'un entretien éventuel, signalons que les enduits superficiels sont déconseillés, comme pour la plupart des parkings, suite aux fréquentes manœuvres exercées par les véhicules.

Pour d'autres informations, consultez la réf. 67. Celle-ci est destinée à être remplacée par une nouvelle brochure éditée en commun par le CSTC et le CRR (parution prévue en 2008).

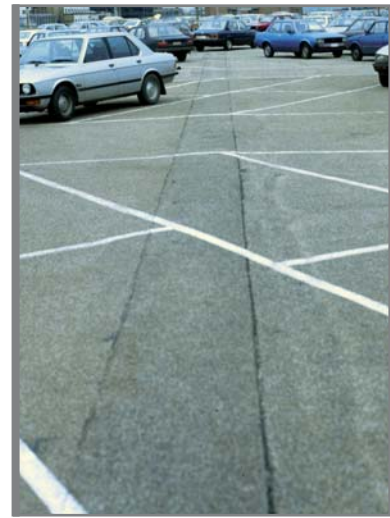


Figure 8.24 *Parking sur toiture*

8.7 Période d'exécution, délai d'exécution et perturbations du trafic

8.7.1 Période d'exécution

Les conditions climatiques influencent fortement la pose des revêtements bitumineux. Celles-ci sont liées aux périodes de l'année. Il est donc logique, soit de choisir le revêtement en fonction de la période prévue pour son exécution, soit de déterminer la période d'exécution en fonction du choix du revêtement.

Les facteurs climatiques prépondérants dont il faut tenir compte sont la température, les précipitations et, dans certains cas, l'humidité et le vent.

Les informations utiles relatives aux températures minimales de l'air (ou du support) et aux vitesses du vent maximales auxquelles les produits peuvent être utilisés se retrouvent dans la plupart des cahiers des charges de construction routière (réf. 1, 2 et 3), dans la réf. 68 et dans les fiches du § 10.3.

Une méthode de calcul de la température au vent ou température apparente peut être (entre autres) trouvée sur le site suivant:

www.meteolafleche.com/ventgivrant.html

Nous ferons une distinction entre les techniques de pose à chaud et les techniques de pose à froid.

8.7.1.1 *Techniques à chaud*

L'enrobé nouvellement posé refroidit en raison de l'échange de chaleur avec l'air et les couches sous-jacentes.

L'enrobé doit être compacté dans l'intervalle de température de 140 °C à 90 °C.

La qualité du revêtement bitumineux est déterminée par le compactage, qui doit être réalisé pendant une période bien précise (par exemple endéans 30 minutes pour une température de l'air d'environ 10 °C). Cette période de compactage dépend fortement des conditions climatiques lors de la pose du revêtement.

Par conséquent, la qualité d'un revêtement bitumineux sera influencée par les conditions climatiques lors de la pose:

- la température ambiante: température de l'air + température du support;
- la vitesse du vent, qui influence fortement le refroidissement du revêtement;
- les précipitations.

Les conditions climatiques défavorables sont une température ambiante basse, une vitesse du vent élevée, des précipitations ou une humidité élevée. Ces conditions se rencontrent généralement, mais pas exclusivement, en hiver, au début du printemps et à la fin de l'automne.

Les conditions climatiques favorables sont une température ambiante normale (> 10 °C), une vitesse du vent basse et pas de précipitations. Ces conditions sont celles que l'on peut observer en été, mais parfois aussi au printemps et en automne.

Les paragraphes suivants indiquent à l'aide d'exemples la manière dont ces conditions peuvent influencer le projet et/ou le choix du revêtement bitumineux.

8.7.1.1.1 Conditions défavorables

Dans des conditions défavorables, l'enrobé posé refroidira plus vite. Par conséquent, la période dans laquelle le compactage peut être réalisé est plus courte.

Il est par conséquent recommandé au projecteur de choisir un enrobé qui refroidit moins vite et dont la maniabilité et la compactabilité sont moins sensibles aux conditions climatiques.

L'enrobé ou le revêtement bitumineux devrait donc pouvoir présenter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, pour autant qu'elles soient compatibles avec les exigences posées:

- un revêtement plus épais (avec par exemple une couche de roulement de 4 cm au lieu de 3 cm), qui possède une capacité calorifique plus élevée;
- un revêtement bitumineux avec un liant plus mou (par exemple du bitume 70/100 au lieu du conventionnel 50/70), ce qui fait que l'enrobé reste compactable plus longtemps;
- un revêtement bitumineux sans bitume modifié (par exemple pas le SMA-C2);
- un revêtement bitumineux à squelette sableux (par exemple le BB-4C), qui est plus facile à répandre et à compacter qu'un enrobé à squelette pierreux (comme le SMA-C1 ou l'ED).

8.7.1.1.2 Conditions favorables

Inversément, dans des conditions favorables, l'enrobé refroidit plus lentement.

Les enrobés ou revêtements bitumineux qui peuvent être posés dans ces conditions sont:

- les revêtements minces;
- les revêtements bitumineux avec liant modifié;
- les revêtements bitumineux à squelette pierreux.

Bien que les conditions climatiques réelles se situent souvent entre les situations décrites précédemment, il est important que lors de la conception du revêtement et du choix des enrobés, l'auteur de projet tienne autant que possible compte de la saison à laquelle le revêtement doit être posé.

8.7.1.2 Techniques à froid

Les techniques de pose à froid, comme les enduits superficiels et les RBCF sont très sensibles aux conditions climatiques lors de et après la pose ainsi qu'à la période d'exécution: ces produits doivent pouvoir «mûrir», ce qui n'est pas possible dans de mauvaises conditions climatiques ou à la fin de l'automne. Dans la pratique, la période d'exécution de ces traitements superficiels est comprise entre la mi-avril et la fin septembre.

Les conditions climatiques jouent également un rôle important dans la composition de ces produits, entre autres pour ce qui concerne le type et la quantité de liant.

Vous trouverez davantage d'informations concernant les enduits superficiels à la réf. 8.

8.7.2 Délai d'exécution et perturbations du trafic

Lors de l'exécution de travaux, il faut toujours veiller à éviter ou à limiter les perturbations du trafic dues aux travaux.

8.7.2.1 Perturbations du trafic et choix du revêtement

En plus de la conception, du phasage et de la méthode d'exécution, le choix du revêtement aura une influence importante sur les perturbations du trafic dues aux travaux.

Le temps pendant lequel la route est mise hors service permet d'évaluer l'ampleur de ces désagréments:

- la pose de pavages demande plus de temps que la pose d'un revêtement bitumineux;
- un revêtement en béton de ciment doit durcir;
- des couches bitumineuses spéciales ont parfois besoin de plus de temps avant de pouvoir être mises en service. Ainsi, par exemple, un enrobé percolé est posé en deux étapes, et cette couche de roulement doit pouvoir «mûrir»;
- chaque couche d'un revêtement bitumineux doit pouvoir refroidir. Plus de détails au § 8.7.2.2;
- les couches de roulement posées à froid, comme les enduits superficiels et les RBCF, ne doivent pas refroidir et sont donc plus rapidement utilisables.

8.7.2.2 Refroidissement de l'enrobé: une nécessité

Lors de travaux d'asphaltage, l'auteur de projet doit absolument tenir compte du temps nécessaire au refroidissement de la couche nouvellement posée avant sa mise en service et avant la pose de la couche suivante.

Un refroidissement insuffisant peut mener à des défauts tel un mélange des couches, de l'orniérage précoce ou du plumage immédiat dû aux efforts tangentiels.

Il est conseillé de laisser la couche bitumineuse nouvellement posée refroidir jusqu'à ce qu'elle atteigne une température maximale de 30 °C en son milieu.

Le temps nécessaire à cela dépend fortement des conditions climatiques: plus les conditions mentionnées au § 8.7.1.1.2 sont favorables, plus le temps de refroidissement est long. L'épaisseur de la couche (plus elle est épaisse, plus elle refroidit lentement), le type d'enrobé et le type de couche sous-jacente jouent également un rôle.

Quelques exemples supplémentaires par rapport à ceux du § 8.7.1.1.1:

- de par sa structure, l'ED refroidit plus vite, ce qui limite la durée des perturbations du trafic;
- Le type de couche (et le support) sur lequel est posé l'enrobé peut également avoir de l'influence. L'enrobé qui est posé sur un asphalte coulé d'un pont transmet de la chaleur à cet asphalte coulé. Celui-ci devient donc temporairement moins stable; en outre cette chaleur supplémentaire disparaît très lentement, ce qui fait que l'ensemble (enrobé + asphalte coulé) a besoin d'un très long temps de refroidissement.

Le CRR a développé une méthode permettant de prévoir le temps de refroidissement de l'enrobé nouvellement posé en fonction des conditions climatiques (réf. 51).

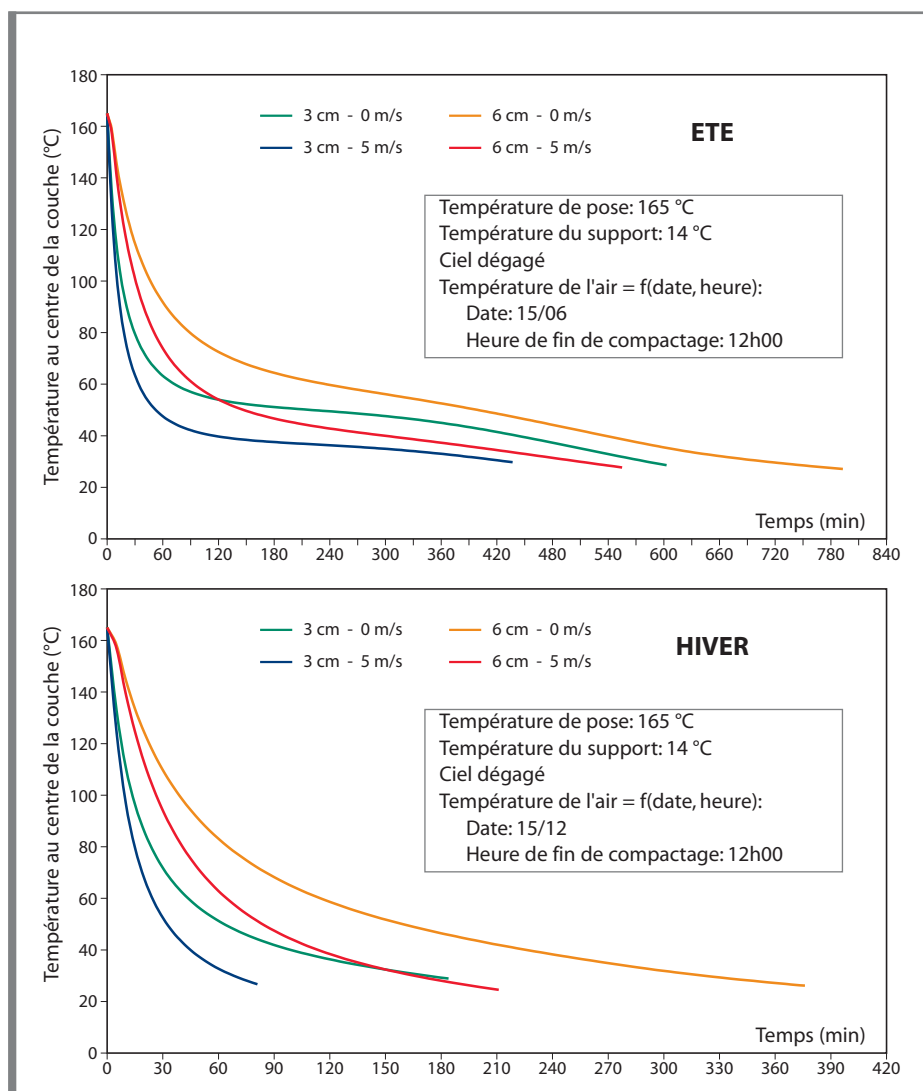


Figure 8.25 Diminution de la température dans un béton bitumineux nouvellement posé en fonction de l'épaisseur et de la vitesse du vent

8.7.2.3 Stratégie relative au temps de refroidissement

Le temps de refroidissement doit être pris en compte dans le délai d'exécution prescrit. Si nécessaire, la conception doit être adaptée, par exemple:

- en prévoyant les déviations nécessaires;
- en réalisant des sections plus courtes lorsqu'on travaille de nuit;
- en remplaçant le travail de nuit par un travail de week-end;
- en adaptant le phasage des travaux.

Lors de l'établissement du phasage des travaux, il faut faire un choix entre:

- des perturbations limitées pour le trafic avec souvent de nombreuses phases et plus de joints de reprise, ce qui n'est pas favorable à la qualité et prend au final plus de temps;
- des perturbations du trafic nettement plus importantes, mais plus limitées dans le temps grâce à un nombre moins élevé de phases, ce qui favorise la continuité et la qualité.

Il est également possible d'opter pour la première solution lors des travaux de préparation et lors de l'exécution des couches de liaison et pour la deuxième méthode lors de la pose de la couche de roulement.

8.8 Perspectives de travaux à court ou à moyen terme

Le choix d'un revêtement d'une voirie qui doit impérativement être restaurée dans l'immédiat (par exemple vu son état dégradé) mais pour laquelle des travaux risquant d'éventrer cette voirie (nouveaux égouts, tranchées pour impétrants, plateaux, etc.) sont prévus à court ou à moyen terme, tiendra de préférence compte des éléments ci-dessous.

Le nouveau revêtement sera souvent limité à la pose d'une nouvelle couche de roulement (après restauration ponctuelle éventuelle des autres couches), qui pourra avoir un caractère provisoire, la restauration définitive du revêtement étant reportée après l'exécution des travaux d'ouverture de la chaussée.

Le choix de cette couche de roulement pourra dès lors se porter sur des produits peu coûteux, éventuellement de durabilité moindre (par rapport à ceux envisagés dans le cadre d'une restauration définitive) pour autant que celle-ci soit compatible avec l'utilisation envisagée. Les enduits superficiels et les RBCF entrent notamment en ligne de compte.

En tout état de cause, le choix des couches de ce revêtement devra être tel qu'il ne gêne pas l'exécution des travaux ultérieurs, par exemple par un démontage plus compliqué ou plus coûteux de ce revêtement à caractère provisoire. A ce titre, il convient d'éviter certaines interfaces anti-fissures par exemple.

Si, après exécution des travaux d'ouverture de la voirie, il est envisagé de ne restaurer le revêtement que localement (au droit des ouvertures de la voirie), il importe de choisir pour les couches de l'actuel revêtement des matériaux qui puissent se marier correctement avec le nouveau revêtement à poser après exécution des travaux d'ouverture de la chaussée. Si en outre, la largeur ou la surface des restaurations implique du travail manuel, il importe de choisir des enrobés dont la maniabilité élevée autorise une pose manuelle. Eu égard à ce qui précède, le BB-4 est une bonne solution pour une couche de roulement, notamment du point de vue esthétique (grâce à sa bonne homogénéité). Dans une autre gamme de produits, les enduits (au bitume) et les RBCF peuvent également convenir. Par contre les revêtements à squelette pierreux sont moins indiqués. Un tel type de réparation (localisée) est à éviter pour les revêtements colorés. En cas de pose manuelle il y a également lieu d'éviter les enrobés contenant des liants autres que les bitumes routiers.

Signalons également que lors de restaurations localisées, il est nécessaire de rétablir l'homogénéité structurelle (types de matériaux et épaisseurs des couches) de la voirie. Il y a toujours intérêt à rétablir les diverses couches de la structure à l'identique: une fondation en béton maigre (respectivement en empierrement) sera remplacée par une fondation en béton maigre (respectivement en empierrement).

Les joints entre les diverses couches de la structure seront décalés.

Il est préférable de postposer quelque peu l'exécution de la couche de roulement définitive, de manière à ce que le reste de la structure puisse subir les inévitables tassements au droit des ouvertures de la chaussée.

8.9 Coûts pour le maître d'ouvrage

Il existe à l'heure actuelle différents modèles de calcul pour effectuer une analyse globale des coûts d'une route («life cycle cost analysis (LCCA)») pour une période donnée. Ces modèles permettent de comparer les différentes variantes des constructions routières d'un point de vue économique. Ils intègrent aussi bien les coûts d'investissement que ceux d'entretien, mais rarement les autres coûts (environnement et recyclage).

Pour pouvoir fonctionner, ces modèles doivent être «alimentés» par une série de données et d'hypothèses. Ainsi, un ou plusieurs scénarios doivent être établis pour l'entretien et pour la durée de vie. Les prix des différents matériaux ou traitements doivent être estimés.

Etant donné le nombre important d'hypothèses et d'estimations, les résultats des analyses de ce type doivent être interprétés avec prudence.

La réf. 72 donne une série d'exemples et d'applications.

Dans les lignes qui suivent on présente les principaux types de coûts dont il faut tenir compte.

8.9.1 Coûts d'investissement

Par coûts d'investissement on entend le prix de la construction de la route. A côté de la construction de la route elle-même (sous-fondation, fondation, revêtement, marquage), ce prix comprend aussi le démontage de la route existante ou la réalisation du tracé (remblai ou déblai). Des coûts d'exécution supplémentaires comme les mesures de trafic, la signalisation, les déviations, les déplacements de bandes, les constructions temporaires, etc. ne doivent pas non plus être oubliés.

Des prix indicatifs pour la pose de différents types de couches bitumineuses sont donnés dans les fiches du § 10.3.

8.9.2 Coûts d'entretien

Les coûts d'entretien sont répartis en coûts d'entretien fonctionnel et coûts d'entretien structurel (voir § 4.2):

- tous les types de revêtement requièrent un entretien fonctionnel. Cette exigence et les coûts qui y sont liés augmentent à mesure qu'une couche approche de la fin de sa durée de vie. Le choix du revêtement peut influencer ces coûts, non seulement de manière indirecte de par la durabilité des couches choisies, mais aussi directement de par sa nature (ainsi, par exemple, l'ED doit être nettoyé régulièrement);
- la fréquence de l'entretien structurel est directement liée à la durabilité de la structure routière et à celle de la couche de roulement. Les fiches de produit du § 10.3 donnent des valeurs indicatives pour la durabilité des différents produits bitumineux. Ces coûts dépendent de la technique d'entretien (inlay, overlay, repose). Ils peuvent également être déterminés à l'aide des prix indicatifs des fiches de produit du § 10.3.

Tout comme pour les coûts d'investissement, il faut tenir compte des coûts d'exécution supplémentaires.

8.9.3 Coûts environnementaux

L'influence du type de revêtement sur certains coûts environnementaux est décrite au § 8.4. De nombreux aspects doivent être examinés lors du choix définitif entre les différentes solutions possibles, comme les effets réels sur l'environnement, l'évolution de ces effets dans le temps, la durabilité de la solution et les coûts qui y sont liés (investissement et entretien).

Les revêtements peu bruyants en sont un bon exemple:

- un SMA-C (coût de 7,20 €/m² et durée de vie de 18 ans) donne une réduction sonore de 1 à 3 dB par rapport à un BB;
- un ED-B (coût de 5,80 €/m² et durée de vie de 12 ans) donne une réduction sonore de 3 à 6 dB par rapport à un BB; cette réduction diminue au fil du temps.

Il y a des effets sur l'environnement non seulement après la mise en service, mais aussi pendant la réalisation des travaux. Il faut par exemple tenir compte de la pollution qui se produit lors de la réalisation de ces travaux et se poser la question des mesures à prendre pour la combattre et du coût que cela engendrera.

8.9.4 Coûts de recyclage

Comme indiqué au § 8.4.4, on porte actuellement beaucoup d'attention à l'utilisation de matériaux recyclés ou de matériaux secondaires dans la construction des routes; les gdb en sont un excellent exemple.

Pour rendre cela possible, il faut parfois investir au niveau des moyens de production ou d'exécution (tambour parallèle, etc.), mais la plupart du temps, les matériaux deviennent moins coûteux. Par ailleurs, un éventuel contrôle plus sévère peut engendrer des coûts plus élevés. Les coûts qui sont liés à l'utilisation de matériaux recyclés doivent donc être calculés au cas par cas.

Les matériaux utilisés peuvent à leur tour être recyclés. Si cela n'est pas possible, ils devront subir un traitement supplémentaire (coûteux) ou être mis en décharge.

Lorsqu'on élimine des matériaux bitumineux, il faut en premier lieu vérifier s'il est possible de les recycler (à chaud) dans un nouvel enrobé. Cela est souvent déterminé par la qualité du liant récupéré (homogénéité, viscosité, etc.). L'exploitant d'une centrale d'enrobage qui est équipée pour le recyclage des gdb les récupérera volontiers ou envisagera de les acheter à un prix modéré. La valeur de bons gdb est d'environ 5 à 10 € par tonne.

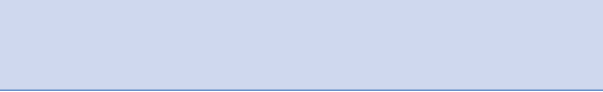
Si le recyclage (à chaud) n'est pas possible en centrale d'enrobage parce que, par exemple, le liant est trop vieux, le recyclage à froid comme granulat (par exemple dans une fondation en empierrement lié au ciment) est peut-être encore possible. Les gdb peuvent alors être dirigés vers une installation accréditée pour le recyclage de débris de construction. Les dgb contenant du goudron ne sont acceptés que par une minorité d'installations de concassage de débris; le prix de dépôt est également plus élevé et est d'environ 40 € par tonne.

Si ni le recyclage à chaud en enrobé ni le recyclage à froid en empierrement lié au ciment n'est possible, il convient alors d'évacuer les débris bitumineux de manière légale en décharge.

Le coût de mise en décharge est assez élevé et peut, avec les taxes environnementales, aller jusqu'à 100 € par tonne. Le tableau 8.5 donne un aperçu des prix de mise en décharge actuels.

Type de déchet / Région	Wallonie			Flandre		
	Tarif de mise en décharge	Taxe environnementale	Coût total	Tarif de mise en décharge	Taxe environnementale	Coût total
Débris bitumineux sans goudron; Déchets mixtes de démolition et de construction (= déchets industriels)	50 €	35 € (5 € si déchets inertes)	85 €	50 €	63 €	115 €
Débris bitumineux contenant du goudron (= déchets dangereux)	50 €	35 €	85 €	50 €	16 € (si incinéré avec récupération d'énergie dans un incinérateur accrédité pour les déchets dangereux) ou 191 € (si mis en décharge)	70 à 250 €
Sol non pollué (= déchets inertes)	20 €	0,25 €	20 €	20 €	11 €	30 €

Tableau 8.5 Coûts de mise en décharge actuels (2006), en €/t



Chapitre 9

Choix du liant, des additifs éventuels et des granulats

Les chapitres 7 et 8 fournissent les éléments permettant d'effectuer le choix du type de revêtement le plus adapté à chaque situation spécifique. Toutefois, la plupart des types de revêtement comprennent un certain nombre de variantes se différenciant par le type de liant, l'emploi ou non d'additifs ainsi que par le type et le calibre des granulats. Pour illustrer ceci, signalons qu'il existe (en 2006) au moins neuf types de liant (chaque type de liant comprenant lui-même le cas échéant diverses catégories) et cinq calibres de granulats. On trouvera plus de détails à ce sujet à l'annexe 3.

Tous les types de liant et tous les calibres ne conviennent évidemment pas pour chaque type de revêtement. Ce sont les cahiers des charges types (réf. 1, 2 et 3) qui fixent les variantes acceptables. Parmi celles-ci, des choix doivent cependant être effectués en fonction du problème spécifique à résoudre. En effet, le choix de ces éléments (liant, additifs, granulats) peut influencer considérablement les performances du revêtement qu'ils constituent. Le présent chapitre donne les lignes directrices permettant d'effectuer ce choix.

9.1 Choix du liant

En règle générale, le bitume routier constitue la sélection de base pour le liant des revêtements des chaussées souples. Toutefois, pour des conditions particulières de trafic, de chargement, de mise en œuvre, d'esthétique, de sécurité ou de climat, il peut s'avérer nécessaire de s'orienter vers un autre type de liant. Le tableau 9.1 est consacré uniquement aux liants prêts à l'emploi destinés à être utilisés tels quels pour la fabrication des enrobés ou à la réalisation des traitements superficiels. Il présente une définition des différents liants, leurs propriétés, leur domaine d'application et les produits concernés en vue d'aider au choix de la solution la plus appropriée en fonction de chaque cas.

Les propriétés d'un liant peuvent parfois varier fortement d'un liant à l'autre. Le choix du liant dépend des performances réelles de celui-ci, établies sur base d'essais spécifiques. Les performances exigées seront donc fonction du domaine d'application.

De plus amples informations concernant ces liants peuvent être trouvées aux réf. 6, 19, 24, 47, 54, 61, 62 et 63.

Type	Définition	Propriétés	Domaines d'application	Produits concernés
Bitume routier	Produit obtenu par distillation d'un pétrole brut bien choisi et répondant à la norme NBN EN 12591 (réf. 54).	Ce sont des bitumes conventionnels qui se différencient par leur pénétration, notamment 35/50, 50/70 et 70/100.	Tous.	Tous.
Bitume élastomère (bitume polymère ⁽¹⁾)	Mélange stable et homogène de bitume routier et d'élastomère(s) (par exemple SBS).	<ul style="list-style-type: none"> - Faible susceptibilité thermique; - amélioration possible du comportement à froid; - résistance élevée aux déformations aux hautes températures de service; - adhésivité élevée entre le liant et les granulats ce qui confère une résistance élevée au plumage; - à éviter en cas de mise en œuvre manuelle de l'enrobé. 	Revêtements soumis à un trafic lourd et/ou à des efforts tangentiels importants.	ED, SMA, BB-1, RMD, RMT0, BB-3 (pour certaines applications), enduits superficiels et RBCF.
Bitume plastomère (bitume polymère ⁽¹⁾)	Mélange stable et homogène de bitume routier et de plastomère(s) (par exemple EVA, polyéthylène).	<ul style="list-style-type: none"> - Faible susceptibilité thermique; - résistance élevée aux déformations aux hautes températures de service; - à éviter en cas de mise en œuvre manuelle de l'enrobé. 	Revêtements soumis à trafic lourd.	SMA, RMD, BB-1, BB-3 (pour certaines applications) et AC.
Bitume à indice de pénétration positif (IP+)	Bitume chimiquement modifié en raffinerie.	<ul style="list-style-type: none"> - Très faible susceptibilité thermique; - résistance élevée aux déformations aux hautes températures de service; - diminue le risque de post-compactage; - à éviter en cas de mise en œuvre manuelle de l'enrobé. 	Revêtements soumis à trafic lourd.	Couches de roulement en SMA et BB-1 et BB-3 (pour certaines applications).
Bitume dur (10/20 ou 15/25)	Bitume distillé de certains pétroles bruts et traité en raffinerie pour obtenir une très haute rigidité (NBN EN 13924, réf. 62).	<ul style="list-style-type: none"> - Rigidité très élevée, ce qui confère une résistance élevée aux déformations; - sensible à la fissuration aux basses températures de service; - enrobés difficiles à mettre en œuvre manuellement. 	Revêtements soumis à un trafic lourd.	EME ou BB-3.
Bitume pigmentable	Bitume conventionnel contenant moins d'asphaltènes que les bitumes routiers, ayant des affinités avec certains pigments.	Liant pigmentable pour le rouge (oxyde de fer) et le vert (oxyde de chrome). Les teintes obtenues sont ternes et évoluent dans le temps. Le pourcentage de pigment nécessaire est élevé (2 à 3 fois plus que pour les liants synthétiques pigmentables).	Revêtements colorés de pistes cyclables, zones piétonnes, terrains de sports et voiries locales.	Tous.
Bitume fluidifié	Liant composé de bitume routier ou polymère fluidifié par l'ajout de solvants de pétrole plus ou moins volatiles.	Le bitume et le solvant utilisés définissent les propriétés du bitume fluidifié, à savoir la viscosité du bitume résiduel, la stabilité au stockage, la vitesse de maturation et l'adhésivité entre le bitume résiduel et les granulats. Il permet une production et une mise en œuvre à une température peu élevée.	Tous les domaines d'application des enduits superficiels et enrobés stockables.	Enduits superficiels et enrobés stockables.

1 Les bitumes élastomères et plastomères sont repris sous la dénomination «bitumes polymères» dans la normalisation européenne NBN EN 14023 (réf. 61)

Type	Définition	Propriétés	Domaines d'application	Produits concernés
Emulsion de bitume	Dispersion de bitume dans l'eau avec adjonction d'un agent tensio-actif ou émulsifiant et, parfois, d'un fluxant. La proportion bitume-eau est de environ 60/40.	Le bitume et l'émulsifiant utilisés et la proportion de bitume dans l'eau définissent les propriétés de l'émulsion, à savoir la viscosité du bitume résiduel, la stabilité au stockage, la vitesse de rupture et l'adhésivité entre le bitume résiduel et les granulats. Elle permet une production et une mise en œuvre à température ambiante.	Tous.	Couches d'accrochage, RBCF, graves-émulsion, enduits superficiels, enrobés stockables et enrobés à froid.
Liant synthétique pigmentable	Liant translucide ne contenant pas d'asphaltènes.	Liant pigmentable pour toutes les couleurs.	Revêtements colorés de pistes cyclables, zones piétonnes, terrains de sports, voiries urbaines à trafic léger et important et voiries locales.	Tous.
Liant synthétique pigmentable modifié par des polymères	Mélange stable et homogène d'un liant synthétique pigmentable et de polymères.	Liant pigmentable pour toutes les couleurs; à utiliser pour des sollicitations importantes.	Revêtements colorés pour revêtement de voirie urbaine à trafic lourd et faible et, dans certains cas, de pistes cyclables.	Tous.
Résine à plusieurs composants	Liant synthétique contenant une ou plusieurs résines.	<ul style="list-style-type: none"> - Risque de fissuration élevé; - excellente adhésivité liant-granulats et excellente adhérence au support; - excellente résistance au plumage. 	Domaines d'application des ESHP.	ESHP.

Note: Le goudron et les bitumes élastomères recyclés ne sont plus utilisés pour des raisons environnementales et/ou de santé et/ou économiques. Les asphaltes de Trinidad ne peuvent plus être utilisés dans la production des enrobés en Wallonie à cause de leur odeur.

Tableau 9.1 Caractéristiques des liants

9.2 Choix des additifs

Les additifs s'ajoutent dans le malaxeur lors de la fabrication du mélange constituant l'enrobé.

Ils visent à modifier les caractéristiques du liant (polyoléfinés, Gilsonite) ou du mélange (fibres).

Le tableau 9.2 présente une définition des différents additifs, leurs propriétés, leur domaine d'application et les produits concernés en vue d'aider au choix de la solution la plus appropriée en fonction de chaque cas.

Type	Définition	Propriétés	Domaines d'application	Produits concernés
Fibres de cellulose	Fibres obtenues par traitement des déchets de bois ou de papier.	Inhibiteur d'écoulement. L'addition des fibres de cellulose permet d'accroître la teneur en liant en évitant la ségrégation du mélange hydrocarboné pendant le transport et la mise en œuvre.	Tous.	Certains SMA, RMD, ED et RMTO. Elles peuvent être ajoutées également dans certains BB et dans le sable-bitume.
Polyoléfines	Fibres synthétiques obtenues à partir de polymères hydrocarbonés.	Résistance élevée aux déformations aux hautes températures de service.	Revêtements soumis à de fortes sollicitations.	BB-1, SMA, RMD et BB-3.
Uintate (Gilsonite)	Matériau (bitume) pur, noir et brillant originaire du bassin Uintah dans l'est de l'Utah (USA).	<ul style="list-style-type: none"> - Résistance élevée aux déformations aux hautes températures de service; - maniabilité élevée; - sensible à la fissuration aux basses températures de service. 	Revêtements soumis à de fortes sollicitations.	BB-1, SMA, AC et BB-3.
Granulés d'EVA ⁽¹⁾	Plastomère fourni sous forme de granulés.	<ul style="list-style-type: none"> - Faible susceptibilité thermique; - résistance élevée aux déformations aux hautes températures de service; - à éviter en cas de mise en œuvre manuelle de l'enrobé. 	Revêtements soumis à trafic lourd.	SMA, RMD, BB-1, BB-3 (pour certaines applications) et AC.

¹ Les granulés d'EVA sont en règle générale (sauf dans l'asphalte coulé) seulement utilisés dans de petites quantités, lors de la préparation d'enrobé modifié. En raison de problèmes éventuels de compatibilité lors du mélange de ces granulés avec le bitume de base, il est préférable d'utiliser des bitumes aux polymères prêts à l'emploi lors de travaux importants.

Tableau 9.2 *Caractéristiques des additifs*

9.3 Choix des granulats

9.3.1 Choix du type de granulats

Le choix des granulats composant les revêtements est généralement laissé à l'entreprise qui les réalise. Ces granulats doivent satisfaire à une série d'exigences qui sont clairement définies dans les CCT (réf. 1, 2 et 3) et au sujet desquelles on trouvera les informations nécessaires à la réf. 6.

Le type de granulats à utiliser ne doit donc pas être précisé davantage au niveau du projet sachant que ces matériaux seront le cas échéant adaptés au type de couche, d'enrobé ou de traitement superficiel. A titre d'exemple, la pierre calcaire se voit généralement exclue des couches de roulement alors qu'elle convient parfaitement pour les couches de liaison (cf. § 2.2.2.2), les granulats de débris bitumineux conviennent pour les couches de liaison mais sont interdites dans certaines couches de roulement (cf § 8.4.4.2.1), l'enduit superficiel à haute performance (ESHP) exige l'emploi de bauxite calcinée, etc. Toutefois, en cas d'enrobé coloré, des exigences spécifiques (couleur) peuvent être imposées en complément.

9.3.2 Choix du calibre maximal des granulats

Le choix du calibre maximal des granulats d'un enrobé (et autres produits assimilés) est fonction de divers paramètres, notamment l'emplacement de la couche dans la structure (couche de liaison ou couche de roulement) et de son domaine d'application.

En règle générale, le calibre maximum de l'enrobé d'une couche est fonction de l'épaisseur de cette couche. Il est donc essentiel de déterminer au préalable l'épaisseur de chaque couche constituant le revêtement. Les étapes à suivre sont les suivantes:

- le dimensionnement de la chaussée définit l'épaisseur totale du revêtement bitumineux;
- la couche de roulement (ainsi que son épaisseur) est choisie en fonction des caractéristiques recherchées. Divers gestionnaires optent actuellement de préférence pour des couches de roulement minces voire

ultramincres principalement pour des raisons économiques. Cette politique impose l'utilisation d'un calibre maximal peu élevé;

- l'épaisseur de revêtement restante (épaisseur totale diminuée de l'épaisseur de la couche de roulement, le cas échéant, de la couche de reprofilage et/ou interfaces anti-fissures) est répartie en couches de liaison élémentaires, de préférence de forte épaisseur et donc de calibre élevé (pour diminuer le risque d'orniérage (Cf. § 2.2.2.3)).

Une fois déterminés le type et l'épaisseur des diverses couches constitutives du revêtement, il est possible de choisir le calibre maximal de chacune d'entre elles. Il est recommandé d'utiliser un calibre maximum (D) compris entre 0,25 à 0,50 fois l'épaisseur de la couche, sauf pour les couches d'épaisseur inférieure à 2 cm.

D'autres facteurs influencent le choix du calibre maximal de la couche de roulement. Il s'agit notamment des exigences à respecter en matière de résistance au glissement, de bruit de roulement, de drainabilité superficielle, de confort et d'esthétique.

9.3.2.1 Résistance au glissement

Lors du choix du calibre maximal, il faut tenir compte de:

- la vitesse d'utilisation de la route considérée;
- l'environnement de la route.

Pour caractériser la rugosité des différents revêtements, on mesure la rugosité à faible vitesse (directement influencée par la microtexture) et la diminution de celle-ci à des vitesses plus élevées (moins sensible pour les fortes macrotextures).

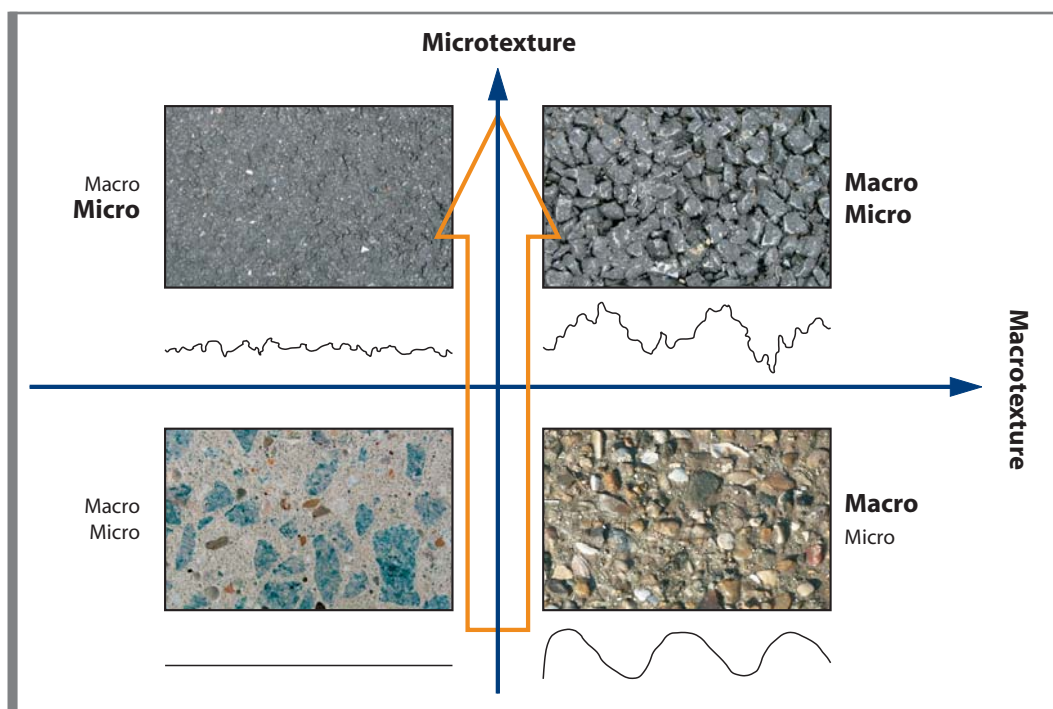


Figure 9.1 Illustration des diverses textures participant à la rugosité d'un revêtement

Si le mélange contient des parts égales de sable et de pierres, on peut dire que la rugosité initiale est déterminée par le nombre de points de contacts possibles entre le pneu et le revêtement. Un mélange à base d'un calibre plus fin peut obtenir de meilleurs résultats qu'un mélange plus grossier, mais il présente une diminution plus importante de la rugosité à mesure que la vitesse augmente. C'est pourquoi:

- on choisit pour les routes en milieu urbain, où l'on ne peut rouler à plus de 50 km/h, une macrotexture fine (qui cause également moins de nuisances sonores);
- on recommande pour les routes hors milieu urbain (vitesses allant jusqu'à 90 km/h ou plus) une texture plus grossière de telle manière que la diminution de la rugosité reste minimale.

9.3.2.2 *Bruit de roulement*

Ce point est abordé en détail au § 8.4.1.

Pour conclure, on peut dire que parmi des mélanges identiques, c'est le mélange qui a le calibre maximal le plus petit qui sera le moins bruyant, tous les autres paramètres restant par ailleurs identiques.

9.3.2.3 *Drainabilité superficielle*

La drainabilité superficielle dépend essentiellement de la macrotexture du revêtement. Plus celle-ci est importante, meilleure est la drainabilité. Pour un même type d'enrobé, la macrotexture est fonction du calibre des granulats: plus le calibre est gros, plus la macrotexture est élevée.

9.3.2.4 *Confort*

En vue d'augmenter le confort (et la sécurité) des piétons et des cyclistes, notamment en cas de chute, il est souhaitable de s'orienter vers des granularités plus fines.

9.3.2.5 *Esthétique*

La texture de la couche et le calibre des granulats influencent l'esthétique du revêtement. L'esthétique est souvent liée à l'homogénéité d'aspect du revêtement. Pour un même type de produit, plus le calibre est fin, meilleure est l'esthétique.

Chapitre 10

Tableaux de synthèse facilitant le choix des revêtements bitumineux

Les chapitres précédents (7, 8 et 9) ont présenté en détail les éléments intervenant dans le choix des revêtements bitumineux. Ce chapitre présente la synthèse des données disponibles sous forme de tableaux et de fiches donnant au concepteur une information rapide, globale et comparative quant aux possibilités de choix qui existent.

Nous attirons cependant l'attention sur le fait que toutes les nuances n'ont pu être incluses dans les tableaux de synthèse et nous recommandons de compléter l'examen de ces tableaux par celui des fiches et par la lecture des chapitres explicatifs précédents.

Ce chapitre contient:

- un tableau résumant les principales caractéristiques des couches bitumineuses;
- un tableau concernant les domaines d'utilisation des couches bitumineuses;
- les fiches techniques des principaux enrobés bitumineux (et produits assimilés);
- une présentation de quelques techniques spéciales.

10.1 Principales caractéristiques des couches bitumineuses

Le tableau 10.1 précise les principales caractéristiques et performances des couches bitumineuses; ceci permet d'affiner le choix en fonction du type de contraintes auxquelles le revêtement sera soumis.

(*) Les codes couleurs sont donnés à titre indicatif du fait du manque d'expérience pour ce produit en Belgique

Tableau 10.1

Le tableau 10.1 reprend les dénominations des différentes couches bitumineuses suivant les cahiers des charges types en vigueur en 2006 (réf. 1, 2 et 3) (voir aussi annexe 4).

Les différentes couches sont évaluées pour chacun des critères suivant un code couleur:

Performances:

Les codes couleurs expriment la sensibilité de l'enrobé bitumineux vis-à-vis de la performance donnée (fissuration thermique, fissuration réfléchive, orniérage, etc.).

Sécurité & confort:

Les codes couleurs expriment le niveau de la propriété de l'enrobé bitumineux vis à vis de la caractéristique donnée (rugosité, imperméabilité, etc.).

Divers:

Cette rubrique reprend toutes les caractéristiques qui ne peuvent figurer dans «Performance» et «Sécurité et confort». Les codes couleurs expriment l'adéquation de la couche bitumineuse à la caractéristique donnée.

Les codes couleurs sont attribués aux produits bitumineux «standard», c'est-à-dire, aux produits les plus couramment utilisés. Ces caractéristiques apparaissent en **gras** dans la fiche correspondante (§ 10.3). Certaines modifications de formulation (par exemple: remplacement d'un bitume routier par une bitume polymère) peuvent influencer cette codification. Cette possibilité est renseignée dans la fiche.

Fiche n°		Dénomination																												
Utilisation particulière (cf. fiches)	Matériau de réparation		Couche de roulement (Ep ≥ 1,5 cm)	Couche de liaison	Couche de profilage																									

adapté g possible b peu adapté y inadapte r pas d'application na

(*) Les codes couleurs sont donnés à titre indicatif du fait du manque d'expérience pour ce produit en Belgique

Tableau 10.2 Domaines d'utilisation des couches bitumineuses

10.2 Domaines d'utilisation des couches bitumineuses

Le tableau 10.2 constitue un moyen d'orienter le choix du revêtement en fonction de sa destination (partie gauche: domaines d'application). Cependant la comparaison des codes couleurs de cette partie gauche doit pouvoir être nuancée en fonction du type de couche considérée (partie droite du tableau).

Ci-dessous quelques explications relatives au tableau 10.2.

10.2.1 Lexique

Ce lexique précise les applications pour lesquelles les codes couleurs ont été établis.

Aéroport	Ne concerne que le trafic lourd. Une distinction est faite entre les pistes, les taxiways et les aires de stationnement.
Aire de stockage	Essentiellement les aires de stockage, de manutention et de déchargement des zones portuaires et industrielles. Ne sont pas reprises ici les voiries attenantes (cf. Voirie industrielle).
Autoroute	Exclusivement les autoroutes et voies express (vitesse supérieure à 90 km/h).
Carrefour	Carrefours et ronds-points où les efforts tangentiels sont importants. Le croisement de rues à faible trafic n'est pas repris ici (cf. Voirie urbaine).
Parking	Aires de stationnement (y compris les voiries intégrées) pour véhicules de toutes catégories. Une distinction est faite entre trafic lourd et trafic léger (voitures).
Parking sur toiture	Parkings sur toiture, sans isolation thermique, accessibles aux seuls véhicules légers.
Piste cyclable	Pistes cyclables et voies réservées uniquement aux usagers légers motorisés.
Pont	Pont ou viaduc à tablier en béton dont l'épaisseur du revêtement est comprise entre 70 et 120 mm.
Terrain de sport	Tous types de terrains de sport (tennis, basket, etc.) et aires de jeux.
Virage dangereux	Virages où la vitesse non adaptée des véhicules peut entraîner des accidents.
Voie de tram	Tous types de voies de roulement comprenant des voies de tram.
Voie piétonne	Voies piétonnes et trottoirs.
Voirie agricole	Voies agricoles et forestières.
Voirie industrielle	Voirie industrielle, sites propres et arrêts de bus. Les sites propres réservés conjointement aux bus et trams sont repris sous la dénomination «Tram».
Voirie locale	Routes de lotissements, voies sans issue, routes de village et toutes rues à faible trafic mises à part la voirie reprise sous la dénomination «Voirie agricole».
Voirie rurale	Exclusivement les routes de liaisons entre entités (vitesse généralement ≤ 90 km/h) où une distinction est faite en fonction de l'importance du trafic (véhicules de charge $> 3,5$ t).
Voirie urbaine	Tous types de voiries urbaines (vitesse généralement ≤ 50 km/h), non comprises les voiries à faible trafic (cf. Voirie locale). Une distinction est faite entre trafic lourd et important, trafic lourd et faible, et trafic léger et important (voirie non accessible aux bus et camions).

10.2.2 Dénominations

Le tableau 10.2 reprend les dénominations des différentes couches bitumineuses suivant les cahiers des charges types en vigueur en 2006 (réf. 1, 2 et 3) (voir aussi annexe 4).

10.2.3 Codes couleurs

Les codes couleurs expriment l'adéquation d'un enrobé à un domaine d'application particulier (partie gauche du tableau 10.2). Ils donnent également leur domaine d'emploi (partie droite du tableau 10.2).

Les codes couleurs sont attribués aux produits bitumineux «standard», c'est-à-dire, aux produits les plus couramment utilisés. Ces caractéristiques apparaissent en gras dans la fiche correspondante (§ 10.3). Certaines modifications de formulation (par exemple: remplacement d'un bitume routier par un bitume polymère) peuvent influencer cette codification. Cette possibilité est renseignée dans la fiche.

10.2.4 Remarque concernant les ponts

Le choix du type de revêtement dépend principalement des épaisseurs (éventuellement variables) disponibles, compte tenu de la présence d'une étanchéité et de sa protection. Le revêtement est de préférence du même type que celui du revêtement adjacent.

10.2.5 Utilisation particulière

Dans le tableau des domaines d'utilisation des couches bitumineuses, lorsqu'une couche est notée «utilisation particulière», cela signifie que son utilisation diffère de celle des enrobés «courants» eu égard à sa composition et/ou à sa destination particulière.

10.3 Les fiches techniques

La plupart des enrobés bitumineux (ou revêtements assimilés) font l'objet d'une fiche technique. Ces fiches rassemblent, en une page, les informations les plus importantes nécessaires pour effectuer le choix d'un revêtement.

Ces fiches contiennent les rubriques suivantes:

- les dénominations suivant les cahiers des charges types en vigueur en 2006 (voir aussi annexe 4);
- les codifications belge et européenne (voir aussi annexe 3);
- une description du produit comprenant notamment:
 - le nom de la famille à laquelle il appartient;
 - son utilisation principale;
 - des informations sur sa teneur en liant et sur le type de liant (le liant le plus couramment utilisé est indiqué en gras); en ce qui concerne le choix du type de liant, il y a lieu de se référer au § 9.1 et 9.2;
- les caractéristiques principales. Cette rubrique comprend aussi des informations sur la durabilité;
- les domaines d'utilisation et les limitations éventuelles;
- des commentaires portant notamment sur:
 - les problèmes de mise en œuvre;
 - la possibilité d'utilisation de gdb;
- un tableau comprenant (éventuellement pour les diverses variantes du produit):
 - le calibre maximum;
 - les épaisseurs nominales;
 - les épaisseurs maximales et minimales ou les taux minimum d'épandage;
 - la température minimale de l'air lors de la pose de la couche;
 - le prix au m² des enrobés bitumineux;
- une photo.

Dans la partie droite des fiches figurent des tableaux avec les codes couleurs qui synthétisent les principales caractéristiques et les domaines d'emploi de chaque matériau. Ces tableaux sont extraits des tableaux 10.1 et 10.2. Les codes couleurs y ont donc la même signification.

Ci-dessous la liste des fiches:

Numéro de fiche	Produit
101	Béton bitumineux BB-1B
102	Béton bitumineux clouté BB-2C
103	Béton bitumineux BB-4 (C, D)
104	Béton bitumineux BB-8 (D, E)
105	Splittmastixasphalt SMA (B, C, D)
106	Enrobé drainant ED-B, RMTO-C
107	Revêtement mince discontinu RMD (C, D)
108	Revêtement ultra mince grenu RUMG (C, D)
201	Enduit superficiel monocouche simple gravillonnage
202	Enduit superficiel monocouche double gravillonnage
203	Enduit superficiel bicouche
204	Enduit superficiel à haute performance (ESHP)
205	Revêtement bitumineux coulé à froid (RBCF) monocouche
206	Revêtement bitumineux coulé à froid (RBCF) bicouche
207	Enduit superficiel scellé par un RBCF
301	Asphalte coulé pour réparation localisée ou revêtement
302	Enrobé percolé
303	Béton bitumineux à module élevé (BBME)
401	Béton bitumineux BB-3 (A, B, C, D)
402	Sable-bitume
403	Asphalte coulé pour chape d'étanchéité
404	Asphalte coulé pour chape de protection
405	Enrobé à module élevé (EME / AVS)
406	Enrobé stockable

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Béton bitumineux**BB-1B**

Asphalt concrete

AC-14 type 1

101**Description:**

Enrobé fermé, à squelette sableux et à granulométrie continue.
Couche de roulement épaisse utilisée en construction neuve ou en entretien (inlay et overlay).
Teneur en liant moyenne.
Types de liants utilisés: **Bitume routier 50/70**, IP+, ajout de uintate, bitumes polymères.

Caractéristiques principales:

Durabilité élevée.
Bonne imperméabilité.
Bonne résistance au plumage.
Sa faible macrotexture lui confère de piètres performances en matière de résistance au glissement et de drainabilité superficielle.
Une amélioration de la résistance à l'orniérage est possible par l'utilisation de bitumes polymères, IP+, ou ajout de uintate.

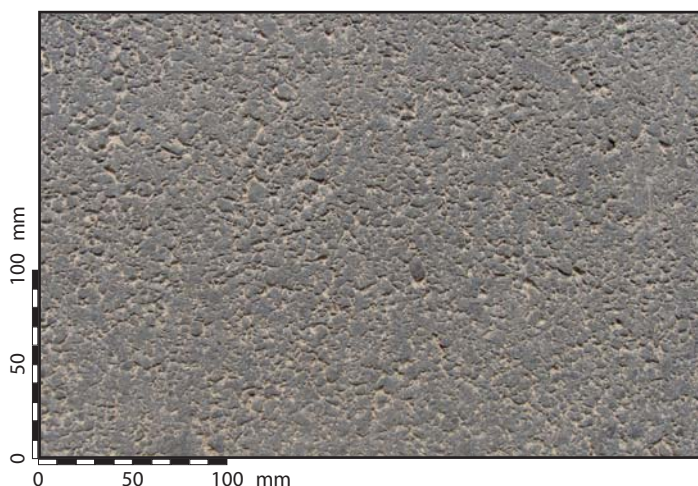
Domaines d'utilisation et limitations:

Un «classique» qui donne de grandes satisfactions sous un trafic moyen et trafic lourd (moyennant adaptation du liant).
Pour des raisons esthétiques, ce revêtement est déconseillé si la configuration des lieux demande beaucoup de poses manuelles.
Il est limité aux routes à vitesse peu élevée (< 90 km/h).

Commentaires:

Traitement de surface de préférence par 4/6,3 (1,5 à 2 kg/m²) ou 6,3/10 (3,5 à 5 kg/m²). Le but de celui-ci est d'améliorer la rugosité initiale du revêtement, tant que le film superficiel de liant n'est pas usé.
L'utilisation de gdb est possible sous certaines conditions.

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
BB-1B	14	40 ou 50	30	60	5	1 (ép.: 50 mm)

**BB-1B****Référence aux CCT**

Bruxelles
Vlaanderen
Wallonie

BB-1B / AB-1B
AB-1B
BB-1B

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	g
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	r
Couche de reprofilage	y
Réparation localisée	b
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	y
Voirie urbaine	trafic lourd et important	b
	trafic lourd et faible	g
	trafic léger et important	g
	Voirie locale	g
Voirie rurale	trafic faible	g
	trafic moyen	g
	trafic important	g
	Voirie agricole	g
	Voirie industrielle	b
	Tram	b
	Cyclo	b
	Piéton	y
	Carrefour	b
	Virage dangereux	y
Parking	trafic lourd	b
	trafic léger	b
	Parking sur toiture	y
	Aire de stockage	b
Aéroport	piste	b
	taxiway	b
	stationnement avions	b
	Sport	y
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	y
Fissuration réfléctive	y
Orniérage	o
Déformation sous charges statiques	o
Déformation par cisaillement	o
Plumage	b
Sensibilité aux produits chimiques	y

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	o
Imperméabilité	b
Drainabilité	o
Réduction du bruit de roulement	y

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	g
Pose manuelle	b
Possibilité d'incorporation de gdb	b

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Béton bitumineux clouté**BB-2C**

Hot Rolled Asphalt

102**Description:**

Enrobé fermé clouté à squelette fortement sableux (60 %) et à granulométrie continue.
Le cloutage est obligatoire.
Couche de roulement mince utilisée en construction neuve ou en entretien (inlay et overlay).
Teneur en liant élevée (8%).
Type de liant utilisé: **Bitume routier 35/50**.

Caractéristiques principales:

Durabilité élevée (grâce à son imperméabilité notamment).
Revêtement peu glissant et résistant à l'orniérage du fait respectivement de sa forte macrotexture et de sa composition.
Revêtement bruyant du fait de sa forte macrotexture et de son type fermé.
Risque de déchaussement des pierres de cloutage.

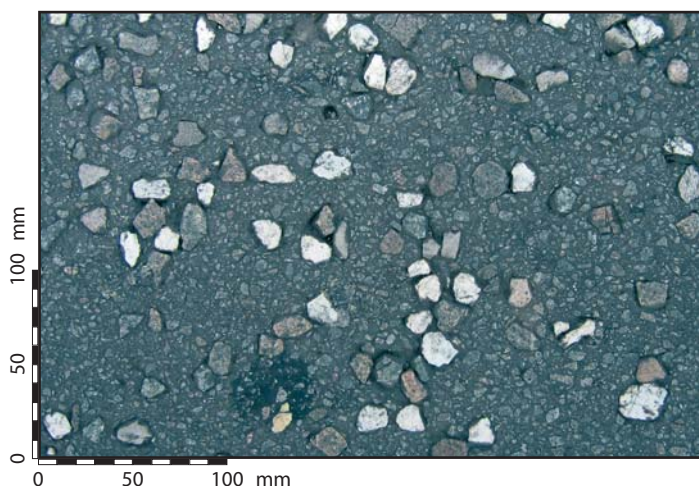
Domaines d'utilisation et limitations:

Revêtement très utilisé par le passé sur les voiries expressives et autoroutes mais a perdu de son aura à cause de sa difficulté de mise en œuvre.
Peut s'utiliser sans cloutage pour les pistes de maîtrise de conduite automobile ou comme chape de protection d'étanchéité de pont (lorsqu'il n'y a pas de risque d'orniérage).

Commentaires:

La pose de ce revêtement est délicate. Une grande expérience de l'équipe de pose est nécessaire à sa réussite. Le traitement de surface (cloutage: 5 à 7 kg/m² de 10/14) doit se faire aux températures (enrobé) adéquates pour assurer l'enchâssement suffisant (mais non excessif) des pierres de cloutage et leur collage dans le revêtement.
Les pierres de cloutage doivent être pré-enrobées et peuvent être de couleur blanche, conférant ainsi à la chaussée un aspect plus lumineux. L'utilisation d'une machine de cloutage est imposée.

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
BB-2C	10	30	20	40	10	1,2

**BB-2C****Référence aux CCT**

**Bruxelles
Vlaanderen
Wallonie**

**AB-2C
BB-2C**

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	b
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	r
Couche de reprofilage	r
Réparation localisée	r
Utilisation particulière	x

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	b
Voirie urbaine	trafic lourd et important	b
	trafic lourd et faible	y
	trafic léger et important	y
	Voirie locale	r
Voirie rurale	trafic faible	y
	trafic moyen	y
	trafic important	y
	Voirie agricole	r
	Voirie industrielle	r
	Tram	r
	Cyclo	r
	Piéton	r
	Carrefour	r
	Virage dangereux	y
Parking	trafic lourd	r
	trafic léger	r
	Parking sur toiture	r
	Aire de stockage	r
Aéroport	piste	r
	taxiway	r
	stationnement avions	r
	Sport	r
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	y
Fissuration réfléctive	y
Orniérage	y
Déformation sous charges statiques	o
Déformation par cisaillement	o
Plumage	o
Sensibilité aux produits chimiques	y

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	b
Imperméabilité	b
Drainabilité	y
Réduction du bruit de roulement	o

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	y
Pose manuelle	y
Possibilité d'incorporation de gdb	r

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Béton bitumineux BB-4 (C, D)

Asphalt concrete

AC-(10;6,3)
type 4**103****Description:**

Enrobé fermé, à squelette sableux et à granulométrie continue.
Couche de roulement mince ou épaisse utilisée en construction neuve ou en entretien (inlay et overlay).
Teneur en liant moyenne.
Types de liants utilisés: **Bitume routier 50/70**, bitume routier 70/100, ajout de uinate.

Caractéristiques principales:

Durabilité moyenne.
Bonne imperméabilité.
Bonne résistance au plumage.
Sa faible macrotexture lui confère de piètres performances en matière de glissance et de drainabilité superficielle.
Une amélioration de la résistance à l'orniérage est possible par l'utilisation de uinate.
Bonne maniabilité lors de la pose.

Domaines d'utilisation et limitations:

Un «classique» qui donne de grandes satisfactions pour les voiries locales et rurales à trafic faible, y compris les aménagements privés.
Il permet une pose en épaisseur légèrement variable.
Il s'accommode d'une pose manuelle.

Commentaires:

Les CCT imposent un traitement de surface par du 4/6,3 (1,5 à 2 kg/m²).
Cet enrobé est apprécié par les architectes pour ses qualités esthétiques.

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
BB-4C	10	40	20	50	5	0,9
BB-4D	6,3	30	15	35	5	0,8

**BB-4C****Référence aux CCT**

Bruxelles Vlaanderen Wallonie	BB-4 / AB-4 (C, D) AB-4 (C, D) BB-4 (C, D)
-------------------------------------	--

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	g
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	r
Couche de reprofilage	y
Réparation localisée	g
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	r
Voirie urbaine	trafic lourd et important	y
	trafic lourd et faible	y
	trafic léger et important	b
	Voirie locale	g
Voirie rurale	trafic faible	g
	trafic moyen	b
	trafic important	y
	Voirie agricole	g
	Voirie industrielle	y
	Tram	b
	Cyclo	g
	Piéton	g
	Carrefour	b
	Virage dangereux	y
Parking	trafic lourd	b
	trafic léger	g
	Parking sur toiture	y
	Aire de stockage	b
Aéroport	piste	y
	taxiway	b
	stationnement avions	b
	Sport	g
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	y
Fissuration réfléctive	y
Orniérage	o
Déformation sous charges statiques	r
Déformation par cisaillement	o
Plumage	b
Sensibilité aux produits chimiques	y

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	o
Imperméabilité	b
Drainabilité	r
Réduction du bruit de roulement	y

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	g
Pose manuelle	b
Possibilité d'incorporation de gdb	b

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Béton bitumineux BB-8 (D, E)	Asphalt concrete AC-(6,3; 4) type 8	104
Asfalt beton AB-5D	Asphalt concrete AC-6,3 type 5	

Description:

Enrobé fermé, à squelette sableux et à granulométrie continue.
Couche de roulement très mince utilisée en entretien (inlay et overlay) et parfois en construction neuve.
Teneur en liant moyenne à élevée.
Types de liants utilisés: **Bitume routier 70/100**.

Caractéristiques principales:

Durabilité faible à moyenne.
Bonne imperméabilité.
Sa faible macrotexture lui confère de piètres performances en matière de glissance et de drainabilité superficielle.
Sa composition, sa teneur en vides relativement élevée et sa faible épaisseur en font une couche de roulement économique, mais de faible résistance mécanique.
Bonne maniabilité à la pose.

Domaines d'utilisation et limitations:

Convient bien lorsque les épaisseurs de rechargement sont limitées (niveaux existants à respecter).
Principalement utilisé pour les zones à trafic léger.
Il s'accommode de surfaces impliquant des temps d'attente lors de la pose.

Commentaires:

La pose et le compactage de cet enrobé sont délicats.
Vu la faible épaisseur de la couche d'enrobé, la couche de collage doit être particulièrement soignée.
De légères différences granulométriques existent entre le BB-8D et le AB-5D.

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
BB-8D	6,3	25	15	30	10	0,6
BB-8E	4	20	10	20	10	0,5
AB-5D	6,3	25	15	30	10	0,7

**AB-5D****Référence aux CCT**

Bruxelles Vlaanderen Wallonie	--- AB-5D BB-8 (D, E)
--	--------------------------------------

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	b
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	r
Couche de reprofilage	y
Réparation localisée	r
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	r
Voirie urbaine	trafic lourd et important	r
	trafic lourd et faible	r
	trafic léger et important	b
	Voirie locale	g
Voirie rurale	trafic faible	b
	trafic moyen	y
	trafic important	r
	Voirie agricole	b
	Voirie industrielle	r
	Tram	b
	Cyclo	g
	Piéton	g
	Carrefour	r
	Virage dangereux	r
Parking	trafic lourd	r
	trafic léger	b
	Parking sur toiture	r
	Aire de stockage	r
Aéroport	piste	r
	taxiway	r
	stationnement avions	r
	Sport	r
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	y
Fissuration réfléctive	y
Orniérage	r
Déformation sous charges statiques	r
Déformation par cisaillement	o
Plumage	b
Sensibilité aux produits chimiques	y

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	r
Imperméabilité	y
Drainabilité	r
Réduction du bruit de roulement	y

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	g
Pose manuelle	g
Possibilité d'incorporation de gdb	b

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Splittmastixasphalt SMA (B, C, D)

Stone Mastic Asphalt SMA-(6,3; 10; 14)

105**Description:**

Enrobé fermé, à squelette pierreux et à granulométrie discontinue présentant un aspect superficiel ouvert.
Couche de roulement mince ou épaisse utilisée en construction neuve ou en entretien (inlay ou overlay).
Teneur en liant élevée.
Types de liants utilisés: Bitume routier 50/70 (avec inhibiteur d'écoulement), **bitume polymère**, IP+.

Caractéristiques principales:

Durabilité moyenne.
Sa composition en fait un mélange aux caractéristiques mécaniques élevées. La macrotexture des SMA B et C leur donne une rugosité et une drainabilité superficielle satisfaisante tout en leur conférant de bonnes caractéristiques au point de vue acoustique.
Sa composition en fait un mélange difficile à mettre en œuvre manuellement et donc à réparer.

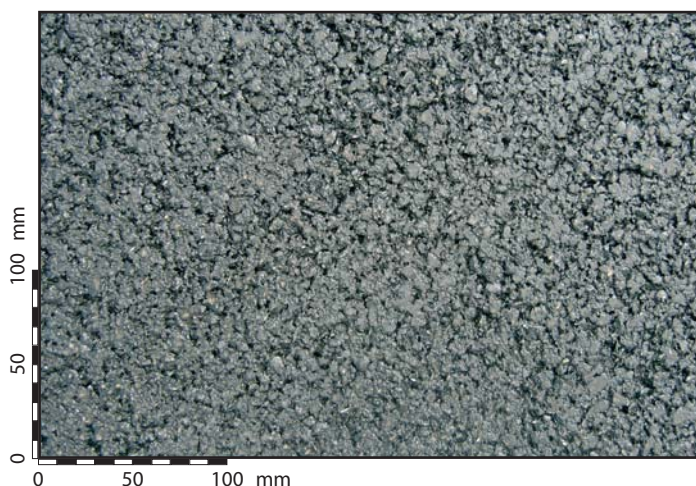
Domaines d'utilisation et limitations:

Convient pour la plupart des types de route, notamment à trafic lourd dont la vitesse est ≥ 90 km/h.
N'est pas conseillé pour les sections de chaussée à géométrie compliquée nécessitant une mise en œuvre manuelle ni pour les revêtements destinés principalement aux usagers légers (piétons, cyclistes).
Ne convient pas pour les poses avec arrêts fréquents.

Commentaires:

Pour améliorer la rugosité initiale, un épandage de pierres de type 2/4 est parfois prévu.
Très sensible aux variations de composition, au transport et à la mise en œuvre.
L'utilisation d'un compacteur à pneus ou vibrant est interdite.

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
SMA-B	14	50	20	50	8	1,3
SMA-C	10	30 ou 40	30	45	8	1,1
SMA-D	6,3	25 ou 30	15	35	8	0,9

**SMA-C****Référence aux CCT**

Bruxelles	SMA (B, C, D)
Vlaanderen	SMA (B, C, D)
Wallonie	SMA (C, D)

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	g
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	r
Couche de reprofilage	y
Réparation localisée	r
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	g
Voirie urbaine	trafic lourd et important	g
	trafic lourd et faible	g
	trafic léger et important	g
	Voirie locale	b
Voirie rurale	trafic faible	b
	trafic moyen	g
	trafic important	g
	Voirie agricole	b
	Voirie industrielle	b
	Tram	y
	Cyclo	y
	Piéton	y
	Carrefour	b
	Virage dangereux	b
Parking	trafic lourd	b
	trafic léger	b
	Parking sur toiture	y
	Aire de stockage	b
Aéroport	piste	b
	taxiway	b
	stationnement avions	b
	Sport	y
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	y
Fissuration réfléctive	y
Orniérage	b
Déformation sous charges statiques	b
Déformation par cisaillement	y
Plumage	y
Sensibilité aux produits chimiques	o

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	b
Imperméabilité	b
Drainabilité	y
Réduction du bruit de roulement	b

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	y
Pose manuelle	y
Possibilité d'incorporation de gdb	r

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Description:

Enrobé ouvert (ED) ou semi-ouvert (RMTO), à squelette pierreux et à granulométrie discontinue.
Couche de roulement épaisse (ED) ou mince (RMTO) utilisée en construction neuve ou en entretien (overlay uniquement).
Faible teneur en liant.
Types de liants utilisés: Bitume routier 70/100, **bitume polymère**.

Caractéristiques principales:

Durabilité moyenne.
Drainage (dans la masse de l'enrobé) des eaux de ruissellement dans le but d'éviter les projections d'eau et par conséquent les risques d'aquaplanage.
Les performances acoustiques, la résistance à l'orniérage et la rugosité (dans une moindre mesure) sont excellentes.
Le risque de plumage, suite notamment aux efforts tangentiels, est élevé.
La texture très ouverte entraîne un comportement hivernal spécifique (risque accru de présence de verglas).
Colmatage inévitable, ce qui diminue progressivement certaines de ses caractéristiques fonctionnelles.

Domaines d'utilisation et limitations:

Sauf existence ou installation d'un drainage latéral, l'inlay n'est généralement pas possible.
Convient particulièrement pour les routes à trafic élevé et rapide.
La vitesse et l'intensité du trafic retardent le colmatage.
Peu indiqué pour les voiries où en raison des faibles vitesses, ses propriétés sont peu mises en valeur et le risque de colmatage est élevé.
Peut être utilisé dans certains cas en sous-couche pour permettre le drainage des eaux ascensionnelles.
Peut-être utilisé sur piste d'aéroport, moyennant l'utilisation d'un liant spécifique.

Commentaires:

Demande une gestion adaptée pour le traitement hivernal ainsi qu'une signalisation informative.
L'utilisation d'un compacteur à pneus ou vibrant est interdite.
L'évacuation latérale des eaux est indispensable.
Son utilisation en couche de profilage est proscrite.
Le RMTO est moins drainant et risque de se colmater plus rapidement.

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
ED-B	14	40	30	50	8	0,9
RMTO-C	10	30	20	40	8	0,8



ED-B

Référence aux CCT

Bruxelles
Vlaanderen
Wallonie

ED-B, RMTO-C
ZOA (B, C)
ED-B, RMTO-C

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	g
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	r
Couche de reprofilage	r
Réparation localisée	r
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	g
Voirie urbaine	trafic lourd et important	y
	trafic lourd et faible	y
	trafic léger et important	y
	Voirie locale	r
Voirie rurale	trafic faible	b
	trafic moyen	b
	trafic important	b
	Voirie agricole	r
	Voirie industrielle	r
	Tram	r
	Cyclo	r
	Piéton	r
	Carrefour	y
	Virage dangereux	y
Parking	trafic lourd	r
	trafic léger	y
	Parking sur toiture	r
	Aire de stockage	r
Aéroport	piste	y
	taxiway	r
	stationnement avions	r
	Sport	b
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	r
Fissuration réfléctive	r
Orniérage	g
Déformation sous charges statiques	b
Déformation par cisaillement	b
Plumage	r
Sensibilité aux produits chimiques	r

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	b
Imperméabilité	na
Drainabilité	g
Réduction du bruit de roulement	g

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	y
Pose manuelle	r
Possibilité d'incorporation de gdb	r

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Revêtement mince discontinu**RMD (C, D)**

Very Thin Layer

ACVTL (6,3; 10)

107**Description:**

Enrobé semi-fermé, à squelette pierreux et à granulométrie discontinue. Couche de roulement très mince utilisée en construction neuve ou en entretien.

Teneur en liant moyenne à élevée.

Types de liants utilisés: **Bitume routier 50/70** et bitume routier 70/100 (tous deux avec **inhibiteur d'écoulement**), bitume polymère.

Caractéristiques principales:

Durabilité moyenne.

Sa composition en fait un mélange aux caractéristiques mécaniques élevées.

La macrotexture du RMD-C lui donne une rugosité et une drainabilité superficielle satisfaisante tout en lui conférant de bonnes caractéristiques au point de vue acoustique.

Sa composition en fait un mélange difficile à mettre en œuvre manuellement et donc à réparer.

L'imperméabilisation du support est assurée par une couche de collage laissant de 300 à 500 g de liant résiduel.

Domaines d'utilisation et limitations:

Convient pour la plupart des types de route.

N'est pas conseillé pour les sections de chaussée à géométrie compliquée nécessitant une mise en œuvre manuelle ni pour les revêtements destinés principalement aux usagers légers (piétons, cyclistes).

Son utilisation en épaisseur variable est proscrite.

Commentaires:

Sensible aux variations de composition, au transport et à la mise en œuvre. L'utilisation d'un compacteur à pneus ou vibrant est interdite.

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
RMD-C	10	25	20	50	8	0,8
RMD-D	6,3	20	15	35	8	0,6

**RMD-C****Référence aux CCT**

**Bruxelles
Vlaanderen
Wallonie**

**RMD (C, D)

RMD (C, D)**

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	g
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	r
Couche de reprofilage	r
Réparation localisée	r
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	b
Voirie urbaine	trafic lourd et important	g
	trafic lourd et faible	g
	trafic léger et important	g
	Voirie locale	b
Voirie rurale	trafic faible	g
	trafic moyen	g
	trafic important	g
	Voirie agricole	y
	Voirie industrielle	y
	Tram	y
	Cyclo	y
	Piéton	y
	Carrefour	b
	Virage dangereux	b
Parking	trafic lourd	y
	trafic léger	b
	Parking sur toiture	r
	Aire de stockage	y
Aéroport	piste	y
	taxiway	y
	stationnement avions	y
	Sport	y
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	o
Fissuration réfléctive	o
Orniérage	b
Déformation sous charges statiques	b
Déformation par cisaillement	y
Plumage	o
Sensibilité aux produits chimiques	r

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	b
Imperméabilité	o
Drainabilité	b
Réduction du bruit de roulement	b

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	y
Pose manuelle	r
Possibilité d'incorporation de gdb	r

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Revêtement ultra mince grenu RUMG (C, D)	Ultra thin layer	---	108
Splitt Mastix Emulsie SME-D	Ultra thin layer	---	

Description:

Enrobé à squelette pierreux et à granulométrie discontinue.
Couche de roulement ultra-mince utilisée en construction neuve ou en entretien (overlay).
Teneur en liant faible (avant remontée du bitume de la couche de collage dans le corps de l'enrobé).
Types de liants utilisés: RUMG: bitume routier 50/70 ou **bitume routier 70/100** - SME: **Bitume élastomère**.

Caractéristiques principales:

Durabilité moyenne.
Restaure l'imperméabilité du support et confère une bonne drainabilité superficielle, une bonne rugosité (RUMG-C uniquement), une bonne résistance à l'orniérage et d'excellentes caractéristiques acoustiques au revêtement.
Sa composition en fait un mélange impossible à mettre en œuvre manuellement et donc à réparer.
Son épaisseur doit être rigoureusement constante.
Couche de collage d'émulsion de bitume élastomère laissant de 300 à 500 g/m² de liant résiduel. Le bitume de la couche de collage doit remonter dans le corps de l'enrobé.

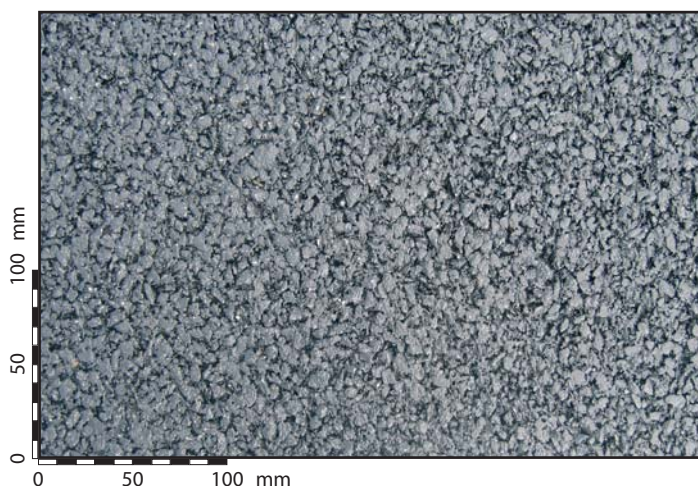
Domaines d'utilisation et limitations:

Convient particulièrement pour les autoroutes.
Est proscrit pour les chaussées à géométrie compliquée.
Nécessite un support peu dégradé permettant la pose de la couche en épaisseur constante.
Son utilisation en épaisseur variable est proscrite.
Ne convient pas pour les usagers légers, ni pour les zones avec efforts tangentiels importants.
Convient très bien au recouvrement des revêtements en béton armé continu.
Sa très faible épaisseur et sa composition le rendent incompatible avec les systèmes d'interface antifissures.

Commentaires:

Pose au finisseur à rampe d'épandage intégrée obligatoire.

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
RUMG-C	10	15			8	0,4
RUMG-D	6,3	15	na	na	8	0,4
SME-D	6,3	25			8	0,8



RUMG-D

Référence aux CCT

**Bruxelles
Vlaanderen
Wallonie**

**SME-D
RUMG (C, D)**

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	g
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	r
Couche de reprofilage	r
Réparation localisée	r
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	g
Voirie urbaine	trafic lourd et important	b
	trafic lourd et faible	y
	trafic léger et important	b
	Voirie locale	y
Voirie rurale	trafic faible	y
	trafic moyen	b
	trafic important	b
	Voirie agricole	r
	Voirie industrielle	r
	Tram	r
	Cyclo	r
	Piéton	r
	Carrefour	r
	Virage dangereux	y
Parking	trafic lourd	r
	trafic léger	r
	Parking sur toiture	r
	Aire de stockage	r
Aéroport	piste	r
	taxiway	r
	stationnement avions	r
	Sport	r
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	y
Fissuration réfléctive	r
Orniérage	g
Déformation sous charges statiques	b
Déformation par cisaillement	b
Plumage	y
Sensibilité aux produits chimiques	o

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	b
Imperméabilité	b
Drainabilité	b
Réduction du bruit de roulement	g

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	r
Pose manuelle	r
Possibilité d'incorporation de gdb	r

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Epaiss.	T. liant	T. grav.	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Epaiss.	l'épaisseur (en mm) est donné à titre indicatif
T. liant T. grav.	les taux minima de liant (l/m ²) et de gravillons (kg/m ²)
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description): il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Enduit superficiel monocouche simple gravillonnage

Surface dressing

201

Description:

Traitement superficiel utilisé en entretien principalement.
Couche de liant suivie d'une seule couche de gravillons (2/4; 4/6,3; 6,3/10 ou 10/14).
Types de liants utilisés: **Bitume routier** et bitume polymère (en émulsion ou bitume fluidifié).

Caractéristiques principales:

Durabilité faible.
Restaure une bonne imperméabilité, rugosité et drainabilité superficielle.
Mauvaises caractéristiques acoustiques (pour les calibres élevés).
Rejet systématique de pierres inhérent au procédé.
Rapidité d'exécution.
Maintien des niveaux.

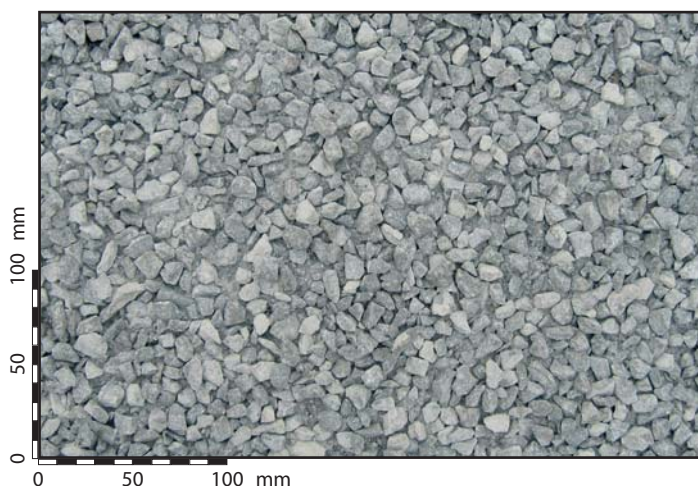
Domaines d'utilisation et limitations:

La pose est proscrite entre début octobre et mi-avril. Les conditions d'application et les limitations sont définies à la réf. 8.
Le rejet initial de pierres après la mise en œuvre peut être problématique dans certains cas (par exemple en zone urbaine).
Le support doit présenter un état général suffisamment bon. Des travaux préalables, tels que rétablir l'uni, réparer les nids de poules et flaches ou traiter les zones fissurées et poreuses, peuvent être nécessaires.
Ne convient pas pour les zones soumises à d'importants efforts tangentiels.
Convient principalement pour les voiries à trafic faible.

Commentaires:

Il prolonge la durée de vie d'un revêtement bitumineux à moindre coût.
Technique «sensible» dont les principales pathologies sont le plumage et le ressuage.

Type	Calibre	Epaiss.	T. liant	T. grav.	T° min	Prix / BB-1B
2/4	4	5	0,55	3,2	10	0,4
4/6,3	6,3	5	0,8	5,5	10	0,4
6,3/10	10	10	0,9	8	10	0,4
10/14	14	15	1,2	10,5	10	0,4



Enduit monocouche simple gravillonnage

Référence aux CCT

**Bruxelles
Vlaanderen
Wallonie**

**ES mono simple grav.
Eenl. bestrijking
ES mono simple grav.**

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	na
Traitement superficiel	g
Couche de liaison	na
Couche de reprofilage	na
Réparation localisée	b
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	r
Voirie urbaine	trafic lourd et important	y
	trafic lourd et faible	y
	trafic léger et important	y
	Voirie locale	b
Voirie rurale	trafic faible	g
	trafic moyen	b
	trafic important	y
	Voirie agricole	g
	Voirie industrielle	y
	Tram	r
	Cyclo	b
	Piéton	y
	Carrefour	y
	Virage dangereux	r
Parking	trafic lourd	r
	trafic léger	y
	Parking sur toiture	y
	Aire de stockage	r
Aéroport	piste	r
	taxiway	r
	stationnement avions	r
	Sport	r
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	g
Fissuration réfléctive	r
Orniérage	na
Déformation sous charges statiques	na
Déformation par cisaillement	y
Plumage	r
Sensibilité aux produits chimiques	o

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	b
Imperméabilité	g
Drainabilité	b
Réduction du bruit de roulement	r

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	b
Pose manuelle	r
Possibilité d'incorporation de gdb	na

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Epaiss.	T. liant	T. grav.	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Epaiss.	l'épaisseur (en mm) est donné à titre indicatif
T. liant T. grav.	les taux minima de liant (l/m ²) et de gravillons (kg/m ²)
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Enduit superficiel monocouche double gravillonnage

Surface dressing

202

Description:

Traitement superficiel utilisé en entretien principalement.
Couche de liant suivie d'une couche de gravillons de calibre élevé non jointifs et d'une couche de gravillons de granularité plus fine (10/14 + 4/6,3 et 6,3/10 + 4/6,3).
Types de liants utilisés: **Bitume routier** et bitume polymère (en émulsion ou bitume fluidifié).

Caractéristiques principales:

Durabilité faible.
L'objectif principal est d'assurer une forte rugosité.
Restaure une bonne imperméabilité et drainabilité superficielle.
Mauvaises caractéristiques acoustiques (pour les calibres élevés).
Rejet systématique de pierres inhérent au procédé.
Rapidité d'exécution.
Maintien des niveaux.

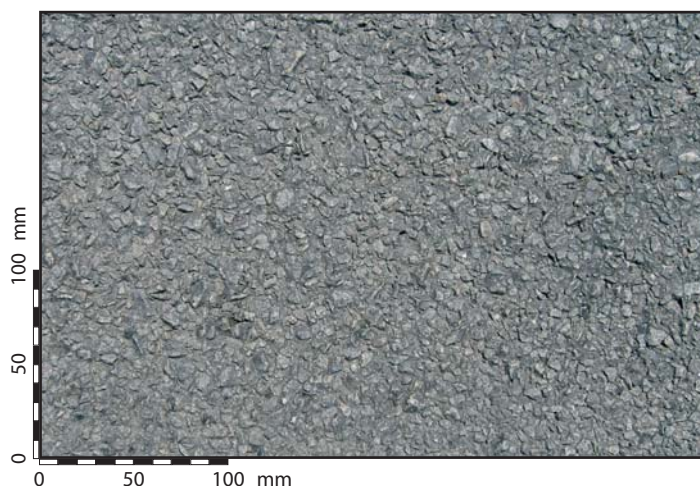
Domaines d'utilisation et limitations:

La pose est proscrite entre début octobre et mi-avril. Les conditions d'application et les limitations sont définies à la réf. 8.
Le rejet initial de pierres après la mise en œuvre peut être problématique dans certains cas (par exemple en zone urbaine).
Le support doit présenter un état général suffisamment bon. Des travaux préalables, tels que rétablir l'uni, réparer les nids de poules et flaches ou traiter les zones fissurées et poreuses, peuvent être nécessaires.
Ne convient pas pour les zones soumises à d'importants efforts tangentiels.
Convient principalement pour les voiries à trafic important où une rugosité élevée est recherchée.

Commentaires:

Il prolonge la durée de vie d'un revêtement bitumineux à moindre coût.
Technique «sensible» dont les principales pathologies sont le plumage et le ressuage.
Cette technique est actuellement très peu utilisée.

Type	Calibre	Epaiss.	T. liant	T. grav.	T° min	Prix / BB-1B
10/14 + 4/6,3	14 6,3	15	1,2	7,5 6	10	0,4
6,3/10 + 4/6,3	10 6,3	10	1	6,5 5	10	0,4



Enduit monocouche double gravillonnage

Référence aux CCT

**Bruxelles
Vlaanderen
Wallonie**

ES mono double grav.

ES mono double grav.

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	na
Traitement superficiel	g
Couche de liaison	na
Couche de reprofilage	na
Réparation localisée	r
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	r
Voirie urbaine	trafic lourd et important	y
	trafic lourd et faible	y
	trafic léger et important	y
	Voirie locale	y
Voirie rurale	trafic faible	y
	trafic moyen	y
	trafic important	b
	Voirie agricole	y
	Voirie industrielle	y
	Tram	r
	Cyclo	y
	Piéton	y
	Carrefour	y
	Virage dangereux	r
Parking	trafic lourd	r
	trafic léger	r
	Parking sur toiture	r
	Aire de stockage	r
Aéroport	piste	r
	taxiway	r
	stationnement avions	r
	Sport	r
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	g
Fissuration réfléctive	r
Orniérage	na
Déformation sous charges statiques	na
Déformation par cisaillement	y
Plumage	r
Sensibilité aux produits chimiques	o

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	b
Imperméabilité	g
Drainabilité	b
Réduction du bruit de roulement	r

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	b
Pose manuelle	r
Possibilité d'incorporation de gdb	na

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Epaiss.	T. liant	T. grav.	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Epaiss.	l'épaisseur (en mm) est donné à titre indicatif
T. liant T. grav.	les taux minima de liant (l/m ²) et de gravillons (kg/m ²)
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description): il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Enduit superficiel bicouche

Surface dressing

203

Description:

Traitement superficiel utilisé en entretien principalement.
Succession d'une couche de liant, de gravillons non jointifs, d'une couche de liant et de gravillons plus fins (10/14 + 4/6,3 et 6,3/10 + 4/6,3).
Types de liants utilisés: **Bitume routier** et bitume polymère (en émulsion généralement ou bitume fluidifié).

Caractéristiques principales:

Durabilité faible à moyenne.
Restaure une bonne imperméabilité, rugosité et drainabilité superficielle.
Mauvaises caractéristiques acoustiques (pour les calibres élevés).
Rejet systématique de pierres inhérent au procédé.
Rapidité d'exécution.
Maintien des niveaux.

Domaines d'utilisation et limitations:

La pose est proscrite entre début octobre et mi-avril. Les conditions d'application et les limitations sont définies à la réf. 8.
Le rejet initial de pierres après la mise en œuvre peut être problématique dans certains cas (par exemple en zone urbaine).
Le support doit présenter un état général suffisamment bon. Des travaux préalables, tels que rétablir l'uni, réparer les nids de poules et flaches ou traiter les zones fissurées et poreuses, peuvent être nécessaires.
Ne convient pas pour les zones soumises à d'importants efforts tangentiels.
Convient principalement pour les voiries à trafic important.

Commentaires:

Il prolonge la durée de vie d'un revêtement bitumineux à moindre coût.
Technique «sensible» dont les principales pathologies sont le plumage et le ressuage.

Type	Calibre	Epaiss.	T. liant	T. grav.	T° min	Prix / BB-1B
2/10	10 4	10	0,7 0,6	6,5 4	10	0,5
4/10	10 6,3	10	0,7 0,9	6,5 5	10	0,5
4/14	14 6,3	15	0,8 0,9	7,5 5	10	0,5



Enduit bicouche

Référence aux CCT

**Bruxelles
Vlaanderen
Wallonie**

**ES bicouche
Tweel. bestrijking
ES bicouche**

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	na
Traitement superficiel	g
Couche de liaison	na
Couche de reprofilage	na
Réparation localisée	r
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	y
Voirie urbaine	trafic lourd et important	b
	trafic lourd et faible	b
	trafic léger et important	b
	Voirie locale	b
Voirie rurale	trafic faible	b
	trafic moyen	b
	trafic important	g
	Voirie agricole	g
	Voirie industrielle	y
	Tram	r
	Cyclo	y
	Piéton	y
	Carrefour	y
	Virage dangereux	r
Parking	trafic lourd	r
	trafic léger	y
	Parking sur toiture	y
	Aire de stockage	r
Aéroport	piste	r
	taxiway	r
	stationnement avions	r
	Sport	r
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	g
Fissuration réfléctive	r
Orniérage	na
Déformation sous charges statiques	na
Déformation par cisaillement	y
Plumage	r
Sensibilité aux produits chimiques	o

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	b
Imperméabilité	g
Drainabilité	b
Réduction du bruit de roulement	r

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	b
Pose manuelle	r
Possibilité d'incorporation de gdb	na

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Epaiss.	T. liant	T. grav.	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Epaiss.	l'épaisseur (en mm) est donné à titre indicatif
T. liant T. grav.	les taux minima de liant (l/m ²) et de gravillons (kg/m ²)
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description): il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Enduit superficiel à haute performance

ESHP

204

Description:

Traitement superficiel utilisé, principalement en entretien et parfois en construction neuve, pour conférer au revêtement une rugosité très élevée. Couche de liant suivie d'une seule couche de gravillons (2/4) à caractéristiques intrinsèques mécaniques très élevées (notamment le PSV)
Types de liants utilisés: **Résine époxy deux composants.**

Caractéristiques principales:

Durabilité faible à moyenne.
Confère une excellente rugosité au revêtement.
Absence de rejet initial des pierres.
Il est très sensible à la fissuration du support, mais à l'inverse il peut entraîner la fissuration du support.
Enduit à haute résistance aux efforts tangentiels.

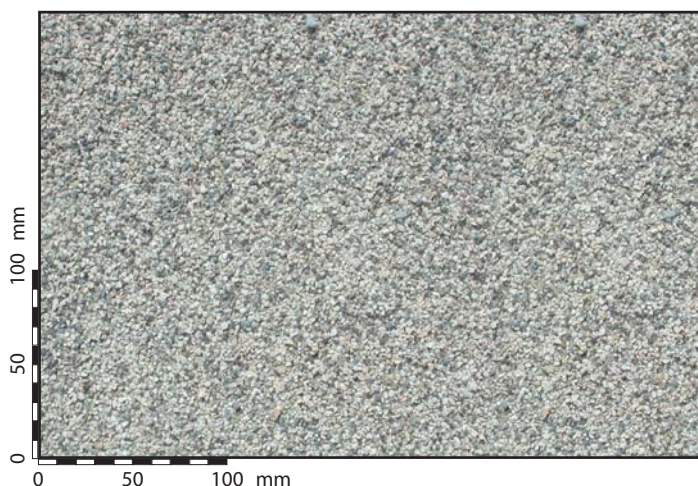
Domaines d'utilisation et limitations:

La pose est proscrite entre début octobre et mi-avril. Les conditions d'application et les limitations sont définies à la réf. 8.
Le support doit être impérativement de bonne qualité.
Principalement utilisé à l'approche des carrefours et ronds-points, dans les virages dangereux, sur les pistes d'aéroports, etc.

Commentaires:

Le prix très élevé limite son usage à des applications particulières.
Il permet dans certains cas de conférer au revêtement une couleur particulière (gravillons de couleur).
Une formulation spéciale (liant adapté) peut être nécessaire pour les pistes d'aéroports.

Type	Calibre	Epaiss.	T. liant	T. grav.	T° min	Prix / BB-1B
2/4	4	5	1,5	7	10	6,0



ESHP

Référence aux CCT

Bruxelles
Vlaanderen
Wallonie

Hoogw. bestrijk.
ESHP

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	na
Traitement superficiel	g
Couche de liaison	na
Couche de reprofilage	na
Réparation localisée	r
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	b
Voirie urbaine	trafic lourd et important	b
	trafic lourd et faible	b
	trafic léger et important	b
	Voirie locale	y
Voirie rurale	trafic faible	y
	trafic moyen	y
	trafic important	y
	Voirie agricole	r
	Voirie industrielle	y
	Tram	r
	Cyclo	r
	Piéton	r
	Carrefour	g
	Virage dangereux	g
Parking	trafic lourd	r
	trafic léger	r
	Parking sur toiture	y
	Aire de stockage	r
Aéroport	piste	g
	taxiway	r
	stationnement avions	r
	Sport	r
	Pont	y

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	r
Fissuration réfléctive	r
Orniérage	na
Déformation sous charges statiques	na
Déformation par cisaillement	g
Plumage	b
Sensibilité aux produits chimiques	o

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	g
Imperméabilité	g
Drainabilité	y
Réduction du bruit de roulement	y

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	r
Pose manuelle	r
Possibilité d'incorporation de gdb	na

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Epaiss.	Taux W	Taux VL	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Epaiss.	l'épaisseur (en mm) est donné à titre indicatif
Taux W Taux VL	taux d'épandage (kg/m ²): minima du RW 99 (W) et du SB 250 (VL)
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description): il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Revêtement bitumineux coulé à froid monocouche RBCF

Slurry Surfacing

205

Description:

Traitement superficiel utilisé en entretien principalement.
Mélange in situ d'émulsion de bitume, de granulats (0/2; 0/4; 0/6,3 et 0/10), de ciment et éventuellement d'additifs et de fibres.
Types de liants utilisés: **Emulsion de bitume routier** ou de bitume polymère. Dans le cas des RBCF colorés, le liant peut être un bitume pigmentable ou un liant synthétique pigmentable.

Caractéristiques principales:

Durabilité faible.
Restaure l'imperméabilité et, selon le calibre, la texture.
Mise en œuvre rapide et maintien des niveaux.

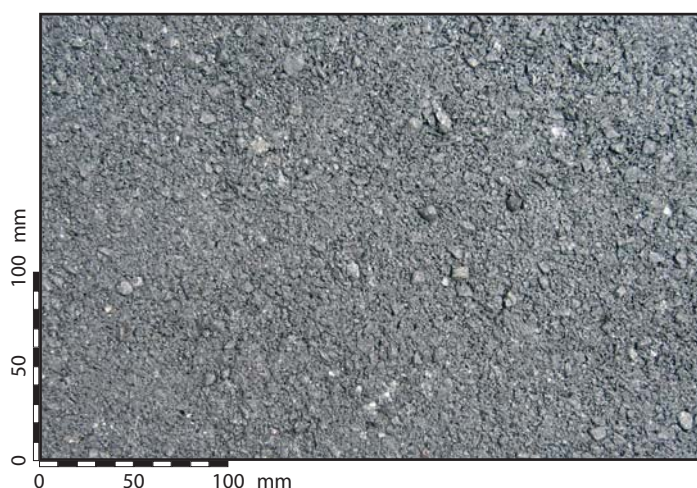
Domaines d'utilisation et limitations:

La pose est limitée à la bonne période (printemps, été). Elle est sensible aux conditions atmosphériques.
Un profilage de faible ampleur est possible.
Coloré, il est utilisé en piste cyclable ou voirie piétonne, terre pleins, etc.

Commentaires:

Il prolonge la durée de vie d'un revêtement bitumineux à moindre coût.

Type	Calibre	Epaiss.	Taux W	Taux VL	T° min	Prix / BB-1B
0/2	2	2	4	5	10	0,4
0/4	4	5	6	8	10	0,4
0/6,3	6,3	7	9	10	10	0,4
0/10	10	10	13	14	10	0,5



RBCF monocouche

Référence aux CCT

Bruxelles Vlaanderen Wallonie	RBCF mono Eenlaagse slem RBCF mono
-------------------------------------	--

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	na
Traitement superficiel	g
Couche de liaison	na
Couche de reprofilage	na
Réparation localisée	b
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	b
Voirie urbaine	trafic lourd et important	y
	trafic lourd et faible	y
	trafic léger et important	b
	Voirie locale	g
Voirie rurale	trafic faible	g
	trafic moyen	g
	trafic important	b
	Voirie agricole	y
	Voirie industrielle	y
	Tram	b
	Cyclo	b
	Piéton	b
	Carrefour	y
	Virage dangereux	r
Parking	trafic lourd	y
	trafic léger	b
	Parking sur toiture	b
	Aire de stockage	r
Aéroport	piste	r
	taxiway	r
	stationnement avions	r
	Sport	b
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	b
Fissuration réfléctive	r
Orniérage	r
Déformation sous charges statiques	r
Déformation par cisaillement	y
Plumage	y
Sensibilité aux produits chimiques	y

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	y
Imperméabilité	y
Drainabilité	y
Réduction du bruit de roulement	y

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	b
Pose manuelle	b
Possibilité d'incorporation de gdb	na

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Epaiss.	Taux W-B	Taux VL	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Epaiss.	l'épaisseur (en mm) est donné à titre indicatif
Taux W-B Taux VL	taux d'épandage (kg/m ²): minima du RW 99 (W), CCT 2000 (B) et du SB 250 (VL)
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description): il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Revêtement bitumineux coulé à froid bicouche

RBCF

Slurry Surfacing

206

Description:

Traitement superficiel utilisé en entretien principalement.
 Traitement superficiel obtenu par la pose successive de deux RBCF monocouches.

Description: cf. fiche 205.

Caractéristiques principales:

Durabilité faible à moyenne.
 Le RBCF inférieur sert principalement à assurer l'accrochage du complexe de RBCF sur le revêtement existant et à restaurer son imperméabilité. Il est pour ce faire riche en émulsion.
 La texture du RBCF supérieur procure la rugosité à l'ensemble.
 Mise en œuvre rapide et maintien des niveaux.

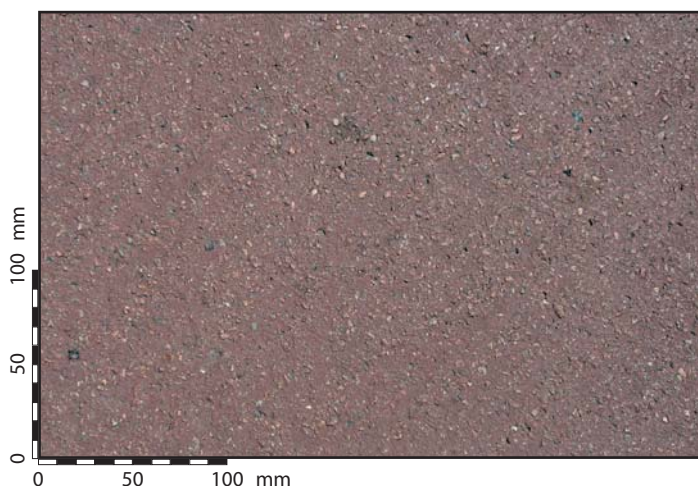
Domaines d'utilisation et limitations:

La pose est limitée à la bonne période (printemps, été). Elle est sensible aux conditions atmosphériques.
 Un profilage de faible ampleur est possible.
 Il convient mieux que le RBCF monocouche pour des supports légèrement fissurés.
 Est indiqué pour des voiries à trafic (léger) moyen ou important.

Commentaires:

Le passage du trafic n'est pas autorisé sur le RBCF inférieur.
 Le RBCF supérieur peut être posé dès que le RBCF inférieur a fait prise.
 Le RBCF supérieur peut être coloré.

Type	Calibre	Epaiss.	Taux W-B	Taux VL	T° min	Prix / BB-1B
0/2 ou 0/4	2 4	2 5	4 6	5 8	10 10	0,6
+ 0/4 ou 0/6,3 ou 0/10	4 6,3 10	5 7 10	6 9 13	8 10 14	10 10 10	



RBCF bicouche

Référence aux CCT

Bruxelles Vlaanderen Wallonie	RBCF bicouche Tweelaagse slem RBCF bicouche
-------------------------------------	---

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	na
Traitement superficiel	g
Couche de liaison	na
Couche de reprofilage	na
Réparation localisée	b
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

Autoroute		b
Voirie urbaine	trafic lourd et important	y
	trafic lourd et faible	y
	trafic léger et important	g
Voirie locale		b
Voirie rurale	trafic faible	b
	trafic moyen	b
	trafic important	g
Voirie agricole		y
Voirie industrielle		y
Tram		b
Cyclo		b
Piéton		b
Carrefour		y
Virage dangereux		r
Parking	trafic lourd	y
	trafic léger	b
Parking sur toiture		b
Aire de stockage		r
Aéroport	piste	r
	taxiway	r
	stationnement avions	r
Sport		b
Pont		b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	b
Fissuration réfléctive	r
Orniérage	r
Déformation sous charges statiques	r
Déformation par cisaillement	y
Plumage	y
Sensibilité aux produits chimiques	y

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	y
Imperméabilité	b
Drainabilité	y
Réduction du bruit de roulement	y

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	b
Pose manuelle	b
Possibilité d'incorporation de gdb	na

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Epaiss.	T. liant	T. grav.	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Epaiss.	l'épaisseur (en mm) est donné à titre indicatif
T. liant T. grav.	les taux minima de liant (l/m ²) et de gravillons (kg/m ²)
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Enduit superficiel scellé par un RBCF

207

Description:

Traitement superficiel utilisé en entretien principalement.
Enduit monocouche simple gravillonnage suivi d'un RBCF.
Types de liants utilisés: **Emulsion de bitume routier** ou de bitume polymère pour l'enduit et le RBCF.

Caractéristiques principales:

Durabilité faible à moyenne.
Allie les avantages des deux types de traitements superficiels. Il élimine le rejet initial des gravillons, il est moins bruyant qu'un enduit superficiel. La rugosité est plus faible que dans le cas d'un enduit (du même calibre).

Domaines d'utilisation et limitations:

La pose est proscrite entre début octobre et mi-avril. Les conditions d'application et les limitations sont définies à la réf. 8.
Le support doit présenter un état général suffisamment bon. Des travaux préalables, tels que rétablir l'uni, réparer les nids de poules et flaches ou traiter les zones fissurées et poreuses, peuvent être nécessaires.
Cette technique est appréciée en agglomération (absence de rejet initial de gravillons).

Commentaires:

La mosaïque de l'enduit est moins serrée que celle d'un monocouche simple gravillonnage.
Tout trafic est interdit sur l'enduit.

Type	Calibre	Epaiss.	T. liant	T. grav.	T° min	Prix / BB-1B
4/6,3 + RBCF	14	10	1	4 à 6	10	0,8
6,3/10 + RBCF	10	15	1,2	5 à 7	10	0,9



Enduit superficiel scellé par un RBCF

Référence aux CCT

Bruxelles Vlaanderen Wallonie	Bestr. met slemafdring ES scellé par RBCF
--	--

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	na
Traitement superficiel	g
Couche de liaison	na
Couche de reprofilage	na
Réparation localisée	b
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	b
Voirie urbaine	trafic lourd et important	b
	trafic lourd et faible	b
	trafic léger et important	g
	Voirie locale	g
Voirie rurale	trafic faible	b
	trafic moyen	b
	trafic important	b
	Voirie agricole	y
	Voirie industrielle	y
	Tram	b
	Cyclo	b
	Piéton	b
	Carrefour	y
	Virage dangereux	r
Parking	trafic lourd	b
	trafic léger	b
	Parking sur toiture	b
	Aire de stockage	r
Aéroport	piste	r
	taxiway	r
	stationnement avions	r
	Sport	r
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	b
Fissuration réfléctive	r
Orniérage	r
Déformation sous charges statiques	r
Déformation par cisaillement	y
Plumage	y
Sensibilité aux produits chimiques	y

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	b
Imperméabilité	g
Drainabilité	y
Réduction du bruit de roulement	y

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	y
Pose manuelle	r
Possibilité d'incorporation de gdb	na

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Asphalte coulé pour réparation localisée ou revêtement

Mastic Asphalt

301

Description:

Mélange fermé à squelette de filler et à granulométrie continue contenant des sables et des pierres.
Couches de roulement (voire de liaison) minces ou très minces pour utilisations spécifiques (parkings sur toiture, voies de tram, piétons, etc.); également matériau pour réparations localisées des revêtements.
Teneur en liant élevée.
Types de liants utilisés: **Bitume routier 35/50**, bitume routier 35/50 avec ajout d'additifs.

Caractéristiques principales:

Durabilité moyenne à élevée en couche de roulement, faible en réparation.
Imperméable.
Faible résistance à l'orniérage et au poinçonnement; celle-ci peut être améliorée par l'utilisation de bitumes-polymères et/ou de bitume routier 35/50 avec ajout d'additifs.

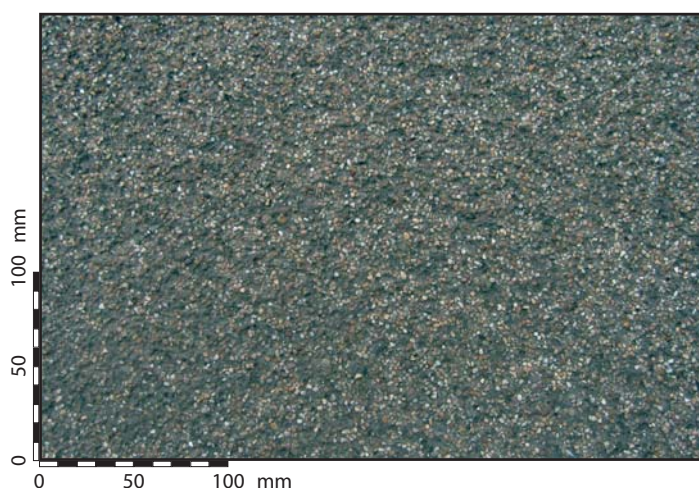
Domaines d'utilisation et limitations:

Particulièrement indiqué comme couche de roulement des parkings sur toiture, moyennant adaptation du liant (pas de bitume routier 35/50 non additionné).
Se prête bien au travail manuel (géométrie compliquée, accès de chantier difficile, réparations, etc.).
En tant que matériau de réparations permet d'effectuer des réparations plus durables que celles réalisées avec des enrobés stockables.
L'épaisseur limitée de chaque couche nécessite parfois un travail en plusieurs phases.
Pente maximale du support pour une composition standard: 6 %.
Reprofilage quasi impossible.

Commentaires:

Le mélange est fabriqué dans une centrale d'enrobage adaptée (résistant à des températures très élevées). Il doit être transporté dans un malaxeur chauffant mobile, se pose, généralement manuellement, entre 200 et 240 °C et ne nécessite pas de compactage.
Un traitement de surface adapté (généralement un gravillonnage) lui procure la rugosité demandée.
Du fait de son imperméabilité, la couche présente un risque latent de cloquage.

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
	6,3	30	25	35	2	2,3
	10	30	25	35	2	2,3



Revêtement en AC, muni de son traitement de surface

Référence aux CCT

Bruxelles Vlaanderen Wallonie	---
	Verh. van gietasfalt AC pour répar. local.

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	g
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	r
Couche de reprofilage	r
Réparation localisée	g
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	r
Voirie urbaine	trafic lourd et important	r
	trafic lourd et faible	r
	trafic léger et important	r
	Voirie locale	r
Voirie rurale	trafic faible	r
	trafic moyen	r
	trafic important	r
	Voirie agricole	r
	Voirie industrielle	r
	Tram	g
	Cyclo	b
	Piéton	g
	Carrefour	r
	Virage dangereux	r
Parking	trafic lourd	r
	trafic léger	r
	Parking sur toiture	g
	Aire de stockage	b
Aéroport	piste	r
	taxiway	r
	stationnement avions	r
	Sport	b
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	o
Fissuration réfléctive	y
Orniérage	r
Déformation sous charges statiques	r
Déformation par cisaillement	r
Plumage	g
Sensibilité aux produits chimiques	y

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	r
Imperméabilité	g
Drainabilité	r
Réduction du bruit de roulement	y

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	g
Pose manuelle	g
Possibilité d'incorporation de gdb	r

Les codes couleurs ne concernent que les revêtements en asphalte coulé.
En tant que matériau de réparation, les codes couleurs sont bleus pour l'ensemble des domaines d'application.

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Enrobé percolé

302

Description:

Couche de roulement épaisse et fermée consistant en un enrobé drainant dont les vides sont remplis par un RBCF de mortier à base de liant hydraulique (éventuellement amélioré par des adjuvants).
Type de liant utilisé pour l'enrobé ouvert: **Bitume routier**.

Caractéristiques principales:

Durabilité élevée.
Résistance très élevée au poinçonnement, à l'orniérage, et aux efforts tangentiels.
Résistance aux agressions chimiques (avec RBCF adapté).
Risque de mini-fissuration thermique, mais ne nécessite pas de joints de retrait (contrairement aux revêtements en béton de ciment).
Il associe la souplesse d'une matrice en enrobé bitumineux à la résistance d'un mortier de ciment.

Domaines d'utilisation et limitations:

Convient très bien aux aires de stockage de containers, aux parkings pour poids lourds et voies et arrêts de bus.

Mise en circulation (dépend du temps de prise du ciment):

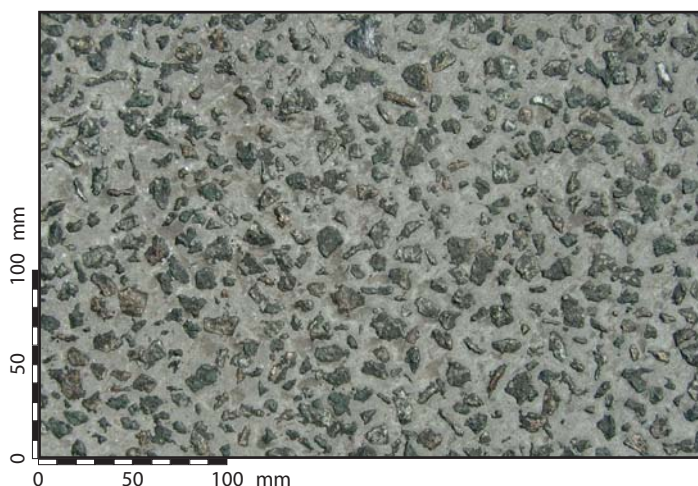
- véhicules légers: 7 jours;
- circulation lourde: minimum 14 jours (en fonction de l'agressivité du trafic).

Il peut servir de revêtement anti-kérosène sous certaines conditions.

Commentaires:

La mise en œuvre du RBCF (vibration) doit être soignée pour que celui-ci percole toute l'épaisseur de l'enrobé drainant.
Un excès de RBCF peut engendrer des problèmes de glissance.
Couleur généralement grise mais peut être modifiée par coloration dans la masse du RBCF et/ou utilisation de pierres de couleur adaptée.
Prix relativement élevé.

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
	14	40	na	na	8	2,5
	10	30			8	2,1



Enrobé percolé

Référence aux CCT

Bruxelles	---
Vlaanderen	---
Wallonie	---

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	g
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	r
Couche de reprofilage	r
Réparation localisée	r
Utilisation particulière	x

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	r
Voirie urbaine	trafic lourd et important	r
	trafic lourd et faible	r
	trafic léger et important	r
	Voirie locale	r
Voirie rurale	trafic faible	r
	trafic moyen	r
	trafic important	r
	Voirie agricole	r
	Voirie industrielle	g
	Tram	r
	Cyclo	r
	Piéton	r
	Carrefour	r
	Virage dangereux	r
Parking	trafic lourd	g
	trafic léger	y
	Parking sur toiture	r
	Aire de stockage	g
Aéroport	piste	r
	taxiway	r
	stationnement avions	b
	Sport	r
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	r
Fissuration réfléctive	y
Orniérage	g
Déformation sous charges statiques	g
Déformation par cisaillement	g
Plumage	g
Sensibilité aux produits chimiques	o

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	o
Imperméabilité	y
Drainabilité	r
Réduction du bruit de roulement	y

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	y
Pose manuelle	r
Possibilité d'incorporation de gdb	r

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Béton bitumineux à module élevé

BBME

303

Description:

Enrobé fermé, à squelette sableux et à granulométrie le plus souvent continue.
Couche de roulement épaisse utilisée en construction neuve ou en entretien (inlay ou overlay).
Teneur en liant moyenne.
Type de liant utilisé: **Bitume routier 35/50** ou 50/70 ou bitume polymère avec ajout de polyoléfines ou de uinate.

Caractéristiques principales:

Apparu au début des années 90, il présente une durabilité moyenne; il est trop tôt actuellement pour pouvoir lui attribuer une durabilité élevée. Présente une très bonne tenue à l'orniérage, ainsi qu'une bonne résistance à la fissuration.

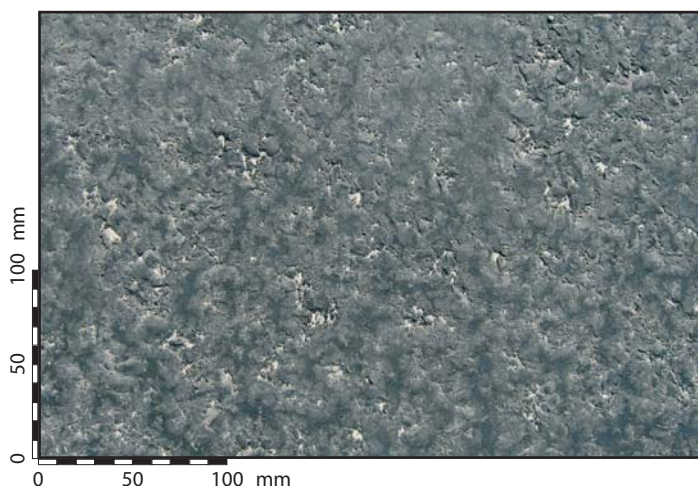
Domaines d'utilisation et limitations:

Particulièrement bien adapté en couche de roulement de chaussées fortement sollicitées par des trafics lourds canalisés (autoroutes, voies lentes, rampes et voies de bus), en plates-formes industrielles et en chaussées aéroportuaires.
La pose manuelle est vivement déconseillée.

Commentaires:

L'expérience belge avec ce type d'enrobé est fort réduite en 2006. Les caractéristiques définies ci-dessus dérivent donc principalement de l'expérience étrangère (notamment française) et doivent encore être validées par des applications en Belgique.
Dans le cas des enrobés avec polyoléfines, la température de compactage doit être supérieure à 160°C.

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
BBME 0/10	10	60 à 70	50	80	5	1,4
BBME 0/14	14	70 à 90	60	100	5	1,8



BBME

Référence aux CCT

Bruxelles
Vlaanderen
Wallonie

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	b
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	b
Couche de reprofilage	y
Réparation localisée	r
Utilisation particulière	x

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	g
Voirie urbaine	trafic lourd et important	g
	trafic lourd et faible	g
	trafic léger et important	b
	Voirie locale	r
Voirie rurale	trafic faible	y
	trafic moyen	y
	trafic important	y
	Voirie agricole	y
	Voirie industrielle	g
	Tram	r
	Cyclo	r
	Piéton	r
	Carrefour	g
	Virage dangereux	b
Parking	trafic lourd	b
	trafic léger	r
	Parking sur toiture	r
	Aire de stockage	b
Aéroport	piste	b
	taxiway	b
	stationnement avions	b
	Sport	r
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	b
Fissuration réfléctive	b
Orniérage	b
Déformation sous charges statiques	b
Déformation par cisaillement	b
Plumage	b
Sensibilité aux produits chimiques	o

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	b
Imperméabilité	b
Drainabilité	y
Réduction du bruit de roulement	y

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	y
Pose manuelle	y
Possibilité d'incorporation de gdb	y

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Béton bitumineux**BB-3
(A, B, C, D)**

Asphalt concrete

AC-(20; 14; 10; 6,3)

type 3

401**Description:**

Enrobé fermé, à squelette sableux et à granulométrie continue.
Couche de liaison ou de reprofilage épaisse utilisée en construction neuve ou en entretien.
Teneur en liant faible.
Types de liants utilisés: **Bitume routier 50/70**, bitume dur, bitumes polymères, ajout de uintate.

Caractéristiques principales:

Durabilité élevée.
Résistance limitée à la déformation permanente. Cependant, une amélioration de la résistance à l'orniérage est possible par l'utilisation de bitume dur, bitumes polymères, ajout de uintate ou de polyoléfinés.
Bien qu'il s'agisse d'un mélange fermé, sa teneur en vides ne permet pas de le considérer comme imperméable.

Domaines d'utilisation et limitations:

Indiqué pour pratiquement toutes les couches de liaison et de profilage.
Il est conseillé d'utiliser un BB-3D (ou C) pour le profilage sur pavage et dalles de béton.
Sans une adaptation du liant, il est très difficile de satisfaire aux exigences concernant l'orniérage pour les classes les plus élevées de trafic.

Commentaires:

Pour éviter une hétérogénéité des teneurs en vides et des niveaux suite aux actions de compactage, le reprofilage doit se faire par la pose successive de couches d'épaisseur adaptée.
Le choix et l'épaisseur des couches (qui fixe le type de BB-3) est fonction de l'épaisseur totale du revêtement obtenue par un calcul de dimensionnement.

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
BB-3A	20	60 à 80	50	90	2	1,3 (80 mm)
BB-3B	14	40 à 60	35	70	2	0,9 (50 mm)
BB-3C	10	30 à 40	25	50	8	0,8 (40 mm)
BB-3D	6,3	20 à 30	15	35	8	0,7 (30 mm)

**BB-3B****Référence aux CCT**

Bruxelles	BB-3/AB-3 (A, B, D)
Vlaanderen	AB-3 (A, B, D)
Wallonie	BB-3 (A, B, C, D)

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	r
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	g
Couche de reprofilage	g
Réparation localisée	g
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	g
Voirie urbaine	trafic lourd et important	g
	trafic lourd et faible	g
	trafic léger et important	g
	Voirie locale	g
Voirie rurale	trafic faible	g
	trafic moyen	g
	trafic important	g
	Voirie agricole	g
	Voirie industrielle	g
	Tram	b
	Cyclo	g
	Piéton	g
	Carrefour	g
	Virage dangereux	g
Parking	trafic lourd	g
	trafic léger	g
	Parking sur toiture	r
	Aire de stockage	g
Aéroport	piste	g
	taxiway	g
	stationnement avions	g
	Sport	g
	Pont	g

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	b
Fissuration réfléctive	y
Orniérage	y
Déformation sous charges statiques	y
Déformation par cisaillement	y
Plumage	na
Sensibilité aux produits chimiques	na

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	na
Imperméabilité	y
Drainabilité	na
Réduction du bruit de roulement	na

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	g
Pose manuelle	b
Possibilité d'incorporation de gdb	g

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Sable-bitume

402

Description:

Enrobé fermé à squelette sableux utilisé comme système d'interface anti-fissure.
Composé essentiellement de sable.
En général, le liant est un bitume élastomère.
Dans certains cas, des fibres y sont incorporées.

Caractéristiques principales:

Sensible à l'orniérage.

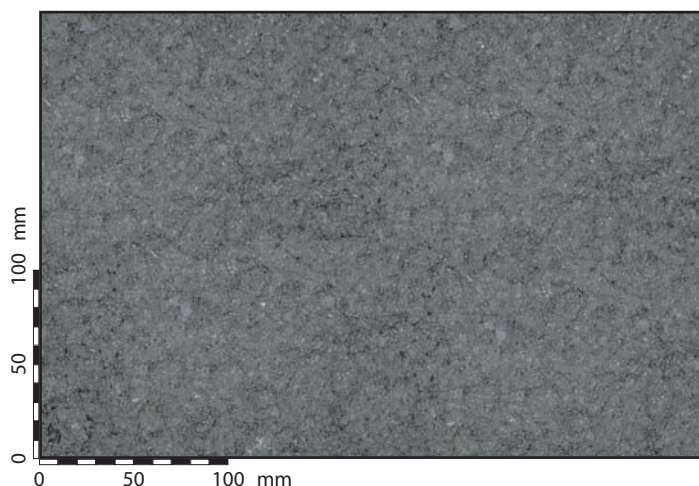
Domaines d'utilisation et limitations:

Système d'interface anti-fissure permettant un léger reprofilage.
Doit être surmonté d'au moins une couche d'enrobés bitumineux.

Commentaires:

Adapté à l'entretien des chaussées semi-rigides présentant des fissures de retrait ou des chaussées en dalles de béton; dans ce cas, la stabilisation préalable des dalles peut s'avérer nécessaire (déterminé par exemple par des mesures au faultimètre).

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
	6,3 4	na	15 15	20 20	10 10	0,6 0,6



Sable-bitume

Référence aux CCT

Bruxelles Vlaanderen Wallonie	Asphalte sableux
---	---

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	na
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	na
Couche de reprofilage	b
Réparation localisée	na
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	r
Voirie urbaine	trafic lourd et important	r
	trafic lourd et faible	r
	trafic léger et important	b
	Voirie locale	b
Voirie rurale	trafic faible	b
	trafic moyen	b
	trafic important	b
	Voirie agricole	y
	Voirie industrielle	r
	Tram	b
	Cyclo	b
	Piéton	b
	Carrefour	b
	Virage dangereux	b
Parking	trafic lourd	r
	trafic léger	b
	Parking sur toiture	r
	Aire de stockage	r
Aéroport	piste	b
	taxiway	b
	stationnement avions	r
	Sport	y
	Pont	r

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	g
Fissuration réfléctive	g
Orniérage	o
Déformation sous charges statiques	r
Déformation par cisaillement	na
Plumage	na
Sensibilité aux produits chimiques	na

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	na
Imperméabilité	y
Drainabilité	na
Réduction du bruit de roulement	na

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	b
Pose manuelle	b
Possibilité d'incorporation de gdb	r

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Asphalte coulé pour chape d'étanchéité

Mastic Asphalt for
Waterproofing

403

Description:

Mélange fermé à squelette de filler et à granulométrie continue contenant principalement des sables.

Couche ultra-mince qui se pose sur la dalle de platelage d'un pont pour étancher celle-ci.

Teneur en liant très élevée (> 15 % en masse du granulat sec) (> 13 % en masse du mélange).

Types de liants utilisés: **Bitume routier 35/50**, bitumes polymères.

Caractéristiques principales:

Durabilité moyenne à élevée.

Totalement imperméable.

Faible résistance mécanique (nécessite une couche de protection).

Sa résistance à l'orniérage et au poinçonnement peut être améliorée par l'utilisation de bitumes polymères.

Domaines d'utilisation et limitations:

Couche d'étanchéité des ponts.

Pente maximale du support: 6 %.

Reprofilage impossible.

Commentaires:

Le mélange est fabriqué dans une centrale d'enrobage adaptée (résistant à des températures très élevées).

Le mélange doit être transporté dans des malaxeurs chauffants mobiles.

Le mélange se pose généralement manuellement entre 200 et 240 °C.

Il est toujours posé en non-adhérence (voire en semi-adhérence) pour éviter le cloquage (interposition d'un voile de verre).

Référence aux CCT

**Bruxelles
Vlaanderen
Wallonie**

AC pour chape d'étanchéité

Gietasfalt voor afdichting

AC pour chape d'étanchéité

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	na
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	na
Couche de reprofilage	na
Réparation localisée	na
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	r
Voirie urbaine	trafic lourd et important	r
	trafic lourd et faible	r
	trafic léger et important	r
	Voirie locale	r
Voirie rurale	trafic faible	r
	trafic moyen	r
	trafic important	r
	Voirie agricole	r
	Voirie industrielle	r
	Tram	r
	Cyclo	r
	Piéton	r
	Carrefour	r
	Virage dangereux	r
Parking	trafic lourd	r
	trafic léger	r
	Parking sur toiture	r
	Aire de stockage	r
Aéroport	piste	r
	taxiway	r
	stationnement avions	r
	Sport	r
	Pont	g

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	o
Fissuration réfléctive	y
Orniérage	o
Déformation sous charges statiques	o
Déformation par cisaillement	o
Plumage	na
Sensibilité aux produits chimiques	na

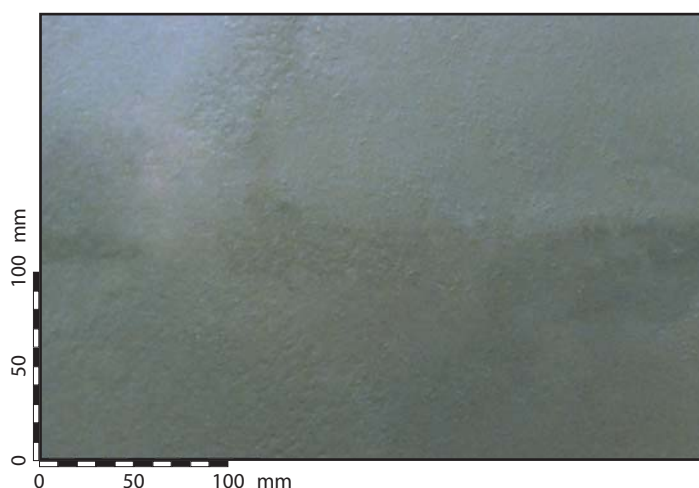
Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	na
Imperméabilité	g
Drainabilité	na
Réduction du bruit de roulement	na

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	g
Pose manuelle	g
Possibilité d'incorporation de gdb	r

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
	4	10	8	12	2	0,9
	4	2 x 7,5	2 x 6,5	2 x 8,5	2	1,3



Asphalte coulé pour chape d'étanchéité

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Asphalte coulé pour chape de protection

Mastic Asphalt

404

Description:

Couche mince qui sert à la protection d'une couche d'étanchéité d'un pont ou d'un parking sur toiture.

Mélange fermé à squelette de filler et à granulométrie continue contenant des sables et des pierres.

Teneur en liant élevée.

Types de liants utilisés: **Bitume routier 35/50**, bitumes-polymères ou ajout d'additifs.

Caractéristiques principales:

Durabilité moyenne à élevée.

Imperméable.

Faible résistance à l'orniérage et au poinçonnement; celle-ci peut-être améliorée par l'utilisation de bitumes-polymères et/ou ajout d'additifs.

Domaines d'utilisation et limitations:

Couche de protection des étanchéités des ponts et de toitures-parking; compatibilité possible (cf. agrément technique) avec des étanchéités autres que l'asphalte coulé telles des feuilles bitumineuses et des résines.

Pente maximale du support: 6 %.

Reprofilage quasi impossible.

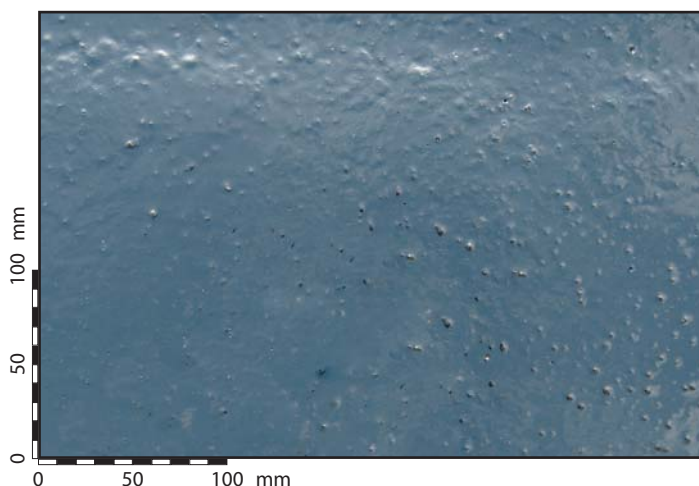
Commentaires:

Le mélange est fabriqué dans une centrale d'enrobage adaptée (résistant à des températures très élevées).

Le mélange doit être transporté dans des malaxeurs chauffants mobiles.

Le mélange se pose, généralement manuellement, entre 200 et 240 °C

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
	6,3	30	25	35	2	2,0
	6,3	25	22	28	2	1,7



Asphalte coulé pour chape de protection

Référence aux CCT

**Bruxelles
Vlaanderen
Wallonie**

AC de protection
Gietasfalt vr bescherm laag
AC pour chape de protection

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	na
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	na
Couche de reprofilage	na
Réparation localisée	na
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	r
Voirie urbaine	trafic lourd et important	r
	trafic lourd et faible	r
	trafic léger et important	r
	Voirie locale	r
Voirie rurale	trafic faible	r
	trafic moyen	r
	trafic important	r
	Voirie agricole	r
	Voirie industrielle	r
	Tram	r
	Cyclo	r
	Piéton	r
	Carrefour	r
	Virage dangereux	r
Parking	trafic lourd	r
	trafic léger	r
	Parking sur toiture	g
	Aire de stockage	r
Aéroport	piste	r
	taxiway	r
	stationnement avions	r
	Sport	r
	Pont	g

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	o
Fissuration réfléctive	y
Orniérage	o
Déformation sous charges statiques	o
Déformation par cisaillement	o
Plumage	na
Sensibilité aux produits chimiques	na

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	na
Imperméabilité	g
Drainabilité	na
Réduction du bruit de roulement	na

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	g
Pose manuelle	g
Possibilité d'incorporation de gdb	r

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Enrobé à module élevé**EME / AVS**

405**Description:**

Enrobé fermé à squelette sableux ou à squelette pierreux et à granulométrie discontinue.

Couche épaisse utilisée en construction neuve ou en entretien comme couche supérieure de liaison.

Teneur en liant moyenne.

Type de liants utilisés: Bitumes durs ou à indice de pénétration positif.

Caractéristiques principales:

Durabilité élevée.

Module de rigidité élevé.

Résistant à la fissuration par fatigue.

Résistant à l'orniérage.

Domaines d'utilisation et limitations:

Convient particulièrement comme couche de liaison supérieure des voiries lourdement chargées où le risque d'orniérage est élevé.

Commentaires:

L'expérience belge avec ce type d'enrobé est fort réduite en 2006. Les caractéristiques définies ci-dessus dérivent donc principalement de l'expérience étrangère (notamment française) et doivent encore être validées par des applications en Belgique.

Le compactage doit être adapté à l'épaisseur de la couche en vue d'obtenir une répartition homogène de la compacité.

Malgré l'utilisation de bitumes durs, la maniabilité de l'enrobé est satisfaisante.

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
	14	70 à 90	60	100	5	1,6

**Enrobé à module élevé****Référence aux CCT**

**Bruxelles
Vlaanderen
Wallonie**

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	r
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	g
Couche de reprofilage	y
Réparation localisée	r
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	g
Voirie urbaine	trafic lourd et important	g
	trafic lourd et faible	g
	trafic léger et important	b
	Voirie locale	y
Voirie rurale	trafic faible	y
	trafic moyen	y
	trafic important	b
	Voirie agricole	r
	Voirie industrielle	g
	Tram	r
	Cyclo	r
	Piéton	r
	Carrefour	b
	Virage dangereux	b
Parking	trafic lourd	g
	trafic léger	r
	Parking sur toiture	r
	Aire de stockage	g
Aéroport	piste	y
	taxiway	b
	stationnement avions	b
	Sport	r
	Pont	b

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	b
Fissuration réfléctive	b
Orniérage	g
Déformation sous charges statiques	b
Déformation par cisaillement	g
Plumage	na
Sensibilité aux produits chimiques	na

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	na
Imperméabilité	y
Drainabilité	na
Réduction du bruit de roulement	na

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	y
Pose manuelle	r
Possibilité d'incorporation de gdb	y

(Légende 1)

Domaine d'emploi
Domaine d'application
Divers

adapté	g
possible	b
peu adapté	y
inadapté	r
pas d'application	na

(Légende 2)

Performances

pas sensible	g
peu sensible	b
sensible	y
plus sensible	o
très sensible	r
pas d'application	na

(Légende 3)

Sécurité & confort

très élevé	g
élevé	b
moyen	y
faible	o
très faible	r
pas d'application	na

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B

Calibre	le calibre maximum (en mm); pour le choix de ce calibre maximal, se référer au § 9.3.2
Ep. nom	les épaisseurs nominales (en mm)
Ep. min Ep. max	les épaisseurs (en mm) minimales et maximales; il s'agit des épaisseurs de profilage au niveau du projet
T° min	la température minimale de l'air (en °C) lors de la pose de la couche
Prix/BB-1B	le prix au m ² du produit (en épaisseur nominale et pour la variante de liant la plus couramment utilisée – en gras dans la rubrique description); il s'agit d'une estimation par rapport au prix du m ² de BB-1B «standard» (en 5 cm d'épaisseur). Ce prix est influencé par de nombreux facteurs (type de bitume et de pierres, conditions particulières du chantier)

Enrobé stockable

406

Description:

Enrobé semi-fermé ou ouvert à squelette sableux ou pierreux et à granulométrie continue ou discontinue, destiné aux réparations localisées provisoires.

Teneur en liant faible à élevée.

Types de liants utilisés: Bitume fluidifié ou émulsion cationique de bitume.

Caractéristiques principales:

Durabilité faible (très fortement fonction du choix du produit, de la qualité de la mise en œuvre et de la préparation du support).

Matériau conçu pour être mis en œuvre manuellement et compacté à l'aide d'engins légers.

Matériau évolutif possédant des performances mécaniques limitées.

Suivant la formulation des liants, le stockage peut durer plusieurs semaines dans des conditions normales ou plusieurs mois avec des précautions particulières (bâches) ou en sacs.

Domaines d'utilisation et limitations:

Enrobé destiné aux réparations localisées provisoires (reprofilage, comblement de nids de poule et de tranchées) ou aux petits travaux manuels (voies piétonnes).

Commentaires:

Une couche d'accrochage est toujours souhaitable et particulièrement dans le cas de faibles épaisseurs ou de raccordement vers une épaisseur nulle.

Cet enrobé doit être enlevé (et remplacé par un enrobé à chaud) avant recouvrement par une couche d'enrobé bitumineux.

L'épaisseur totale (ép. max.) des couches est limitée (élimination des fluidifiants).

Type	Calibre	Ep. nom	Ep. min	Ep. max	T° min	Prix / BB-1B
	10				2	
	6,3	na	na	na	2	na
	4				2	



Enrobé stockable

Référence aux CCT

Bruxelles Vlaanderen Wallonie	Enrobé stockable Koudasfalt Enrobé stockable
-------------------------------------	--

Domaine d'emploi (Légende 1)

Couche de roulement	r
Traitement superficiel	na
Couche de liaison	r
Couche de reprofilage	r
Réparation localisée	b
Utilisation particulière	

Domaine d'application (Légende 1)

	Autoroute	r
Voirie urbaine	trafic lourd et important	y
	trafic lourd et faible	y
	trafic léger et important	y
	Voirie locale	y
Voirie rurale	trafic faible	y
	trafic moyen	y
	trafic important	y
	Voirie agricole	y
	Voirie industrielle	y
	Tram	y
	Cyclo	y
	Piéton	y
	Carrefour	r
	Virage dangereux	r
Parking	trafic lourd	y
	trafic léger	y
	Parking sur toiture	y
	Aire de stockage	y
Aéroport	piste	r
	taxiway	r
	stationnement avions	r
	Sport	y
	Pont	y

Performances (Légende 2)

Fissuration thermique	r
Fissuration réfléctive	r
Orniérage	r
Déformation sous charges statiques	r
Déformation par cisaillement	r
Plumage	r
Sensibilité aux produits chimiques	r

Sécurité, confort (Légende 3)

Rugosité	b
Imperméabilité	r
Drainabilité	b
Réduction du bruit de roulement	r

Divers (Légende 1)

Possibilité de réparation	g
Pose manuelle	g
Possibilité d'incorporation de gdb	y

10.4 Techniques spéciales

Les produits bitumineux repris sous la dénomination «Techniques spéciales» sont ceux dont les caractéristiques ne sont pas encore bien connues en Belgique du fait du peu d'expérience en la matière.

Seules quelques entreprises sont susceptibles de réaliser ces revêtements, qui ne figurent pas, pour la plupart, dans les CCT. Il est donc prudent de contacter ces entreprises en cas d'application envisagée.

Ci-dessous quelques informations disponibles, comprenant notamment une description sommaire, le domaine d'emploi, les principales caractéristiques et quelques références.

10.4.1 Enrobé scintillant

Description

Il s'agit d'un enrobé, en général mince ou très mince, dans lequel on remplace une fraction des granulats par des morceaux de miroir ou de verre concassé de même calibre.



Figure 10.1 Enrobé scintillant (à gauche)

Domaine d'utilisation

L'objectif principal est le balisage spécifique des carrefours, des voies de bus, des pistes cyclables et des surfaces piétonnes en augmentant la visibilité de la chaussée même si l'éclairage public est faible voir inexistant. D'autre part, d'un point de vue esthétique, il met en valeur des places et des monuments.

Caractéristiques

Les enrobés utilisés sont le BB-4, le SMA ou le RMD. La durabilité dépend du type d'enrobé utilisé et de l'adhésivité entre le liant et les morceaux de verre (dope d'adhésivité nécessaire).

Références bibliographiques

Réf. 58, 74 et 75.

10.4.2 Enrobé à armature alvéolaire

Description

Il s'agit d'une couche d'enrobé épaisse armée d'une structure alvéolaire tridimensionnelle métallique (épaisseur 25 mm).

Domaine d'utilisation

Cet enrobé peut être utilisé soit en couche de roulement soit en couche de liaison pour lutter contre l'orniérage (en couche de roulement) ou contre l'apparition de fissures (en couche de liaison).

Caractéristiques

La structure alvéolaire bloque les déplacements latéraux de l'enrobé et évite ainsi tout fluage. Sa rigidité participe à la limitation de la remontée des fissures.

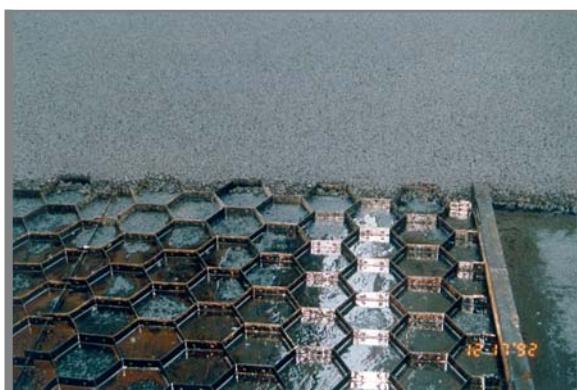


Figure 10.2 Enrobé à armature alvéolaire

Ce procédé est utilisé avec des enrobés épais de type BB-1, SMA- (C ou B).
Il possède une durée de vie moyenne à élevée.

Commentaires

Ce procédé n'est pas adapté aux géométries compliquées du fait de la difficulté de mise en œuvre. Le support doit être parfaitement plan.
Les enrobés à armature alvéolaire sont coûteux.

Références bibliographiques

Réf. 71 et 76.

10.4.3 Asphalte coulé imprimé

Description

Comme son nom l'indique, la base de ce revêtement est de l'asphalte coulé. On en modifie l'apparence par impression d'un motif (pavage, etc.) à l'aide d'un moule et par application éventuelle d'un pigment sous forme poudreuse.

Domaine d'utilisation

Ce type de revêtement permet de différencier et de marquer les différents espaces de circulation de la chaussée.

Caractéristiques

L'épaisseur d'une couche d'asphalte coulé imprimé est de 25 à 35 mm. Le cloutage est nécessaire pour obtenir une rugosité suffisante.

Commentaires

L'impression des motifs est délicate, de même que l'obtention d'une teinte homogène.

Références bibliographiques

Réf. 78.



Figure 10.3 Asphalte coulé imprimé

10.4.4 Enrobé pierreux

Description

Enrobé très ouvert à squelette pierreux à granulométrie (calibre 16/22, 20/32 et 20/40) discontinue.
Mélange d'une grande quantité de pierres, peu de sable et d'une faible teneur en bitume et filler.

Domaine d'utilisation

L'objectif est de créer un revêtement de berge stable qui n'est pas sensible à l'érosion ou à la houle et qui est tout de même perméable.



Figure 10.4 Enrobé pierreux posé en berge

Caractéristiques

L'épaisseur d'une couche d'enrobé pierreux («Steenasfalt») est de préférence égale à 3 ou 4 fois le calibre maximum de la pierre utilisée. Cet enrobé non compacté forme après refroidissement un ensemble cohérent.

Références bibliographiques

Réf. 36 et 79.

10.4.5 Grave bitume

Description

Il s'agit d'un mélange bitumineux composé de graves (fragments de roches naturelles composées de pierres, de sable et de filler) et de bitume.



Figure 10.5 Grave bitume

Domaine d'utilisation

Ce matériau est destiné à la réalisation de fondations dans le cas de travaux neufs ou de renforcement de chaussées.

Caractéristiques

Ce mélange bitumineux présente certains avantages par rapport à une fondation liée hydrauliquement, et notamment:

- absence de fissuration de retrait;
- adhérence à la couche d'enrobé qui le surmonte par l'application d'une couche d'accrochage sur la grave-bitume.

Références bibliographiques

Réf. 1 chapitre F, § 4.10.

10.4.6 Enrobé à froid

Description

L'enrobé à froid est un enrobé ouvert ou semi-ouvert à squelette pierreux ou sableux de calibre maximum 6,3 mm (voire 10 mm) fabriqué et mis en œuvre à froid.

Cet enrobé est constitué d'un mélange de pierres, de sable, de filler, d'eau et d'émulsion de bitume routier ou de bitume-polymère (éventuellement fluxé).

Domaine d'utilisation

Ce type d'enrobé répond à des soucis écologiques (économie d'énergie et moindre pollution due à sa fabrication et mise en œuvre à froid).

Il s'utilise en couches d'entretien (profilage ou roulement) mince ou épaisse en inlay ou overlay.

Son emploi est limité aux voiries rurales à trafic faible ou moyen.

Caractéristiques

Durabilité faible.

Teneur en vides élevée (non imperméabilité), sensibilité au désenrobage et à l'agressivité du trafic, notamment au jeune âge.

Sensibilité à l'orniérage.

Caractéristiques évolutives (mûrissement de l'émulsion).

Commentaires

Du fait de ses caractéristiques, il est recommandé de recouvrir la couche de roulement par un enduit ou un RBCF.

La mise sous trafic doit être effectuée de manière progressive et contrôlée.

L'enrobé à froid peut être fabriqué dans une centrale d'enrobage simplifiée (pas de tambour sécheur). Le double enrobage des granulats favorise une meilleure qualité de l'enrobage.

Le respect de la teneur en eau totale optimale du mélange est un des points délicats de la fabrication. Ce respect est indispensable pour assurer un bon enrobage et une bonne mise en œuvre.

Références bibliographiques

Réf. 81.

10.4.7 Revêtements colorés

Dans ce qui suit, nous ne considérons que les produits bitumineux colorés dans la masse.

Description

L'obtention de la couleur souhaitée se fait par l'adjonction de pigments et par le choix judicieux des granulats. Parmi les pigments utilisés, on a des oxydes de fer pour le rouge, le brun ou le jaune, des oxydes de titane pour le blanc, des oxydes de chrome pour le vert et des oxydes de cobalt pour le bleu.

Domaine d'utilisation

L'objectif des revêtements colorés est la délimitation de zones telles que pistes cyclables, carrefours, terre-pleins, bernes, îlots directionnels etc. pour des raisons de visibilité et de sécurité. Ils sont aussi fréquemment utilisés pour leurs qualités esthétiques.

Références bibliographiques

Réf. 1, 2, 3, 80 et 82.



a/ Centrale



b/ Réalisation

Figure 10.6 Enrobés à froid

10.4.7.1 Les RBCF colorés

Description

En combinaison avec des granulats colorés naturels, l'émulsion de liant pigmentable (éventuellement modifié aux polymères) colorée avec un pourcentage minimum de pigment constitue un RBCF coloré dans la masse.



Figure 10.7 RBCF coloré

Caractéristiques

Les RBCF colorés sont presque toujours de type 0/4 pour les pistes cyclables (pour la sécurité et le confort des cyclistes), tandis que pour les carrefours, ils sont de type 0/4 ou 0/6,3.

La durabilité, semblable aux RBCF correspondants, est fonction de l'agressivité du trafic.

10.4.7.2 Les enrobés bitumineux colorés

Description

Le béton bitumineux coloré peut être obtenu de différentes manières en agissant au niveau de chacun de ses constituants:

- remplacer une partie ou la totalité des pierres ordinaires par des pierres dont la coloration est proche de celle exigée pour le revêtement;
- remplacer une partie du sable par du sable provenant du concassage de pierres colorées;
- remplacer une partie du filler par un pigment approprié;
- remplacer le bitume ordinaire par un bitume pigmentable ou un liant synthétique pigmentable (éventuellement modifié aux polymères).



Figure 10.8 Enrobé bitumineux coloré

Les divers moyens cités ci-dessus peuvent être combinés de manière à se rapprocher le plus possible de la couleur (vive) voulue.

Domaine d'utilisation

Des bétons bitumineux et des RMD sont fréquemment utilisés pour réaliser des revêtements colorés.

Les premiers sont surtout utilisés pour des applications typiquement urbaines (rues commerçantes, places, etc.). Les revêtements les mieux finis et les plus esthétiques seront réalisés avec des mélanges bien fermés dont le calibre maximum des granulats est petit (texture plus fine et couche moins épaisse et donc moins coûteuse). Les BB-4 et les BB-8 sont dès lors les plus couramment utilisés.

Les RMD colorés sont utilisés pour des voiries à plus grande circulation. Dans le cas de trafic lourds, il conviendra dès lors d'utiliser des liants synthétiques modifiés par l'adjonction de polymères transparents.

Caractéristiques

Les enrobés obtenus avec ce type de liant sont aussi durables ou plus durables que les enrobés fabriqués avec des bitumes ordinaires. Les teintes claires auront également pour effet de réduire la température du revêtement et, dès lors, contribueront à diminuer le risque d'orniérage. Il convient cependant de vérifier notamment :

- que le pigment choisi n'entraîne pas de perte de stabilité du mélange lorsqu'on l'utilise pour remplacer une partie du filler;
- que les pierres et sables retenus conviennent bien pour l'application concernée. Les pierres doivent en outre offrir une adhésivité mastic/granulat suffisante.

Commentaires

On trouvera quelques recommandations concernant la fabrication des enrobés colorés à la réf. 6 § 5.2.2.3. En ce qui concerne l'entretien, il faut s'attendre à une inévitable patine. Il faut également considérer que des traces noires risquent de se former au droit des zones de freinage et de giration. L'utilisation d'eau sous pression permet de nettoyer les enrobés bitumineux colorés compactés à chaud sans causer une perte de durabilité notoire.

Les réparations sont généralement peu esthétiques vu la difficulté de reproduire des enrobés de teinte identique.

10.4.7.3 Les asphaltes coulés colorés

Description

L'asphalte coulé a généralement une composition semblable à celle utilisée pour les couches de protection (épaisseur : 25 à 30 mm). Toutefois :

- le liant est, en général, un liant synthétique pigmentable résistant aux températures élevées (250 °C);
- les pierres et le sable sont de teinte claire;
- la coloration est obtenue par le remplacement d'une partie du filler par des pigments (1 à 5 % de la masse totale des granulats, selon la couleur).

Caractéristiques

Certains revêtements de plus de vingt ans d'âge se comportent encore bien tant du point de vue structurel que de la couleur. Etant donné son prix (environ deux fois plus cher qu'un asphalte coulé noir), cette solution est actuellement peu utilisée.

Commentaires

Les asphaltes coulés colorés dans la masse sont fabriqués par les mêmes procédés que ceux en vigueur pour les asphaltes coulés non colorés (réf. 6).



Figure 10.9 Asphalte coulé coloré

10.4.8 Les enrobés drainants bicouches

Description

Ce revêtement est constitué de deux couches superposées d'enrobés drainants. La couche inférieure de 40 à 50 mm d'épaisseur est un enrobé drainant semblable à un ED-B (calibre maximal de 14 mm). La couche supérieure, de 25 à 30 mm d'épaisseur, est un enrobé drainant très fin (calibre maximal de 6,3 mm) réalisé au départ d'un squelette pierreux à très forte discontinuité. L'emploi de bitume-polymère est indispensable.

Domaine d'utilisation

Son domaine d'utilisation est le même que celui des enrobés drainants classiques (cf. fiche 106). Vu ses propriétés acoustiques remarquables, il est recommandé là où, dans son domaine d'utilisation, les nuisances acoustiques du revêtement doivent impérativement être diminuées.

Caractéristiques

Quoique ce revêtement soit relativement récent, on peut espérer une durabilité moyenne. Teneur en vides très élevée (entre 25 et 30 %).



Figure 10.10 Enrobé drainant bicouche

Autres caractéristiques similaires à celles des ED et RMTO, sauf:

- caractéristiques acoustiques encore meilleures (grâce à la faible macrotexture de sa surface et à une forte absorption acoustique);
- meilleur comportement hivernal: la faible macrotexture retient plus facilement les agents de déneigement.

Commentaires

A l'instar des autres enrobés drainants, le risque de colmatage est latent. Un décolmatage peut s'avérer utile.

Références bibliographiques

Réf. 84.

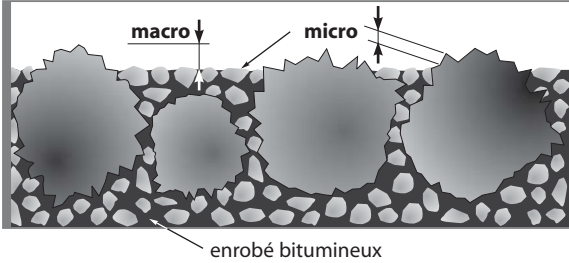
Annexe 1

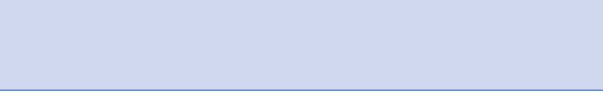
Terminologie

Note préliminaire: Des précisions sur les termes de cette liste se trouvent dans les paragraphes repris en référence.

	Définition	Référence
Anti-fissure	Interface complexe dont le but est de retarder la transmission d'une fissure ou d'un joint d'une couche dans la couche d'enrobé supérieure ou inférieure.	§ 2.2.4 § 8.5.3
Calibre maximum	Dimension nominale maximale des granulats.	§ 9.3.2
Cloquage	Soulèvement (souvent de forme hémisphérique) d'une partie étanche du revêtement (p. ex. asphalte coulé ou feuille d'étanchéité) et des parties qui la surmontent. Ce soulèvement peut atteindre plusieurs centimètres et son diamètre varie généralement entre 10 et 50 cm.	Réf. 37
Couche de liaison	Couche d'enrobé située entre la fondation et la couche de roulement. La structure comporte une ou plusieurs couches de liaison.	§ 2.2.2
Couche de reprofilage	Couche posée en épaisseur variable.	§ 2.2.3
Couche de roulement	Couche supérieure (épaisseur ≥ 15 mm) du revêtement bitumineux en contact direct avec le trafic.	§ 2.2.1
Drainabilité	Considère deux aspects: drainabilité superficielle et drainabilité dans la masse. Drainabilité superficielle: aptitude d'une couche de roulement à évacuer les eaux de ruissellement par sa texture superficielle. Drainabilité dans la masse: aptitude d'un enrobé bitumineux à absorber et à évacuer les eaux de ruissellement.	§ 7.4.2.4 § 8.3.3 § 9.3.2.3 § A6.12
Durabilité d'une couche	La durabilité d'une couche, intégrée dans une structure correctement dimensionnée et entretenue, est le nombre d'années entre la pose et le remplacement de cette couche pour cause de dégradations. On distingue: - durabilité faible: inférieure à 10 ans; - durabilité moyenne: entre 10 et 20 ans; - durabilité élevée: supérieure à 20 ans.	Fiches (§ 10.3)
Épaisseur nominale d'une couche de roulement	Couche épaisse: épaisseur ≥ 40 mm. Couche mince: $40 \text{ mm} > \text{épaisseur} \geq 30 \text{ mm}$. Couche très mince: $30 \text{ mm} > \text{épaisseur} \geq 20 \text{ mm}$. Couche ultramince: $20 \text{ mm} > \text{épaisseur} \geq 15 \text{ mm}$.	Fiches (§10.3)
Étanchéité d'une couche	Une couche est étanche si sa perméabilité est nulle.	§ 8.6.9 § 8.6.10 § A6.7
Granulat de débris bitumineux	Granulat artificiel (granulat inerte et stable composé de plusieurs matériaux différents) provenant de la démolition (sélective) des revêtements en enrobé bitumineux.	§ 8.4.4.2.1
Granulométrie continue d'un enrobé	La granulométrie est continue si la courbe granulométrique ne présente pas de variation brusque.	§ 2.2.1.2.1
Granulométrie discontinue d'un enrobé	La granulométrie est discontinue si la courbe granulométrique présente une ou deux variations brusques.	§ 2.2.1.2.1

	Définition	Référence
Imperméabilité d'une couche	Une couche d'enrobé est considérée comme imperméable si la conductivité hydraulique (coefficient de Darcy) est inférieure à 10^{-5} mm/s (Réf. [85]).	§ 7.4.1.7
Inlay	Couche(s) de revêtement posée(s) en remplacement d'une (de) couche(s) existante(s), en général par bande de circulation, en conservant les niveaux préalables.	§ 4.1.1.3 § 4.1.2.3
Macrotexture	Elle est formée par les pierres qui dépassent du revêtement (texture positive) ou le creux entre les pierres sous le plan de la surface (texture négative). Les irrégularités (excroissances et creux qui en résultent) par rapport au plan de la surface de la couche, ont des dimensions horizontales comprises entre 0,5 et 50 mm (réf. 99). On distingue: - forte macrotexture: si MTD (cf. § A5.7) $\geq 0,5$ mm, ce qui correspond à un calibre maximal ≥ 10 mm; - fine macrotexture: si MTD (cf. § A5.7) $< 0,5$ mm, ce qui correspond à un calibre maximal < 10 mm.	Voir «Texture»
Mastic	Mélange de filler et de bitume.	
Matériau de réparation	Enrobé bitumineux apte à être utilisé comme matériau de réparation locale et manuelle.	
Mégatexture	Irrégularités (excroissances et creux) par rapport au plan de la surface de la couche, dont les dimensions horizontales sont comprises entre 50 et 500 mm. Ces irrégularités proviennent soit d'une macrotexture hétérogène, soit de dégradations (nids de poule), soit d'un défaut de mise en œuvre (vagues, etc.).	Voir «Texture»
Microtexture	Irrégularités (excroissances et creux) par rapport à la surface du granulat, dont les dimensions sont inférieures à 0,5 mm. Ces irrégularités caractérisent généralement les granulats eux-mêmes et sont déterminées par leur origine et le processus de fabrication.	Voir «Texture»
Mortier	Mélange de mastic et de sable.	
Overlay	Couche(s) de revêtement posée(s) en surépaisseur sur le revêtement existant.	§ 4.1.1.4 § 4.1.2.3
Rugosité	Propriété résultant de la texture (micro- et macrotexture) de la couche de roulement qui contribue à l'adhérence (résistance au glissement) d'une couche de roulement.	§ 7.4.1.6 § 5.3.3.6 § 5.4.2.6 § 8.3.2 § A5.6
Squelette d'un enrobé	Partie minérale de l'enrobé (pierres + sable + filler). Le squelette est: - pierreux lorsque sa fraction pierreuse est supérieure à ~70 %; - sableux lorsque sa fraction sableuse est supérieure à ~30 %; - de filler lorsque sa fraction filler est supérieure à ~20 %. Pour plus de précision, il est nécessaire de se référer au diagramme ternaire (réf. 5).	
Support	Tout matériau sur lequel repose le nouveau revêtement. Il peut s'agir de la fondation, d'un ancien revêtement ou du platelage d'un ouvrage d'art.	§ 8.5.3
Technique spéciale	Procédé non conventionnel apportant une propriété particulière à un enrobé.	§ 10.4
Teneur en liant d'un enrobé	Masse de liant par rapport à 100 % en masse des agrégats secs (respectivement en masse du mélange). On distingue: - teneur en liant faible si inférieure à 5,5 % (5,2 %); - teneur en liant moyenne si entre 5,5 et 6,5 % (5,2 à 6,1 %); - teneur en liant élevée si supérieure à 6,5 % (6,1 %).	Fiches (§ 10.3)

	Définition	Référence
Teneur en vides d'une couche d'enrobé	<p>La teneur en vides est le rapport entre le volume d'air compris dans la couche et le volume total. On appelle:</p> <ul style="list-style-type: none"> - enrobé fermé: pourcentage de vides (%v) inférieur à 9 %; - enrobé semi-fermé: %v compris entre 9 et 14 %; - enrobé semi-ouvert: %v compris entre 14 et 19 %; - enrobé ouvert: %v supérieur à 19 %. <p>(réf. 103).</p>	Fiches (§ 10.3)
Texture	<p>Macrotexture et microtexture:</p>  <p>Figure A1.1 Macrotexture et microtexture</p>	<p>§ 5.3.3.7 § 5.4.2.7 § A5.7 § 8.3.1 § 8.4.1</p>
Trafic faible	Trafic pour lequel le nombre de poids lourds, par jour et par voie de circulation, est inférieur à 250.	§ 8.1
Trafic important	Trafic pour lequel le nombre de poids lourds, par jour et par voie de circulation, est supérieur à 2000.	§ 8.1
Trafic léger	Trafic composé de plus de 80 % de véhicules de charge inférieure à 3,5 T (voitures et camionnettes).	§ 8.1
Trafic lourd	Trafic composé de plus de 20 % de véhicules de charge supérieure à 3,5 T (poids lourds).	§ 8.1
Trafic moyen	Trafic pour lequel le nombre de poids lourds, par jour et par voie de circulation, se situe entre 250 et 2000.	§ 8.1
Traitement superficiel	Couche de roulement d'épaisseur < 15 mm destinée à améliorer une caractéristique de surface du revêtement (rugosité et imperméabilité). Le traitement superficiel n'est d'aucun apport structurel.	§ 2.2.1.2.2

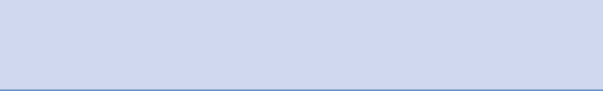


Annexe 2

Liste des abreviations

AB	Asfaltbeton
AC	Asphalte coulé
AVS	Asfaltbeton met verhoogde stijfheid = EME
B	Région de Bruxelles-Capitale
BAC	Béton armé continu
BB	Béton bitumineux
BBME	Béton bitumineux à module élevé
CCT	Cahier de charges type
CPA	Coefficient de polissage accéléré = PSV
ED	Enrobé drainant
EME	Enrobé à module élevé = AVS
ES	Enduit superficiel
ESHF	Enduit superficiel à haute performance
FOD	Foreign Object Damage
FWD	Falling Weight Deflectometer
GB	Grave bitume
gdb	Granulat de débris bitumineux
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
INFRA	Agentschap Infrastructuur (Flandre)
IP+	Bitume à indice de pénétration positif
MET	Ministère de l'équipement et des transports (Wallonie)
MPD	Mean Profile Depth
MTD	Mean Texture Depth
PMB	Polymer Modified Bitumen
PSV	Polished Stone Value = CPA
RBCF	Revêtement bitumineux coulé à froid
RMD	Revêtement mince discontinu
RMTO	Revêtement mince à texture ouverte
RUMG	Revêtement ultra-mince grenu
SB	Standaardbestek
SMA	Splittmastixasphalt
SME	Steenmastiekemulsie
VL	Vlaanderen (Flandre)
W	Wallonie
ZOA	Zeer open asfalt

Note: Certaines abréviations anglaises reprises au niveau des normes européennes sont intégrées à l'annexe 3.



Annexe 3

Codification

A3.1 Codification belge

A3.1.1 Calibres utilisés

- A → calibre maximum = 20 mm
- B → calibre maximum = 14 mm
- C → calibre maximum = 10 mm
- D → calibre maximum = 6,3 mm
- E → calibre maximum = 4 mm

Exemples:

BB-3**A** → BB-3 de calibre maximum de 20 mm
 SMA-**C2** → SMA de calibre maximum de 10 mm

A3.1.2 Liants utilisés

- 1 → Bitume routier (20/30, 35/50, 50/70 ou 70/100)
- 2 → Bitume élastomère neuf
- 3 → 50/70 dont 0,75 % est remplacé par un bitume d'asphalte naturel (Trinidad)
- 4 → Bitume plastomère
- 7 → Bitume à indice de pénétration positif (35/50, 50/70 ou 60/80)
- 8 → Bitume dur (10/20 ou 15/25)
- 9 → Bitume routier (35/50, 50/70 ou 70/100) avec du Uintah
- 10 → Bitume pigmentable
- 11 → Liant synthétique pigmentable

Note : Les codifications 5 et 6 résultent d'anciennes codifications nationales.

Exemples:

SMA-**C2** → SMA-C avec du bitume élastomère neuf
 ED-**B2** → ED-B avec du bitume élastomère neuf

A3.2 Codification européenne

Ci-dessous les tables de conversion entre la codification telle qu'utilisée en Belgique et celle utilisée dans les normes européennes.

A3.2.1 Extrait de l'annexe nationale à la NBN EN 13108-1 «Asphalt concrete» (réf. 118)

Type of layer to be applied in	Asphalt concrete according to Belgian specifications (RW99, CCT2000 and SB250)	Asphalt concrete according to EN13108-1
Bituminous underlayer	BB-3A; AB-3A	AC-20 type3-«x»
	BB-3B; AB-3B	AC-14 type3-«x»
	BB-3C	AC-10 type3-«x»
	BB-3D; AB-3D	AC-6,3 type3-«x»
Bituminous top layer	BB-1B; AB-1B	AC-14 type1-«x»
	BB-4C; AB-4C	AC-10 type4-«x»
	BB-4D; AB-4D	AC-6,3 type4-«x»
	BB-8D	AC-6,3 type8-«x»
	BB-8E	AC-4 type8-«x»
	AB-5D	AC-6,3 type5-«x»

AC = Asphalt concrete.

The number «x» refers to the type of binder being used.

A3.2.2 Extrait de l'annexe nationale à la NBN EN 13108-2 «Very Thin layers» (réf. 119)

Very thin layer according to Belgian specifications (RW99 and CCT2000)	Very thin layer according to EN13108-2
RMD-C1	ACVTL10C
RMD-C2	ACVTL10D
RMD-D1	ACVTL6,3A

ACVTL = asphalt concrete very thin layer.

A3.2.3 Extrait de l'annexe nationale à la NBN EN 13108-4 «Hot rolled asphalt» (réf. 77)

Very thin layer according to Belgian specifications (RW99)	Very thin layer according to EN13108-4
BB-2C	HRA10«x»

HRA = hot rolled asphalt.

The number «x» refers to the type of binder being used.

A3.2.4 Extrait de l'annexe nationale à la NBN EN 13108-5 «Stone mastic asphalt» (réf. 83)

Stone mastic asphalt according to Belgian specifications (RW99, CCT2000 and SB250)	Stone mastic asphalt according to EN13108-5
SMA-Bx	SMA-14-«X»
SMA-Cx	SMA-10-«X»
SMA-Dx	SMA-6,3-«X»

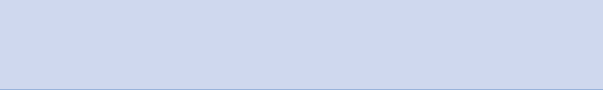
The number "x" refers to the type of binder and/or additive being used.

A3.2.5 Extrait de l'annexe nationale à la NBN EN 13108-7 «Porous asphalt» (réf. 94)

Porous asphalt according to Belgian specifications (RW99, CCT2000 and SB250)	Porous asphalt according to EN13108-7
ED-Bx and ZOA-Bx	PA-14-«X»
RMTO-Cx and ZOA-Cx	PA-10-«X»

PA = porous asphalt.

The number "x" refers to the type of binder and/or additive being used.



Annexe 4

Dénominations

Appellation	Wallonie	Bruxelles/Brussel	Vlaanderen	Norme européenne	Dénomination belge	Fiche n°
Béton bitumineux	BB-1B	BB-1B / AB-1B	AB-1B	Asphalt concrete	AC-14 type 1	101
Béton bitumineux clouté	BB-2C	-	AB-2C	Hot rolled asphalt	-	102
Béton bitumineux	BB-4 (C, D)	BB-4 / AB-4 (C, D)	AB-4 (C, D)	Asphalt concrete	AC-(10; 6,3) type 4	103
Béton bitumineux	BB-8 (D, E)	-	AB-5D	Asphalt concrete	AC-(6,3; 4) type 8	104
Splittmastixasphalt	SMA (C, D)	SMA (B, C, D)	SMA (B, C, D)	Stone mastic asphalt	SMA-(6,3; 10; 14)	105
Enrobé drainant	ED-B, RMTO-C	ED-B, RMTO-C	ZOA (B, C)	Porous asphalt	PA-(10; 14)	106
Revêtement mince discontinu	RMD (C, D)	RMD (C, D)	-	Very thin layer	ACVTL (6,3; 10)	107
Revêtement ultra-mince grenu	RUMG (C, D)	-	SME-D	Ultra thin layer	-	108
Enduit superficiel	Monocouche simple gravillonnage	Monocouche simple gravillonnage / Eenlaagse bestrijking	Eenlaagse bestrijking	Surface dressing	-	201
Enduit superficiel	Monocouche double gravillonnage	Monocouche double gravillonnage / Eenlaagse bestrijking met dubbele begrinding	-	Surface dressing	-	202
Enduit superficiel	Bicouche	Bicouche	Tweelaagse bestrijking	Surface dressing	-	203
Enduit superficiel à haute performance	ESHP	-	Hoogwaardige bestrijking	-	-	204
Revêtement bitumineux coulé à froid	RBCF monocouche	RBCF monocouche / Eenlaagse slem	Eenlaagse slem	Slurry surfacing	-	205
Revêtement bitumineux coulé à froid	RBCF bicouche	RBCF bicouche / Tweelaagse slem	Tweelaagse slem	Slurry surfacing	-	206
Enduit superficiel scellé par un RBCF	ES scellé par RBCF	-	Bestrijking met slemafdichting	-	-	207
Asphalte coulé	AC pour réparation localisée	-	Verharding van gietasfalt	Mastic asphalt	-	301
Enrobé percolé	-	-	-	-	-	302
Béton bitumineux à module élevé (BBME)	-	-	-	-	-	303

Note:

Pour une même appellation, des différences peuvent exister entre les produits des régions.

Les dénominations sont celles des cahiers des charges types des routes en vigueur en 2006 et des normes européennes.

Appellation	Wallonie	Bruxelles/Brussel	Vlaanderen	Norme européenne	Dénomination belge	Fiche n°
Béton bitumineux	BB-3 (A, B, C, D)	BB-3 / AB-3 (A, B, D)	AB-3 (A, B, D)	Asphalt concrete	AC-(20; 14; 10; 6,3) type 3	401
Sable-bitume	-	Asphalte sableux	-	-	-	402
Asphalte coulé	AC pour chape d'étanchéité	AC pour chape d'étanchéité / Gietasfalt voor waterdichtingslaag	Gietasfalt voor afdichting	Mastic asphalt for waterproofing	-	403
Asphalte coulé	AC pour chape de protection	AC pour chape de protection / Gietasfalt voor beschermende laag	Gietasfalt voor bescherm laag	Mastic asphalt	-	404
Enrobé à module élevé (EME / AVS)	-	-	-	-	-	405
Enrobé stockable	Enrobé stockable	Enrobé stockable / Koudasfalt	Koudasfalt	-	-	406

Appellation	Wallonie	Bruxelles/Brussel	Vlaanderen	Norme européenne	Dénomination belge	Technique spéciale
Enrobé scintillant	-	-	-	-	-	TS 1
Enrobé à armature alvéolaire	Enrobé à armature alvéolaire	-	-	-	-	TS 2
Asphalte coulé imprimé	-	-	-	-	-	TS 3
Enrobé pierreux	-	-	Steenasfalt	-	-	TS 4
Grave bitume	GB- (1, 2)	-	-	-	-	TS 5
Enrobé à froid	-	-	-	-	-	TS 6

Note:

Pour une même appellation, des différences peuvent exister entre les produits des régions.

Les dénominations sont celles des cahiers des charges types des routes en vigueur en 2006 et des normes européennes.

Annexe 5

Appareils de mesure des caractéristiques des revêtements

Cette annexe rassemble les informations concernant les systèmes de mesure des caractéristiques de chaussées, à savoir :

- la structure (A5.1);
- les dégradations (A5.2);
- le profil en long et les discontinuités longitudinales (A5.3);
- l'orniérage et les discontinuités transversales (A5.4);
- la portance (A5.5);
- la rugosité (A5.6);
- la texture (A5.7);
- le bruit (A5.8).

Le § A5.9 est consacré aux appareillages multifonctions et le § A5.10 renseigne quant à la disponibilité des appareillages sur le marché belge.

A5.1 Structure de la chaussée

Ces mesures sont réalisées au moyen du Géoradar. (La structure de la chaussée peut aussi être déterminée en prélevant des échantillons: voir § 5.5.2).

Description

Le Géoradar permet de réaliser, de manière non destructive et en continu, une analyse quantitative et qualitative de la structure de la route.

1. Analyse quantitative: mesure des épaisseurs de couches (revêtement et fondation);
2. Analyse qualitative: localisation de singularités structurales (telles que des cavités ou des couches non adhérentes) et division d'un tronçon de route en sections homogènes.

Le géoradar envoie par impulsion une onde électromagnétique dans la structure. A chaque transition dans les couches, une partie de l'onde électromagnétique est réfléchiée et captée par une antenne. L'amplitude, la longueur d'onde et le temps de réflexion sont caractéristiques de la structure. Des couleurs sont attribuées aux niveaux de réflexion, si bien que le scan radar donne une image visuelle de la structure.

Domaine d'application

Le géoradar est utilisable partout.



Figure A5.1 Géoradar monté à l'arrière du véhicule de transport

A5.2 Inspection visuelle et relevé des dégradations

L'inspection visuelle et le relevé des dégradations peuvent être complètement manuels (formulaires), semi-automatiques (SAND et INFORMAN) ou entièrement automatiques (ARAN: voir à ce sujet le § A5.9)

A5.2.1 Formulaires

Description

L'inspection visuelle se fait au moyen d'un ou de plusieurs formulaires d'inspection, selon qu'il s'agisse d'une évaluation globale ou d'une approche détaillée.

Il est indispensable que chacun utilise la nomenclature préétablie. Pour ce faire, les formulaires sont accompagnés d'un manuel d'utilisation. Vous trouverez un exemple de ce système dans la partie C «Visuelle Inspectie» de la réf 86.

Domaine d'application

Aucune limitation. Pour des raisons de sécurité, il n'est pas indiqué d'utiliser cette méthode sur autoroute ou route rapide.

A5.2.2 Sand et Informan

Description

Lors de l'inspection visuelle on circule à vitesse réduite (20 à 35 km/h) sur la chaussée. Simultanément, on encode les dégradations visibles du revêtement dans l'ordinateur au moyen du clavier approprié.

Les fissurations, les déformations, les arrachements, les réparations et les défauts spécifiques (en fonction du revêtement) sont encodés. Ces données permettent de procéder à une évaluation globale du taux de dégradation.

Domaine d'application

Il n'y a pas de limitation.



Figure A5.2 SAND

A5.3 Profil en long et discontinuités longitudinales

L'uni longitudinal de la chaussée est analysé en partant du profil relevé. Il existe différentes techniques d'analyse qui ont toujours comme point de départ les longueurs d'ondes présentes dans le profil. Dans ce qui suit, on détermine le coefficient de planéité pour une longueur d'onde de base déterminée.

Le coefficient de planéité est déterminé en calculant l'écart du profil réel par rapport à un profil moyen. Pour la détermination du profil moyen on calcule en chaque point la moyenne sur la longueur d'onde de base considérée, en d'autres termes on recourt à la moyenne glissante.

Le coefficient de planéité correspond à la moitié de la surface totale colorée en jaune dans la figure ci-dessous. Le coefficient de planéité est mesuré pour une longueur «unité» de route qui est en principe de 100 m. C'est pour cette raison que le coefficient de planéité est exprimé en mm^2/hm . L'uni longitudinal peut également s'exprimer en CP (par exemple aux réf. 1 et 2):
 $1 \text{ CP} = 1\,000 \text{ mm}^2/\text{hm}$.)

Il est clair que si l'on choisit une longueur d'onde plus courte, le profil moyen est plus proche du profil longitudinal original. Par conséquent l'écart sera plus petit et le coefficient de planéité le sera donc aussi.

Physiquement, la longueur d'onde avec laquelle on analyse le profil en long correspond aux irrégularités que l'on souhaite détecter. Le coefficient de planéité correspondant à une longueur d'onde de 2,5 m ($\text{CP}_{2,5}$) est comparable aux irrégularités déterminées avec la règle de 3 mètres; la longueur d'onde de 10 m (CP_{10}) correspond à un ancien appareil (le viagraph). Le domaine de longueurs d'ondes mesurables va de 50 m à 0,5 m à la vitesse de 72 km/h.

Au niveau européen, le groupe de travail CEN TC227 travaille en ce moment à une harmonisation des prescriptions en matière de planéité (l'appareil de mesure n'est pas fixé). Une analyse spectrale du profil mesuré est effectuée.

Au niveau international on utilise souvent l'IRI (International Roughness Index). On simule en principe un quart de véhicule sur le profil de route mesuré. Le mouvement relatif (véhicule-route) constitue la mesure de l'uni.

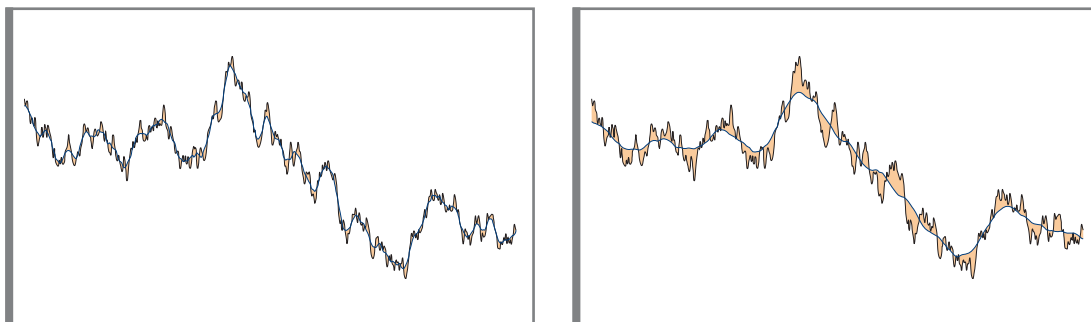


Figure A5.3 Onde courte (à gauche) et onde longue (à droite)

Les mesures en continu de l'uni longitudinal se font au moyen de l'APL ou de l'ARAN (voir § A5.9); les mesures ponctuelles se font à la règle de 3 mètres ou au transversoprofilographe. Les mouvements verticaux entre les dalles de béton sont mesurés au moyen du «faultimètre».

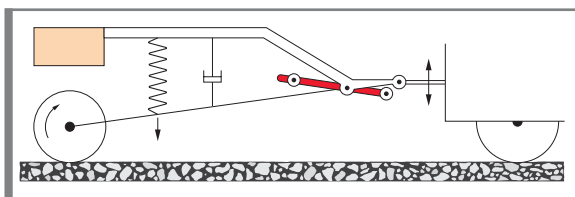


Figure A5.4 Schéma de principe de l'APL



Figure A5.5 APL

A5.3.1 APL

Description

L'uni longitudinal d'une route peut se mesurer au moyen de l'APL (Analyseur de Profil en Long). L'appareil est tracté à l'arrière d'une voiture et consiste en une poutre longitudinale pouvant pivoter autour de son point de suspension à la voiture. Le profil en long de la route est déterminé sur base du mouvement vertical de l'axe de la roue par rapport à une référence. Comme référence on utilise un pendule horizontal à faible fréquence de résonance. Les mesures ont lieu à vitesse relativement élevée. Les mesures sont typiquement réalisées à la vitesse de 72 km/h (sur autoroute) ou 54 km/h. Les vitesses de 36 km/h et 21,6 km/h sont également normalisées.

Domaine d'application de l'APL.

La mesure APL est réalisée à vitesse constante. L'appareil ne peut dès lors être utilisé que sur les sections de route où cette vitesse peut être maintenue. Une vitesse normalisée inférieure peut être choisie, mais le domaine de longueur d'onde est alors proportionnellement déplacé. Il est impossible de réaliser des mesures sur des ronds-points et dans les virages serrés (croisements). En outre, les changements de pente rapides ont une incidence sur l'APL. L'interprétation des sections de route obtenues doit alors se faire autrement.

A5.3.2 Règle de 3 mètres

Description

Une règle de 3 mètres et des calibres appropriés permettent de mesurer, en tout endroit arbitraire du revêtement, les irrégularités situées SOUS la règle. En principe, on peut mesurer des irrégularités avec une longueur d'onde de 3 mètres. La règle repose librement sur la surface et on mesure entre les points d'appui. La règle de 3 mètres peut également être utilisée pour mesurer d'autres défauts comme les affaissements de rive, des mises en escalier, la profondeur de trous et même l'orniérage.

Domaine d'application

Il n'y a pas de limitation.



Figure A5.6 Règle de 3 mètres

A5.3.3 Transversoprofilomètre

Description

Cet appareil consiste en une règle rigide de 4 mètres de long sur laquelle est montée un chariot enregistreur mobile. Grâce à quatre supports réglables en hauteur, la règle peut être installée parfaitement de niveau. Le contrôle se fait au moyen d'un niveau à bulle de précision.

Les déformations verticales du profil mesuré sont dessinées en vraie grandeur tandis que le défilement horizontal est noté à l'échelle 1/20 (5 cm/m).

A partir du profil, on peut déterminer manuellement la profondeur d'ornière et l'éventuelle épaisseur du film d'eau. On peut également mesurer la largeur de l'ornière et l'éventuelle stagnation d'eau. Après digitalisation, il est possible de déterminer la pente transversale type et l'uni général.

Domaine d'application

Aucune limitation.

A5.3.4 Faultimètre

Description

Le Faultimètre est un appareil mis au point au CRR qui permet de mesurer les mouvements verticaux relatifs des extrémités contiguës de deux dalles de béton lors du passage d'un camion à hauteur du joint. Le faultimètre est composé d'un statif reposant sur trois points d'appui fixes positionné sur la dalle amont et d'une tige mobile s'appuyant sur la dalle aval. La tige mobile est reliée par un système de transmission à un comparateur qui indique l'amplitude du mouvement vertical relatif entre les dalles. Une mesure standard correspond au passage (à très faible vitesse) de l'essieu arrière (11 tonnes) d'un camion par dessus le joint.

Domaine d'application

Les conditions climatiques peuvent empêcher l'exécution des mesures. Il faut en effet éviter que les dalles ne se bloquent entre elles, ce qui peut arriver par temps chaud (dalles dilatées entraînant la compression des joints) ou à cause du gel.



Figure A5.7 Transversoprofilomètre



Figure A5.8 Faultimètre

A5.4 Orniérage et discontinuités transversales

Les mesures en continu de l'orniérage et du profil transversal s'effectuent au moyen du TUS, du RUTMETER ou de l'ARAN (voir § A5.9); les mesures ponctuelles, notamment les discontinuités, se font à la règle de 3 m (voir § A5.3.2) ou au moyen du transversoprofilomètre (voir § A5.3.3).



Figure A5.9 TUS

Description du TUS et du RUTMETER

Le TUS (transversoprofilomètre à ultrasons) a été conçu par le LCPC (Laboratoire central des Ponts et Chaussées). Une règle de 2,5 m de longueur est montée à l'avant du véhicule de mesure. Elle supporte 13 capteurs qui émettent des ondes ultrasoniques (fréquence > 20 kHz, au-dessus du seuil d'audition). Ces ondes sonores sont réfléchies sur le revêtement et recapturées par les capteurs. Un ordinateur se trouvant dans le véhicule de mesure calcule la distance entre la règle et le revêtement sur base du temps écoulé entre l'émission et la réception de l'impulsion.

Simultanément, une mesure de l'angle de la règle par rapport à une horizontale est effectuée. Sur base des données de mesure des capteurs, combinées à la mesure de l'angle, l'ordinateur compose un profil en travers: l'image réelle de l'ornière dans la route. A partir du profil en travers on calcule la profondeur d'ornière maximale et l'épaisseur du film d'eau. Un profil est relevé tous les trois mètres. La profondeur d'ornière est déterminée comme étant la moyenne des profondeurs sur une section de 100 m.

Le RUTMETER fonctionne selon un principe similaire.

Domaine d'application du TUS et du RUTMETER

Les mesures sont réalisées à la vitesse maximale de 50 km/h.

Le TUS et le RUTMETER ne peuvent être utilisés que sur un revêtement sec.

A5.5 Portance

La portance d'une structure routière est déterminée en appliquant une charge sur le revêtement et en mesurant la déformation du revêtement. Sur base des déformations on détermine les modules E des différents éléments de la route.

Les mesures de portance en continu sont réalisées avec le déflectomètre à masse tombante, le déflectographe ou le curviamètre; les mesures ponctuelles se font au moyen de la poutre Benkelman.

A5.5.1 Déflectomètre à masse tombante – FWD

Description

Le chargement est obtenu en faisant tomber une masse (50 à 350 kg) sur un jeu d'amortisseurs en caoutchouc montés sur une plaque de chargement circulaire (300 mm) posée sur le revêtement. Selon le poids de la masse et la hauteur de chute, le chargement dynamique obtenu peut varier entre 20 et 120 kN. La durée de chargement varie entre 25 et 60 millisecondes. Ce niveau et ce temps de chargement correspondent à ceux d'un camion circulant à grande vitesse. Une membrane en caoutchouc placée entre la plaque de chargement et le revêtement permet de répartir uniformément les contraintes.

La courbe de déflexion est mesurée à l'aide de neuf géophones. Un d'entre eux se situe dans la plaque de chargement, les autres sont montés (entredistance 300 mm) sur une poutre placée sur le revêtement.

Domaine d'application

Le FWD peut en principe être utilisé partout.

A5.5.2 Défectographe

Description

La mesure consiste à relever, d'une manière quasi continue, le déplacement vertical de la surface de la chaussée dans l'axe et sous l'action des roues jumelées du véhicule (le défectographe) chargées à 63,5 kN chacune. La vitesse de mesure est de 2 à 4 km/h. La mesure est effectuée à l'aide d'un chariot de mesure fixé sous le châssis du défectographe. L'appui du chariot repose sur la chaussée pendant l'exécution des mesures jusqu'au moment où les pointes des poutres de mesure ont atteint leur déplacement maximum; ensuite le chariot est amené en avant et la mesure recommence.

La réponse des capteurs électromagnétiques fixés aux poutres de mesure est enregistrée par l'appareillage d'acquisition et d'interprétation embarqué dans le véhicule. Celui-ci permet l'affichage des résultats en temps réel.

Domaine d'application

Le domaine d'application est limité aux chaussées souples.

A5.5.3 Curviamètre

Description

Cet appareil qui résulte d'une évolution du défectographe, permet une mesure rapide en continu de la déformée des chaussées le long d'une frayée de mesure par le passage d'une roue jumelée chargée (80 à 130 kN, modifiable). Une chaîne déroulante passant entre les pneus du jumelage dépose à intervalles réguliers (5 m) des géophones qui lui sont fixés. Ces géophones servent à la mesure de la déflexion. La vitesse de mesure est de 5 m/s et la sensibilité de la mesure de déflexion de 3/100 mm.

Le traitement des mesures est effectué en temps réel par une informatique embarquée.

Domaine d'application

Du fait de la sensibilité plus élevée du système de mesures, le domaine d'application s'étend aux chaussées souples et semi-rigides.



Figure A5.10 Défectomètre à masse tombante



Figure A5.11 Curviamètre

A5.5.4 Poutre Benkelman

Description



Figure A5.12 Poutre Benkelman

La poutre Benkelman peut être considérée comme la version manuelle du déflectographe.

La mesure consiste à relever, en un point de la surface de la chaussée, la flèche résultant de l'action d'une roue jumelée pesant 63,5 kN (moitié du poids d'un essieu de 13 tonnes).

La poutre Benkelman comprend une poutre de référence munie de deux appuis fixes et d'un appui réglable, une poutre de mesure pivotant librement autour d'un axe transversal solidaire de la poutre de référence, un comparateur fixé à la poutre de référence et dont la tige prend appui sur la poutre de mesure, et un vibreur électromagnétique.

La mesure comprend les étapes suivantes:

- placer la roue jumelée du camion sur le point de mesure;
- introduire l'extrémité de la poutre de mesure entre les roues jumelées de manière à ce que la pointe de mesure se trouve à l'aplomb de l'axe de la roue;
- effectuer la mesure initiale du comparateur;
- déplacer le camion hors de la zone d'influence de la mesure;
- effectuer la deuxième mesure du comparateur;
- la déflexion est égale à la différence entre les 2 mesures du comparateur multipliée par un coefficient correcteur.

Domaine d'application

Ce type d'essai n'est à envisager que pour des cas particuliers d'auscultation ponctuelle des chaussées souples: petit nombre de mesures ou auscultation ponctuelle des chaussées souples.

A5.6 Rugosité (adhérence)

La rugosité est caractérisée par le coefficient de frottement du revêtement.

Le coefficient de frottement se définit comme étant le rapport de la force horizontale à la force verticale exercée par la roue de l'appareil de mesure sur le revêtement. En fonction du système de mesure, on parle de coefficient de frottement transversal (CFT) ou de coefficient de frottement longitudinal (CFL).

$$\text{CFT} = H_T / V \text{ (odoliographe et SCRIM)}$$

$$\text{CFL} = H_L / V \text{ (Griptester)}$$

Une mesure réalisée par ces trois appareils sur une même surface routière ne donne pas le même coefficient de frottement vu que les paramètres des appareils (angle, charge verticale, etc.) diffèrent. En principe, le SCRIM donne une valeur plus élevée pour le coefficient de frottement transversal que l'odoliographe. Des mesures comparatives ont montré une bonne corrélation entre les mesures du SCRIM et celles du Griptester.

Les mesures en continu de la rugosité se font avec le SCRIM, l'Odoliographe ou le Griptester; les mesures ponctuelles se font au moyen du pendule SRT.

A5.6.1 SCRIM

Description

Le SCRIM (Sideway force Coefficient Routine Investigation Machine) est utilisé pour mesurer la rugosité des routes. Il a été développé par le Transport & Research Laboratory en Grande-Bretagne.

La roue de mesure forme un angle de 20° par rapport au véhicule. La pression de gonflage est de 3,5 bar. Les dimensions de la roue sont les suivantes: 76 mm x 508 mm.

Le SCRIM dispose d'une citerne d'eau. Le film d'eau est appliqué avec un débit constant (1 l/sec) devant la roue. A la vitesse d'essai de 50 km/h, l'autonomie est d'environ 80 km.

Le SCRIMTEX (voir § A5.7.1) permet de mesurer à la fois l'adhérence et la profondeur de texture.

Domaine d'application

Le SCRIM n'est utilisable que si la route permet de maintenir une vitesse constante de 50 km/h. Le revêtement est mouillé automatiquement. Une faible pluie ou un revêtement humide n'entravent pas l'essai. Les fortes pluies ne permettent pas le contrôle du film d'eau et sont donc déconseillées. Si le SCRIM doit aussi mesurer la texture, il faut que le revêtement soit sec.



Figure A5.13 SCRIM

A5.6.2 Odoliographe

Description

L'odoliographe est utilisé pour mesurer la rugosité des routes. Il a été conçu par le CRR.

Le système de mesure consiste en une cinquième roue montée au centre d'un véhicule et formant un angle déterminé (15°) par rapport au véhicule. Au cours de la mesure, la roue est mise en contact avec la surface routière à mesurer et une charge verticale V constante est appliquée. Le véhicule roule à vitesse constante. La force de réaction horizontale H est mesurée selon l'axe de la roue.

Le film d'eau est mis en place par un camion citerne qui roule devant le véhicule de mesure.

Etant donné que l'adhérence est fonction de la vitesse de mesure et de la température, les valeurs mesurées sont ramenées à une vitesse de 50 km/h et une température de 20°C .

Domaine d'application

L'odoliographe est utilisé pour les mesures contractuelles.

L'odoliographe n'est utilisable que si la route permet de circuler à la vitesse constante de 50 km/h. Le revêtement est mouillé automatiquement. Une faible pluie ou un revêtement humide n'entravent pas l'essai. Les fortes pluies ne permettent pas le contrôle du film d'eau et sont donc déconseillées.



Figure A5.14 Griptester

A5.6.3 Griptester

Description

Le Griptester est utilisé pour la mesure en continu du coefficient de frottement. Contrairement au SCRIM et à l'odoliographe, la mesure est basée sur le frottement longitudinal. La roue de mesure est ralentie à cet effet.

Le Griptester est construit comme une petite remorque de mesure. Il peut être tracté par un véhicule et réaliser des mesures à des vitesses pouvant aller jusqu'à 80 km/h. Il est en outre possible de pousser l'appareil et de réaliser des mesures à une faible vitesse d'environ 5 km/h. Un système est prévu pour produire un film d'eau constant.

Domaine d'application

Le gros avantage du Griptester est de pouvoir être utilisé à des endroits inaccessibles au SCRIM ou à l'odoliographe ou à des endroits où il est impossible d'atteindre la vitesse de mesure de 50 km/h.

Le Griptester permet de réaliser des mesures pas à pas sur des sections spéciales comme des marquages, des passages pour piétons, etc.

A5.6.4 Pendule SRT

Description



Figure A5.15 Pendule SRT

Le pendule SRT (réf. 107) mis au point par le Road Research Laboratory (UK) permet d'apprécier la résistance au glissement d'un point précis de n'importe quel type de revêtement (sec ou humide). Cette résistance au glissement est mesurée grâce à un patin en caoutchouc monté à l'extrémité d'un pendule. Une fois le support du pendule positionné sur le revêtement (vis de réglage permettant de reprendre les éventuels défauts de planéité), le bras du pendule est placé dans sa position de départ (à l'horizontale) et soudainement lâché; sa position d'arrivée donne une indication de la résistance au glissement du revêtement.

Domaine d'application

Aucune limitation.

A5.7 Texture

La texture d'un revêtement est caractérisée par la MTD:

MTD (Mean Texture Depth) est la profondeur de texture obtenue selon NBN-EN 13036-1 (The patch test ou essai à la tache de sable). La profondeur moyenne de la texture (MTD) s'obtient en divisant le volume du sable par la surface de la «tache» de sable, calculée au départ du diamètre mesuré.

MTD peut également être obtenu au départ de mesures effectuées au profilomètre laser. On détermine d'abord le MPD (Mean Profile Depth), mesuré selon la NBN-EN ISO 13473-1. On en déduit le MTD par la relation:

$$MTD = 0,8 MPD + 0,2$$

Les mesures de la texture en continu se font au SCRIMTEX; les mesures ponctuelles se font au profilomètre laser ou par un essai à la tache de sable.

A5.7.1 SCRIMTEX

Description

Certains véhicules SCRIM (voir § A5.6.1) sont aussi équipés pour réaliser des mesures de texture.

Pour ce faire on utilise un capteur laser qui enregistre les variations de distance jusqu'à la surface du revêtement. A partir de ces mesures, on détermine la «sensor measured texture depth», exprimée en mm. Le capteur est placé au-dessus de la frayée, avant la roue de mesure du SCRIM.

Domaine d'application

Le SCRIMTEX n'est utilisable que si la route permet de circuler à la vitesse constante de 50 km/h.

Le revêtement doit être sec pour la mesure de la texture.

A5.7.2 Profilomètre laser

Description

Le profilomètre laser consiste d'une part en un laser dont le rayon tombe perpendiculairement à la surface du revêtement et d'autre part en une caméra digitale qui «regarde» le spot lumineux (laser) à partir d'un certain angle par rapport au rayon laser. La caméra est reliée de manière fixe au laser. Selon la hauteur du système laser + caméra au-dessus du revêtement, la caméra voit le spot lumineux à un autre endroit. La caméra donne un signal de sortie électrique qui est directement proportionnel à la position verticale du spot laser. En déplaçant le système laser le long d'un trajet déterminé (généralement une ligne parallèle à l'axe de la route), en mesurant et en mémorisant la hauteur du spot lumineux à intervalles réguliers (par exemple tous les mm), on obtient un enregistrement de la variation de la hauteur le long de ce trajet (= le profil du revêtement).



Figure A5.16 Profilomètre laser

Domaine d'application

Le revêtement doit être sec. Certaines surfaces très noires et/ou très brillantes (comme un enrobé fraîchement posé) peuvent poser problème car la lumière laser n'est pas suffisamment réfléchie en direction de la caméra.

A5.7.3 Tache de sable

Description

L'essai à la tache de sable permet de déterminer la profondeur moyenne de la (macro)texture d'un revêtement. Pour ce faire, on répand uniformément à la surface du revêtement un volume connu de sable; ce sable est étendu et nivellé sur le revêtement de manière à ce qu'il remplisse toutes les cavités de la (macro)texture.

Domaine d'application

Le revêtement doit être sec.



Figure A5.17
Tache de sable



A5.8 Bruit

Les mesures de bruit à la source (revêtement routier) sont réalisées selon les méthodes SPB et CPX. Les mesures à distance sont réalisées selon les dispositions de la norme ISO R 1996.

A5.8.1 Méthode de mesure SPB

Description

Mesures selon la méthode SPB (Statistical Pass-By) conformément aux dispositions de la norme internationale ISO 11819-1.

Le principe de cette méthode consiste à mesurer, en un endroit fixe, le niveau sonore maximal A-pondéré et la vitesse de quelques centaines de véhicules (répartis en voitures, camions légers et poids lourds). Lors des mesures, le microphone est installé à 7,5 m de l'axe de la voie de circulation et à 1,5 m de hauteur. Avec l'analyse de régression, on obtient des résultats qui reflètent la relation entre le niveau sonore (LA_{max}) et la vitesse.



Figure A5.18 Mesure du niveau sonore

Domaine d'application

Cette méthode de mesure est surtout intéressante pour comparer un type de revêtement à un revêtement de référence de type BB.

A5.8.2 Méthode de mesure CPX*Description*

Mesures selon la méthode CPX (Close Proximity) conformément aux dispositions de la norme internationale ISO-CD 11819-2.

Dans cette méthode, le bruit de roulement est mesuré en utilisant une remorque équipée de microphones installés à faible distance d'un ou de plusieurs pneus d'essai.

Domaine d'application

Cette méthode est surtout intéressante pour déterminer, sur une certaine longueur, l'uniformité d'exécution et l'évolution des caractéristiques acoustiques dans le temps.

A5.8.3 Mesures de bruit à plus grande distance de la route*Description*

Mesures du niveau de bruit en façade conformément aux dispositions de la norme ISO R 1996.

Pour ce type de mesure, le microphone est installé près de l'habitation où le bruit environnant doit être déterminé.

Domaine d'application

Cette méthode n'est pas utilisable pour la caractérisation acoustique du revêtement routier en tant que tel. Les niveaux de bruit mesurés sont certes naturellement influencés par la nature du revêtement routier.

A5.9 Appareil multifonctions

L'ARAN est équipé pour relever la situation visuelle (y compris les dégradations), la profondeur d'ornièrre et l'uni longitudinal.

Le système de mesure ARAN consiste en un véhicule équipé de plusieurs d'appareils de mesure et d'un certain nombre d'ordinateurs embarqués pour l'acquisition des données de mesure.

Le véhicule est en outre équipé de deux consoles d'ordinateurs pour le traitement des données de mesure et des images.

Le véhicule de mesure est capable de relever simultanément différents paramètres routiers et enregistre en outre simultanément des images vidéo au moyen de trois caméras. Cet enregistrement peut se faire dans la plage de vitesse entre 30 et 80 km/h. Il en résulte une gêne minimale au niveau de la circulation.

A5.9.1 Le véhicule de mesure ARAN*Description*

Le véhicule ARAN est équipé de l'appareillage suivant:



Figure A5.19 Le véhicule de mesure ARAN

- Right-of-way (Video-)logging. Une caméra orientée vers l'avant prend des images générales de la route à partir de la position du conducteur.
- Side way (Video-)logging. Une caméra latérale orientée vers l'avant prend des images générales de l'environnement de la route.
- Pavement Distress (Video-)logging. Deux caméras placées verticalement prennent des images détaillées du revêtement routier. Sur base de ces images, on peut détecter les dégradations du revêtement. Globalement, ceci remplace l'inspection visuelle.
- Système de mesure de la profondeur d'ornièrè. Le système consiste en une règle sur laquelle sont fixés des capteurs ultrasoniques à intervalles de 10 cm.
- Laser d'uni longitudinal S.D.P. Cet appareil fait usage d'accéléromètres combinés à un niveau laser pour déterminer l'uni longitudinal.
- Trois gyroscopes déterminent les pentes longitudinale et transversale de la route ainsi que les changements de direction horizontaux du véhicule.
- Un système GPS, basé sur une réception satellite, est automatiquement encodé dans les images vidéo.

A5.9.1.1 Caméra frontale ou Right-of-way Videologging (ROW)

La caméra orientée vers l'avant prend des images générales de la route, telle qu'elle est vue par le conducteur. Le faible temps d'obturation de la caméra, 1/1 000 s à 1/20 000 s, permet de prendre des images nettes à la vitesse de 90 km/h.

Les images offrent les possibilités suivantes:

- Évaluation de l'image générale de la route, c.-à-d.:
 1. nombre de voies de circulation, leur nature et largeur;
 2. nature, dimensions et localisation de: contrebutages, filets d'eau, pistes cyclables et trottoirs, dispositifs de sécurité et écrans antibruit;
- inventaire et inspection des équipements de la route, des panneaux de circulation, des poteaux d'éclairage, de la signalisation;
- visibilité.

L'image couvre au minimum une voie de circulation, mais permet une vue plus large. Pour des raisons de précision, seule la partie se trouvant à une distance relativement courte (20 m) est utilisable.

A5.9.1.2 Side-waycamera

La caméra latérale rend l'environnement plus clair. Ces images ne peuvent toutefois pas (encore) être traitées avec le programme.



a/ logement des caméras frontale et latérale



b/ les deux caméras prenant les images du revêtement

Figure A5.20 Caméras sur le véhicule de mesure ARAN

A5.9.1.3 Caméras verticales pour l'enregistrement des dégradations

Deux caméras placées verticalement prennent des images du revêtement. Ces dernières sont utilisées pour la détermination détaillée des dégradations du revêtement. Le temps d'obturation très court de $1/10\,000\text{ s}$ à $1/2\,000\,000\text{ s}$ permet de prendre des images très nettes du revêtement. Pendant la formation de l'image, le véhicule ne se déplace que sur une distance d'environ 2 mm. Pendant l'enregistrement, les images vidéo sont réunies en une image d'une voie de circulation sur une largeur de 4 m et une longueur de 10 m.

Un éclairage stroboscopique permet d'améliorer l'exposition et de réaliser ainsi un traitement automatique.

Les images permettent de déterminer la gravité et l'étendue de:

1. fissures, (fissures longitudinales, fissures transversales et faïençages),
2. déformations,
3. arrachements,
4. réparations,
5. trous,
6. taches grasses,
7. dégradations de rive.

A5.9.1.4 Système pour la mesure de la profondeur d'ornière

La profondeur d'ornière est mesurée au moyen d'une série de capteurs ultrasoniques placés à intervalles de 10 cm sur une poutre transversale. Cette poutre se compose d'une partie fixe comprenant 19 capteurs et de deux parties télescopiques comprenant 9 capteurs. Ceci permet de relever le profil en travers complet jusqu'à une largeur de 3,60 m et de déterminer la profondeur des deux ornières en même temps. En combinaison avec la pente transversale, on peut aussi déterminer la stagnation d'eau.



a/ poutre transversale pour la mesure de l'orniérage



b/ accéléromètres pour la mesure de l'uni longitudinal

Figure A5.21 Appareillage de l'ARAN

A5.9.1.5 Laser d'uni longitudinal SDP

Cet appareil fait usage d'accéléromètres pour le mouvement vertical du véhicule en combinaison avec un niveau laser pour la distance entre le véhicule et le revêtement. Les accéléromètres fournissent les informations pour les longueurs d'ondes moyennes et longues, tandis que le laser procure les données pour les longueurs d'onde plus courtes. En combinant les deux techniques, on peut mesurer les défauts d'uni dans un domaine particulièrement large de longueurs d'ondes. Ce domaine de longueur d'ondes va de 0,25 à 100 m et est donc plus vaste que celui de l'APL. Les deux ornières sont évidemment relevées séparément.

Le profil mesuré peut également procurer des données sur des irrégularités très locales, comme la mise en escalier de dalles de béton non jointonnées.

Domaine d'application

Le domaine d'application de l'ARAN dépend des sous-systèmes choisis. Dans la pratique il faut un temps sec pour la mesure de l'orniérage. L'utilisation de la caméra frontale (ROW) et de la caméra latérale nécessite une bonne luminosité naturelle. Le travail de nuit est dès lors exclu.

A5.9.2 Consoles de traitement – workstation de l'ARAN

Pour le traitement des données de mesure de l'ARAN il faut des PC, mais pas de hardware particulier pour les images digitales.

Il y a normalement QUATRE programmes principaux.

- Un programme général fait les calculs des paramètres d'uni pour les profils en long et en travers. Pour l'uni longitudinal, les paramètres comprennent les coefficients de planéité classiques pour les bases de 0,5 à 100 m, l'IRI (International Roughness Index) et la mise en escalier. Pour l'uni transversal on mesure la profondeur d'ornière et l'épaisseur du film d'eau. Tous ces paramètres sont déterminés pour chacune des ornières.
- L'évaluation des images de la route et l'établissement des divers inventaires (p.e. équipement de la route, dégradations, etc.) exigent un software interactif spécial.
- Le software d'analyse des images permet la détermination automatique du schéma de fissuration. Les fissures peuvent également être classées en différentes catégories selon leur nature et leur place dans la chaussée. Ce logiciel n'est pas capable de détecter ni d'évaluer d'autres types de dégradations.
- Enfin, un programme spécial permet de présenter les données disponibles en tableaux et graphiques accompagnés des images disponibles. Ce programme permet également de déterminer manuellement les dégradations hors fissures sur base des images du revêtement.

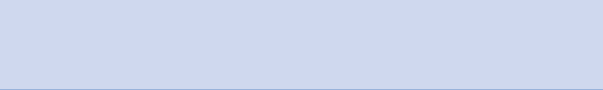
A5.10 Disponibilité des mesures

Le tableau ci-contre donne un aperçu des différents systèmes de mesure et de leur disponibilité en Belgique.

§	Système de mesure	INFRA	MET	OCW	Conditions	Performances journalières	Prix/jour (€)
A5.3.1	APL	✓	✓	✓		100 à 150 km	3 000
A5.9.1	ARAN Uni	✓		✓ (APL)		100 à 150 km	3 000
A5.9.1	ARAN Orniérage	✓		✓	Sec	100 à 150 km	3 000
A5.9.1	ARAN Caméra frontale	✓		✓		100 à 150 km	4 000
A5.9.1	ARAN Revêtement	✓				100 à 150 km	4 000
A5.9.1	ARAN Gyro GPS	✓		✓		100 à 150 km	3 000
A5.5.1	FWD	✓		✓		5 à 15 km	2 500 – 3 000
A5.5.2	Défectographe		✓			5 à 10 km	3 000
A5.5.3	Curviamètre			✓		15 à 70 km	3 000
A5.5.4	Poutre Benkelman			✓		jusqu'à 20 essais	2 000
A5.6.1	SCRIM	✓	✓		De préférence sec	100 à 150 km	3 000
A5.6.2	Odoliographe		✓	✓	De préférence sec	20 à 40 km	3 000
A5.6.3	Griptester	✓	✓		De préférence sec	20 à 40 km	2 000 – 3 000
A5.1	Géoradar	✓				50 à 75 km	3 000
A5.4	TUS		✓		Sec	100 à 150 km	2 500
A5.2.2	SAND		✓	✓	De préférence sec	40 à 60 km	3 000
A5.3.2	Règle de 3 mètres	✓	✓	✓		jusqu'à 100 mesures	1 000
A5.2.1	Formulaire Inspection visuelle	✓	✓		De préférence sec	10 à 15 km	2 000
A5.7.2	Profilomètre laser			✓	Sec	20 à 40 km	3 000
A5.8.1	Mesures de bruit SPB			✓		1 à 4 emplacements	3 000
A5.8.2	Mesures de bruit CPX					30 à 70 km	3 000
A5.3.3	Transversoprofilomètre	✓	✓	✓	De préférence sec	20 à 40 profils	3 000
A5.3.4	Faultimètre	✓		✓	Pas trop chaud	50 à 100 mesures	2 000
A5.4	Rutmeter	✓			Sec	50 à 100 km	3 000
A5.6.4	Pendule SRT	✓	✓	✓	De préférence sec	20 à 40 emplacements	1 000
A5.7.1	SCRIMTEX texture	✓	✓		Sec	100 à 150 km	2 500
A5.7.1	SCRIMTEX texture + rugosité	✓	✓		Sec	100 à 150 km	4 500
A5.7.3	Tache de sable	✓	✓	✓	Sec	20 à 40 mesures	1 000

Remarques

- Les performances indiquées sont basées sur le programme d'une journée complète comprenant les déplacements et les travaux préparatoires. On compte une période de trois heures en condition d'essai. Le rendement réel dépend fortement de la nature de la route et de la protection de la section de route à mesurer. Pour les sections de courte longueur et pour les routes locales, le rendement peut être sensiblement plus petit. Les conditions météorologiques peuvent elles aussi influencer le rendement.
- Les prix indiqués sont des estimations qui tiennent compte du coût de l'appareil et du nombre de personnes nécessaire pour l'exécution des essais. Le prix comprend en outre le traitement basique des données. Ces prix sont purement indicatifs et non contraignants pour les organismes cités.
- Si l'on souhaite relever plusieurs paramètres avec l'ARAN il est incorrect d'additionner les prix des différentes mesures.



Annexe 6

Méthodes d'essai pour déterminer les caractéristiques performantielles des enrobés bitumineux

Pour chacune des exigences décrites au § 7.1, il existe des méthodes d'essai permettant d'évaluer les performances d'un enrobé. Très souvent, il existe différents essais pour évaluer une même caractéristique performantielle. Nous nous limitons aux méthodes qui sont appliquées en Belgique et/ou faisons référence aux projets de normes des méthodes d'essai européennes.

A6.1 Rigidité

Une des méthodes servant à déterminer le module de rigidité des enrobés bitumineux est la réalisation de l'essai de flexion deux points sur des éprouvettes trapézoïdales. Cet essai, présenté dans la figure A.6.1, est réalisé à différentes températures et différentes fréquences. La méthode d'essai consiste à appliquer une flexion sinusoïdale variable à une éprouvette trapézoïdale encastrée à une extrémité.

L'application d'une contrainte sinusoïdale d'amplitude constante (σ_0) sur l'éprouvette mène à une déformation de même fréquence, mais avec un déphasage (ϕ). Le module de rigidité est le rapport entre la contrainte et la déformation. Pour de plus amples informations sur cette méthode ainsi que sur d'autres méthodes d'essai permettant de déterminer la rigidité des enrobés, veuillez vous référer à la réf. 87.

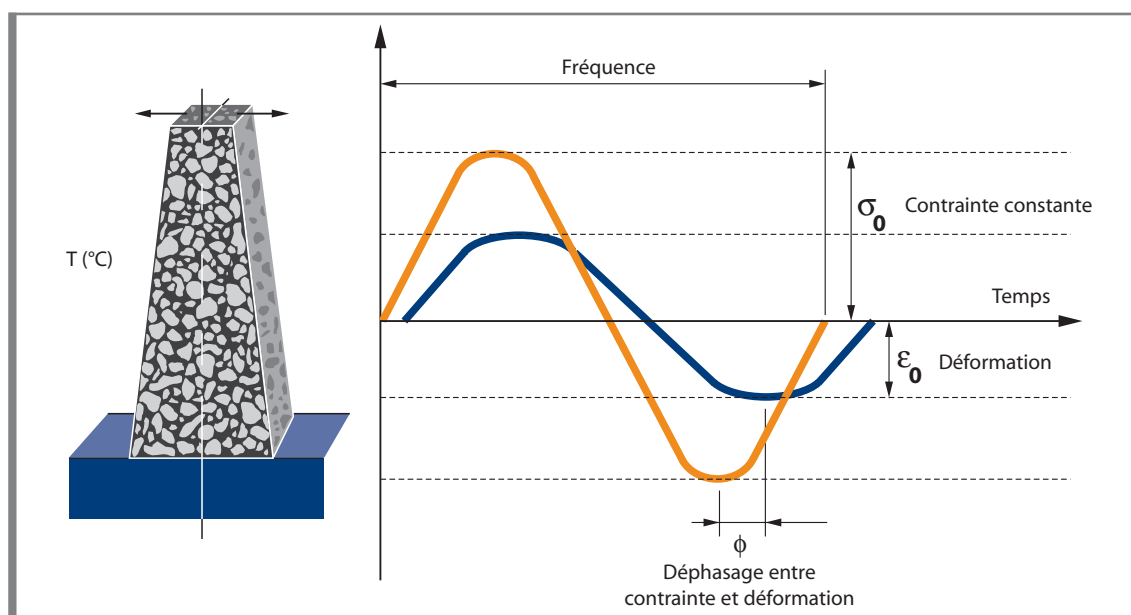


Figure A6.1 Essai de flexion deux points sur éprouvette trapézoïdale

A6.2 Résistance à la fissuration par fatigue

Pour caractériser la résistance aux fissures de fatigue dues à la flexion, on peut utiliser le même essai de flexion deux points que celui utilisé pour la détermination du module de rigidité. L'éprouvette est soumise à une flexion répétée jusqu'à ce qu'elle casse. Il est possible d'établir un graphique qui présente le nombre de cycles à la rupture en fonction du niveau de la force ou de la déformation. Pour une description plus détaillée de la méthode d'essai et pour d'autres méthodes d'essai permettant de déterminer la résistance aux fissures de fatigue, nous vous renvoyons à la réf. 88.

A6.3 Résistance à la fissuration thermique ou à la fissuration à basse température

Cette caractéristique performantielle n'est pas encore déterminée dans notre pays. Aucune méthode d'essai européenne n'est disponible à l'heure actuelle.

Aux Pays-Bas, l'essai statique SCB (Semi-Circular Bending Test) est appliqué pour établir la sensibilité à la fissuration d'un enrobé. Il s'agit toutefois de sensibilité à la fissuration en général, et pas de la fissuration thermique en particulier, qui est un phénomène assez complexe. L'essai statique SCB est réalisé sur des éprouvettes semi-circulaires (carottes sciées). L'éprouvette est testée dans une presse à vitesse de déformation constante. La méthode d'essai est décrite en détail à la réf. 89.

Pour déterminer la résistance à la fissuration à basse température, on utilise l'essai TSRST (Thermal Stress Restrained Specimen Test). Dans cet essai, on refroidit (p. ex. de 10 °C/heure) une éprouvette fixée dans un cadre ou dans un vérin indéformable. Les contraintes thermiques qui apparaissent du fait que l'éprouvette ne peut pas se rétracter sont mesurées (réf. 90).

A6.4 Résistance à l'orniérage

Pour caractériser la résistance à l'orniérage d'un enrobé bitumineux, deux essais sont utilisés en Belgique:

- l'essai Marshall;
- le simulateur de trafic.

A6.4.1 L'essai Marshall

Cet essai ne donne qu'une vague indication de la résistance à l'orniérage. L'essai consiste à amener les éprouvettes à une température de 60 °C, à les placer entre les segments d'un moule de forme bien déterminée et à les charger avec une vitesse de déformation constante. Lors de cet essai, on mesure la stabilité P_m et le fluage F_m au départ de la courbe charge-déformation (voir figure A6.3). Pour la méthode d'essai, veuillez consulter la réf. 38 (§ 54.16) et la réf. 92 (§ 54.16).

La stabilité Marshall (P_m) et le quotient Marshall (P_m/F_m) donnent une indication de la résistance à l'orniérage de l'enrobé. Cet essai permet uniquement d'établir une distinction entre des enrobés ayant de très mauvaises performances et des enrobés ayant de très bonnes performances. L'essai ne convient pas davantage à l'étude de l'influence du type de liant sur la résistance à l'orniérage. Pour les mélanges à squelette pierreux, comme le SMA, l'ED et le RMT0, l'essai est par ailleurs inadapté, en raison de l'absence de soutien latéral suffisant.



Figure A6.2
Dispositif pour l'essai Marshall

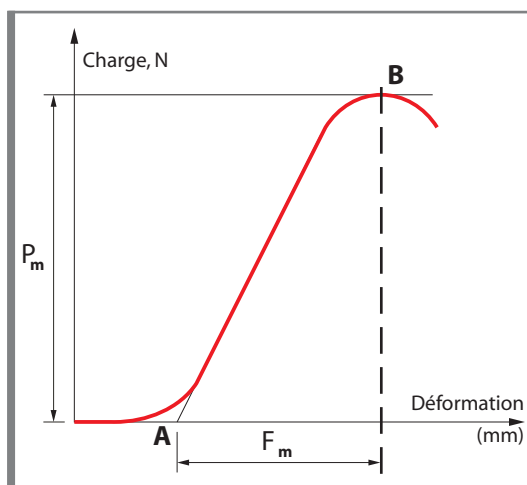


Figure A6.3 Diagramme Marshall

Pour cette raison, il est préférable d'opter pour le simulateur de trafic. La détermination de la stabilité Marshall, du quotient Marshall et du fluage disparaîtra d'ailleurs bientôt de nos cahiers des charges. Selon les exigences européennes pour les enrobés (série EN13108-xx), cet essai ne peut en effet plus être utilisé que pour les revêtements de pistes aéroportuaires. Dans tous les autres cas, c'est le simulateur de trafic qui est utilisé pour déterminer la résistance à l'orniérage.

A6.4.2 Essais au simulateur de trafic

Une éprouvette est ici soumise à la charge d'une roue qui réalise sur l'éprouvette un mouvement rectiligne de va-et-vient à une fréquence de 1 Hz. L'essai était auparavant réalisé dans notre pays à une température de 35 °C selon la méthode standardisée de la réf. 15 (§ XIV 4.4) et de la réf. 38 (§ 54.13); à l'heure actuelle, il est réalisé à une température plus élevée de 50 °C, conformément à la norme européenne EN 12697-22 (réf. 93).

Les déformations verticales sont mesurées à des endroits bien déterminés du profil longitudinal et transversal, et ce après un nombre défini de cycles. Sur base des déplacements verticaux, on calcule entre autres une profondeur moyenne d'ornièrisme dans l'axe, après 100 000 cycles selon la réf. 15 (§ XIV 4.4) et la réf. 38 (§ 54.13) et après 30 000 cycles selon la nouvelle méthode européenne.



Figure A6.4 Simulateur de trafic

A6.5 Résistance au plumage

A6.5.1 Essai Cantabro

La cohésion des ED et RMTO est déterminée par le biais de l'essai Cantabro. Dans cet essai, la perte de masse des éprouvettes Marshall est déterminée après trois cents rotations dans le tambour Los Angeles sans boulets. L'essai est réalisé à 18 °C (des températures d'essai différentes donnent des valeurs différentes de perte de masse). La perte de masse est exprimée en pourcents par rapport à la masse d'origine de l'éprouvette. L'appareillage est représenté à la figure A6.5.

En raison de la grande dispersion des résultats, l'essai doit être réalisé sur au moins quatre éprouvettes pour une même teneur en liant.

Cet essai est décrit aux réf. 38 (§ 54.19) et 95.



Figure A6.5
Tambour Los Angeles pour essais Cantabro



Figure A6.6 Essai RSAT

A6.5.2 Essai RSAT

Un autre essai, peut-être plus adapté pour évaluer le plumage est l'essai RSAT (Rotating Surface Abrasion Test). L'appareillage pour cet essai n'est toutefois pas encore commercialisé.

La figure A.6.6 montre un essai RSAT en cours. Une roue se déplace d'avant en arrière sur une éprouvette octogonale qui ne peut tourner que dans une seule direction. La disposition légèrement excentrée de la plaque bitumineuse par rapport à l'axe du mouvement de la roue génère un mouvement rotatif régulier, causé par les forces horizontales sur la surface. Après l'essai, l'éprouvette présente une dégradation comparable au plumage.

A6.6 Rugosité

La rugosité d'un revêtement est caractérisée par le coefficient de frottement transversal. Les appareils de mesures sont décrits au § A5.6.

A6.7 Imperméabilité

Bien que cette caractéristique soit très importante et ait été mesurée par le passé (réf. 96 et 97), aucune méthode de mesure (applicable aux enrobés), n'est actuellement utilisée ni en Belgique, ni en Europe.

A6.8 Cohésion

A6.8.1 Essai «Retained Marshall»

Pour évaluer la cohésion d'un enrobé, on peut utiliser l'essai dit «Retained Marshall». Dans cet essai, on réalise un essai Marshall avant et après 48 h d'immersion dans l'eau à 40 °C, avec détermination de la stabilité, du fluage et du quotient. Le rapport des stabilités ou des quotients après et avant immersion permet d'évaluer la cohésion du mélange. Plus ce rapport est bas, plus la cohésion est mauvaise.



Figure A6.7 Essai de traction indirecte

A6.8.2 Essai de traction indirecte

Au niveau européen, l'essai de traction indirecte selon la réf. 116, combiné au conditionnement dans l'eau selon la réf. 98, est choisi comme méthode de détermination de la sensibilité à l'eau des enrobés. L'essai est déjà repris dans la nouvelle version (de 2006) du SB 250 (réf. 2). Dans cet essai (voir figure A6.7), une éprouvette cylindrique est positionnée sur sa face latérale et soumise à une pression. Cette pression engendre une traction dans la direction radiale. Le rapport entre la résistance à la traction après et avant conditionnement dans l'eau permet d'évaluer la cohésion de l'enrobé.

A6.9 Résistance aux charges ponctuelles

A6.9.1 Indentation Wilson

La résistance de l'asphalte coulé au poinçonnement sous l'effet d'une charge statique est évaluée par l'indentation Wilson.

Dans cet essai, on mesure après un temps donné la profondeur de pénétration d'un poinçon de diamètre donné dans une éprouvette. L'essai est effectué à une température donnée et sous une charge donnée.

L'essai est décrit à la réf. 38 (§ 58.10) et à la réf. 91 (§ 58.10).

A6.9.2 Essai d'indentation sur cubes

En remplacement de l'indentation Wilson, on passera bientôt à l'essai d'indentation sur cubes (réf. 100). Dans cet essai, on mesure la pénétration, à une température et sous une charge données, d'un poinçon dans une éprouvette d'asphalte coulé. La pénétration dépend:

- des dimensions du poinçon;
- de la température à laquelle l'essai est réalisé;
- de la charge;
- de la durée de l'essai.

Ces quatre paramètres sont établis en fonction de l'application prévue et de la composition de l'asphalte coulé.

L'essai est exclusivement destiné à l'asphalte coulé.

A6.9.3 Essai de poinçonnement

Pour le cas spécifique des revêtements de ponts et de parkings sur toiture, l'UBAtc - génie civil a développé un test de poinçonnement qui simule l'effet d'un cric pour véhicules légers. Il s'agit de mesurer la déformation engendrée dans le complexe étanchéité-revêtement par l'enfoncement d'un piston de 100 cm² auquel est appliqué, durant une heure, une charge constante à une température de 50 °C (réf. 96).

A6.10 Résistance à la fissuration réflexive

A6.10.1 Essai de fissuration thermique

L'efficacité des interfaces anti-fissures peut être évaluée au moyen de l'essai de fissuration thermique. Plus particulièrement, on étudie avec cet essai l'effet de ces couches sur le ralentissement de la fissuration lorsqu'elles sont appliquées sur des dalles de béton sujettes à la dilatation thermique et au retrait. Une fissure ou un joint créé artificiellement s'ouvre et se referme de manière cyclique. Le temps que met une fissure pour apparaître dans la couche bitumineuse supérieure et pour se propager à la surface permet d'évaluer l'effet de ralentissement de la fissuration de la couche. La figure A6.8 présente le principe de l'essai. La méthode est décrite en détails à la réf. 102.

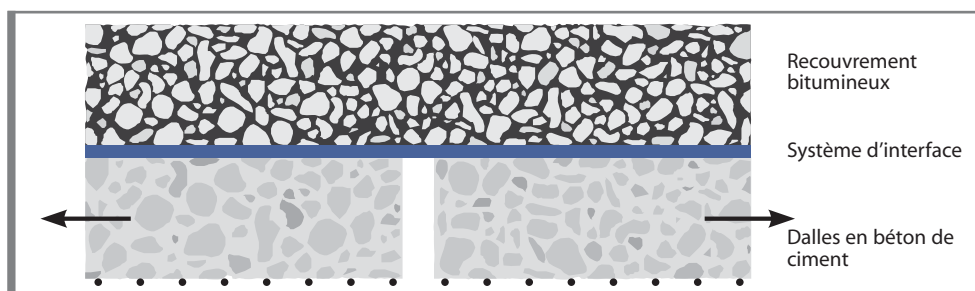


Figure A6.8 Essai de fissuration thermique

A6.10.2 Essai SCB

Aux Pays-Bas, c'est l'essai cyclique SCB (semicircular bending) qui est utilisé pour déterminer la propagation des fissures. Cet essai est réalisé sur des éprouvettes semi-circulaires (carottes sciées en deux), dotées d'une encoche. Lors de l'essai, l'éprouvette, qui est maintenue à 0 °C, est chargée de manière cyclique. La vitesse de propagation des fissures est déterminée de trois manières: avec une caméra, avec un «crack opening meter» et sur base du déplacement du vérin.

A6.11 Résistance à la déformation due au cisaillement

Bien que ce sujet suscite de l'intérêt, il n'y a à l'heure actuelle aucun appareillage d'essai disponible dans notre pays pour déterminer la résistance au cisaillement. Il n'y a pas encore non plus de méthode d'essai européenne.

Le plumage dû au cisaillement peut être évalué avec l'essai Cantabro ou l'essai RSAT (voir § A6.5).

A6.12 Drainabilité

Cette caractéristique est mesurée aussi bien sur des éprouvettes de laboratoire qu'in situ.

Dans notre pays, c'est une méthode «in situ» qui est utilisée (réf. 38 (§ 54.17) et réf. 91 (§ 54.17)). On mesure le temps qu'une quantité d'eau déterminée met pour s'écouler dans un drainomètre. Le drainomètre est un cylindre gradué en plastique transparent d'une cinquantaine de cm de hauteur. Ce cylindre est placé sur le revêtement et l'on mesure le temps d'écoulement.

La méthode d'essai européenne (réf. 104) prévoit qu'une éprouvette dotée d'une membrane en caoutchouc avec un manchon en plastique est mise sous pression, de manière à ce que l'eau ne puisse plus s'échapper par les côtés. Le manchon est ensuite rempli d'eau jusqu'à une certaine hauteur, après quoi on laisse s'écouler l'eau de l'éprouvette pendant une période bien déterminée. Le débit d'écoulement permet d'évaluer la drainabilité.

A6.13 Sensibilité hivernale

Aucun essai n'est réalisé dans notre pays pour déterminer cette sensibilité. Aucune méthode européenne n'est disponible non plus.

A6.14 Résistance aux produits chimiques

Cette caractéristique performantielle n'est pas déterminée dans notre pays. A l'heure actuelle, une méthode d'essai européenne est disponible (réf.105). L'essai consiste à immerger une éprouvette durant une période bien déterminée dans un carburant, après quoi une brosse en acier montée sur un mélangeur Hobart tourne sur l'éprouvette. La perte de masse de l'éprouvette permet d'évaluer la résistance à l'action du carburant en question.

A6.15 Absorption et réduction acoustique

Il existe des méthodes pour mesurer le bruit de roulement ou le bruit total d'un véhicule roulant sur un revêtement et des méthodes pour savoir dans quelle mesure le revêtement absorbe le bruit.

La mesure du bruit provoqué par un revêtement est décrite au § A5.8.

L'absorption acoustique d'un revêtement peut être mesurée à l'aide de différentes méthodes.

A6.15.1 Le tube de Kundt

Il s'agit d'une méthode très utilisée en acoustique et qui est également utilisée dans notre pays.

Les mesures sont réalisées sur des carottes prélevées sur le revêtement ou sur des éprouvettes cylindriques confectionnées en laboratoire. Un tube de Kundt est positionné perpendiculairement à l'éprouvette et l'on produit des ondes sonores qui se répercutent sur celle-ci. Le coefficient d'absorption est déterminé.

A6.15.2 La chambre de résonance

Lorsqu'un son est produit dans un espace fermé et est ensuite interrompu de manière brusque, un observateur présent dans la pièce entend encore le son après que la source sonore ait été arrêtée: c'est ce qu'on appelle la résonance. Le temps de résonance T_{60} d'une pièce est défini comme étant le temps qui s'écoule entre le moment où la source sonore est arrêtée et le moment où le niveau de pression sonore dans l'espace considéré est passé en-dessous de 60 dB.

En mesurant d'abord dans un espace conçu à cet effet le temps de résonance en fonction de la fréquence du bruit source et en répétant ensuite ces mesures après avoir amené dans la pièce un échantillon du revêtement à étudier, il est possible de déterminer le coefficient d'absorption sur base de la différence entre les temps de résonance.

A6.15.3 Méthode de la «surface étendue»

Cette méthode est utilisée à l'étranger, comme par exemple en France. Elle est décrite à la réf. 106.

A6.16 Maniabilité

La maniabilité des enrobés peut être évaluée en préparant les mélanges en laboratoire et en s'assurant que les granulats sont suffisamment enrobés de bitume et qu'un mélange cohésif peut être obtenu. La réf. 101 décrit la manière dont la préparation en laboratoire doit se faire.

A.6.17 Compactabilité

La compactabilité d'un enrobé peut être évaluée à l'aide d'un compacteur giratoire (réf. 117).

Avec cet appareil, des enrobés chauds placés dans un moule métallique de forme bien définie sont compactés sous l'effet d'une force verticale constante. L'éprouvette décrit alors un mouvement rotatif selon un «angle de giration» (α) petit et fixe, comme illustré par la figure A6.9. Les deux extrémités de l'éprouvette sont toujours perpendiculaires à l'axe médian vertical.

Pendant l'essai, la hauteur de l'éprouvette est mesurée en continu. Ceci permet de déterminer l'évolution de la compacité de l'éprouvette en fonction du nombre de girations.

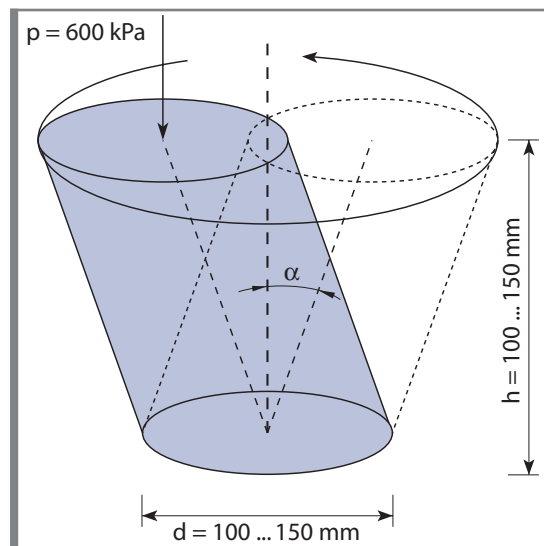
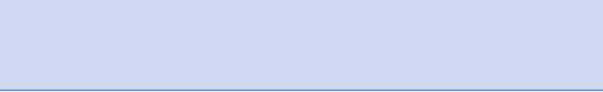


Figure A6.9

Diagramme du mouvement d'une éprouvette pendant le compactage giratoire



Annexe 7

Méthodes de détection du goudron

A7.1 Distinction entre les gdb bitumineux et les gdb contenant du goudron selon les cahiers de charges types

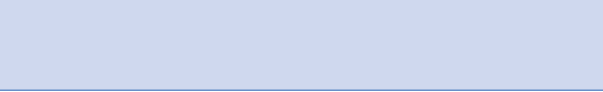
Le Standaardbestek 250 du Ministère de la communauté flamande décrit une méthode permettant de détecter la présence de goudron (réf. 2, § XIV 3.7.2). Cette méthode repose sur la chromatographie sur papier combinée à un solvant sélectif pour le goudron, à savoir le diméthylsulfoxyde ou DMSO. Il s'agit d'une méthode qualitative, basée sur l'observation visuelle d'une teinte orangée à partir d'une teneur en goudron de 5m-% dans le liant. Pour une teneur en liant de 5 %, cela correspond environ à 2,5 g de goudron par kg de gdb contenant du goudron.

Dans les Régions wallonne et de Bruxelles-Capitale, on utilise pour détecter le goudron dans les gdb un essai à la tache au moyen de toluène (réf. 108). Dans cet essai, on laisse tomber quelques gouttes de toluène sur un morceau de gdb posé sur du papier filtre, et l'on regarde la couleur de la tache qui apparaît. Si le gdb contient du goudron, cette tache aura des bords oranges; si le liant est purement bitumineux, la tache reste brune. Vu que les gdb sont rarement homogènes, il est conseillé de répéter l'essai sur vingt-cinq éprouvettes. Le résultat est donné de manière quantitative comme étant le nombre d'éprouvettes «positives» sur vingt-cinq.

A7.2 Distinction entre les gdb bitumineux et les gdb contenant du goudron à l'aide de méthodes additionnelles

L'essai au «PAK-Marker®» est une méthode pratique commercialisée par une firme néerlandaise. Cette technique utilise une peinture routière vaporisable, qui a légèrement été modifiée par le fabricant (solvant, teneur en pigments, etc.) (réf. 109, 110 et 111). Après avoir posé une couche de peinture sur des gdb, sur une carotte ou sur une tranche de revêtement, l'apparition d'une coloration jaune indique une pollution aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). L'intensité de la coloration dépend de la teneur en goudron. La lumière UV, même provenant d'un simple appareil portable, permet d'établir de manière plus claire encore la distinction entre les gdb contenant du goudron ou non.

De nombreuses autres méthodes sont décrites dans la littérature (réf. 112 et 113). Parmi celles-ci, citons entre autres la détection GC-MS (chromatographie gazeuse couplée à un détecteur de masse) et la fluorescence UV HPLC (High Pressure Liquid Chromatography). Ces méthodes sophistiquées d'analyse permettent de déterminer de très basses concentrations de HAP particuliers. Il s'agit toutefois de méthodes relativement chères, qui ne peuvent être appliquées que dans des laboratoires spécialisés.



Annexe 8

Exemple d'application d'une analyse multicritère pour l'aide au choix d'un revêtement

Choix d'une couche de roulement à poser en milieu urbain.

Considérons les alternatives «Enduit superficiel monocouche simple gravillonnage 6,3/10 (Enduit)», «SMA-D2» et «Enrobé percolé» et les critères «confort» à maximiser, «bruit» à minimiser et «coût» à minimiser.

ALTERNATIVES	CRITERES			
		Confort	Bruit	Coût
	Poids	1	4	2
Enduit		5/10	75 dB(A)	3 EUR/m ²
SMA-D2		8/10	69 dB(A)	8 EUR/m ²
Enrobé percolé		4/10	73 dB(A)	15 EUR/m ²

Les valeurs du tableau résultent d'estimations ou de données objectives. Le poids est attribué par le concepteur en fonction de l'application.

La normalisation des cotes est nécessaire pour que les critères aient la même importance. Les relations suivantes peuvent être utilisées:

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

si le critère est à maximiser et

$$X_{norm} = \frac{X - X_{max}}{X_{min} - X_{max}}$$

si le critère est à minimiser.

On obtient par somme pondérée:

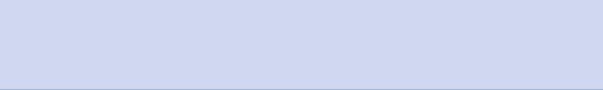
ALTERNATIVES	CRITERES NORMALISES			
		Confort	Bruit	Coût
	Poids	1	4	2
Enduit		0,5	0	1
SMA-D2		0,8	1	0,58
Enrobé percolé		0,4	0,33	0

$$score_{enduit} = (1 \times 0,5) + (4 \times 0) + (2 \times 1) = 2,5$$

$$score_{SMA-D2} = (1 \times 0,8) + (4 \times 1) + (2 \times 0,58) = 5,96$$

$$score_{enrobé\ percolé} = (1 \times 0,4) + (4 \times 0,33) + (2 \times 0) = 1,72$$

C'est donc le SMA qui obtient le score le plus élevé et est donc la variante qui convient le mieux dans le contexte considéré.



Liste des références

1. Ministère de la Région wallonne
Ministère de l'Équipement et des Transports
CCT RW99 – Cahier des Charges-type RW99 – 2004
2. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Afdeling Wegenbouwkunde
SB 250 – Standaardbestek 250 voor de wegenbouw – Versie 2.1 – 2006
3. Ministère de la région de Bruxelles-Capitale
CCT 2000 – Cahier des Charges Type relatif aux Voiries en Région de Bruxelles-Capitale – 2000
4. Centre de recherches routières
Code de bonne pratique pour le dimensionnement des chaussées à revêtement hydrocarboné
Recommandations CRR - R49/83 – 1983
5. Centre de recherches routières
Code de bonne pratique pour la formulation des enrobés bitumineux
Recommandations CRR - R69/97 – 1997
6. Centre de recherches routières
Code de bonne pratique pour la fabrication des enrobés bitumineux
Recommandations CRR - R72/02 – 2001
7. Centre de recherches routières
Code de bonne pratique pour la fabrication et la pose des bétons hydrocarbonés
Recommandations CRR - R54/84 – 1985
8. Centre de recherches routières
Code de bonne pratique des enduits superficiels
Recommandations R71/01 – 2001
9. Asfalt en zwaarbelaste verhardingen
VBW Asfalt – Technische informatie – September 1996
10. 3rd International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements
Volume II – Proceedings – 1972
11. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Wegen en Verkeer
in samenwerking met Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Catalogus – Schade aan wegverhardingen – 2001
12. MET
Catalogue – Dégradations des chaussées – 1997
13. Balazs Fonyo, Hans Rudolf von Känel
SYTEC Bausysteme AG, Niederwangen
Voies de communication renforcées par des géogrilles
Tiré-à-part IAS no.07 – Géogrilles – 5/05/2000
14. Centre de recherches routières
Guide pratique - Stabilisation des sols pour couches de sous-fondation
Complément au Code de bonne pratique R74/04 – 2004
15. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Administratie Wegen en Verkeer
SB 250 – Standaardbestek 250 voor de wegenbouw – Versie 2.0 – 2000
16. C. De Backer
Les revêtements bitumineux minces et les traitements superficiels pour l'entretien des chaussées –
Nouveautés en matière d'enduits et de coulis
Journée d'étude organisée par le Centre de recherches routières – Bruxelles – 7/05/1992

17. J. Longueville
Schlammages – Les revêtements bitumineux coulés à froid
Formation routes: de la conception à l'entretien
Centre de recherches routières – Bruxelles – 29/01/2004
18. ISSA (International Slurry Surfacing Association)
3 Church Circle, PMB 250
Annapolis, MD 21401, USA
<http://www.slurry.org>
19. DWW
Workshop Ontwikkeling in gedragsgerelateerde bitumenspecificaties
Nederland – 19/01/2005
20. Fédération de l'Industrie du béton (FEBE)
Revue Beton – N° 171 – Editio – p. 5 – Juin 2003
21. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) in samenwerking met de Vereniging Emulsie Asphalt Beton (VEAB)
Beoordeling Emulsieasfaltbeton – Emulsiebeton C – Mei 1994
22. A. Vanelstraete, L. Francken
Prevention of Reflective Cracking in Pavements: State-of-the-art – Report of RILEM TC 157 PRC
RILEM Report 18 – 1997
23. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Wegen en Verkeer
in samenwerking met Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Toepassing van asfaltwapeningen en scheurremmende lagen – 1999
24. M. Buncher, C. Rosenberger
Understanding the True Economics of Using Polymer Modified Asphalt through Life Cycle Cost Analysis
Asphalt Institute – Asphalt – Summer 2005
25. Rigid Pavement Condition Survey Handbook
DOT – Florida USA – 2000
26. Flexible Pavement Condition Survey Handbook
DOT – Florida USA – 2000
27. Distress Identification Manual for Long Term Pavement Performance Project
SHRP – 1993
28. Catalogue de dégradations
Norme Suisse SN640 925 – 1991
29. Rationeel Wegbeheer – Handleiding en schadecatalogus
CROW – 1990
30. K. Verhoeven
Réparation et entretien des routes en béton
CRIC – 1978
31. Catalogue of Road Surface Deficiencies
OESO – 1978
32. V. Veverka, M. Gorski, P. Vervenne
Gestion de l'entretien des voiries secondaires en théorie et en pratique
CRR – Mai 1990
33. R. Nilsson
Viscoelastic Pavement Analysis using Veroad
Royal Institute of Technology – 2001
34. F. Van Cauwelaert
Pavement Design and Evaluation
FEBELCEM – 2004
35. M. Gorski
Evaluation de la durée de vie résiduelle
Note sur la méthodologie
CRR – Juillet 1997
36. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Administratie Waterwegen en Zeewezen
Bekleding met open steenasfalt
Standaardbestek 230 voor de waterbouw, Hoofdstuk 81, § 16.11 – 2000

37. C. De Backer
Catalogue des dégradations des revêtements hydrocarbonés d'ouvrages d'art
Classification, causes et remèdes
CRR – CR 8/78 – 1978
38. Ministère de la Région wallonne
Ministère wallon de l'Équipement et des Transports
CME – Catalogue des Méthodes d'Essais – 2002
39. MET – D.113
Circulaire O.S.DG1.06.49(01) relative à la mise en application des logiciels DimMet et EvalMET –
27 avril 2006
40. O. Pilate
Aide multicritère au choix des revêtements routiers
CRR – F42/06 – 2006
41. Centre de recherches routières
Code de bonne pratique pour la protection des travaux routiers contre les effets de l'eau
Recommandations CRR R28/65 – 1965
42. Service public fédéral Mobilité et transports, Direction générale Mobilité et Sécurité Routière,
Direction Mobilité
Recensement de la circulation 2004 – N° 28 – Septembre 2005
43. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap – AWV
Wegstructuren, dimensionering en keuze van de verharding – Versie 2 – 1999
44. DimMET – Version 2.0.0
Logiciel de dimensionnement mis au point par la FEBELCEM et le CRR – Janvier 2006
45. Y. Brosseaud, F. Lede
Revêtements à faible niveau de bruit et à haute adhérence: bilan des recherches françaises,
développement des produits
Congrès Euraspalt & Eurobitume – Vienne 2004 – p. 1068-1077
46. MET – D.113
Circulaire CT.98.12(01) – Caractéristiques routières et autoroutières – 1998
47. J-N Onfield
Bitumes spéciaux
Route actualité – N° 143 – Mai 2005
48. C. De Backer
Les températures dans les structures routières – Mesures expérimentales – Méthodes prévisionnelles
CRR – RR180 – 1979
49. C. De Backer
Les températures dans les structures routières
CRR – La technique routière – N° 2/1980
50. Rationeel beheer van fietspaden: handleiding voor beheer en ontwerp
CROW – Publicatie 94 – 1995
51. O. Pilate
Evolution de la température d'une couche bitumineuse nouvellement posée
CRR – CR 42/06 – Juin 2006
52. CROW – 1st European Airport Pavement Workshop – Schiphol Airport – Amsterdam –
11 and 12 May 2005
53. VLAREA: Besluit van de Vlaamse regering van 5 december 2003 tot vaststelling van het Vlaams
reglement inzake afvalvoorkoming en -beheer
Belgisch Staatsblad – 30 april 2004
54. NBN EN 12591 : 2000
Bitumes et liants bitumineux – Spécifications des bitumes routiers
55. Le choix des revêtements colorés à base de bitume ou de résine pour voirie urbaine –
Recommandations
CERTU – Mars 1997
56. A. Verhasselt
Enrobés hydrocarbonés à base de scories LD pour sous-couches
4ème Symposium Eurobitume – p. 352-356 – Madrid – 1989

57. Association Royale Permanente des Congrès Belges de la Route (ARPCBR)
Scories LD comme granulat pour enrobés hydrocarbonés
Journée d'étude «Nouvelles orientations de la Technique structurelle de la Route» – Thème I.2
Construction et entretien des revêtements hydrocarbonés – pp. 39-43 – Antwerpen – 1990
58. Scintiflex: lumières et scintillements sur la route
RGRA N° 778 – Novembre 1999
59. Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Technologisch Instituut van de Koninklijke Vlaamse Ingenieursvereniging
Water en de weg
Studiedag – Antwerpen – 25 mei 2000
60. Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Diensten van de Vlaamse Executieve Openbare Werken en Verkeer
Veilige fietspaden
Studiedag – Antwerpen – 4 december 1990
61. NBN EN 14023 : 2006
Bitumes et liants bitumineux – Cadre de spécifications des bitumes modifiés par des polymères
62. NBN EN 13924 : 2006
Bitumes et liants bitumineux – Spécifications des bitumes routiers de grade dur
63. Les liants modifiés, les liants avec additifs et les bitumes spéciaux
AIPCR – Routes N° 303 III – Juillet 1999
64. CROW
Workshop Vliegveldverhardingen – Schiphol – 4 en 5 november 1997
65. Reflective Cracking in Pavements: Design and Performance of Overlay Systems
Proceedings of the 3rd International RILEM Conference – Maastricht – 1996
66. Centre de recherches routières
Code de bonne pratique pour la conception et la construction des revêtements des ponts à tablier en béton
Recommandations CRR – R60/87 – 1987
67. C. De Backer
Aires de stationnement pour véhicules sur toitures de bâtiment
CRR – CR26/85 – 1985
68. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie
Wegen en Verkeer
Handleiding voor de aanwending van SMA en ZOA – 1996
69. E. Van den Kerkhof
Waterafvoer
Vervolmakingscursus voor de Genieschool – OCW – 29 september 1999
70. Reflective Cracking in Pavements: Research in Practice
Proceedings of the 4th International RILEM Conference – Ottawa – 2000
71. Utilisation du procédé Metalflex pour le traitement de zones orniérées sur route à très fort trafic
RGRA – N° 777 – Octobre 1999
72. P. De Baere
Voorstelling van het R1-project
Studiedag BWV – Kwaliteit van grote wegenwerken (R1/E411) – OCW – 21/04/2005
73. Centre de recherches routières
Code de bonne pratique pour la pose des égouts et collecteurs
Recommandations R76/06 – 2006
74. Reflecterende bitumineuze wegdekken
Asfalt nr. 4 – December 2002
75. Y. Decoene, A. Coppens
Revêtements bitumineux scintillants
Congrès belge de la route – Genval 1991
76. Y. Decoene
Gedrag na 5 jaar toepassing van bitumineuze verhardingen met een dikke metalen structuur
Wegbouwkundige werkdagen – Deel 1 – 1996
77. NBN EN 13108-4 : 2006
Mélanges bitumineux – Spécifications des matériaux – Partie 4: Hot Rolled Asphalt
78. Dossier «Asphalte coulé»
RGRA – N° 784 – p. 21 – Mai 2000

79. L'utilisation des matériaux bitumineux dans les travaux hydrauliques – Développements et applications récents
Bituminfo N° 58 – Juin 1990
80. K. Busschots, C. De Backer, F. Fuchs, P. De Clerck
Innovations en matière de revêtements colorés
CRR – Journée d'étude «Equipements de la route» – 31 mars 1998
81. C. De Backer, G. Glorie
Revêtements en enrobés à froid : premières expériences belges
CRR – CR40/03 – 2003
82. Y. Brosseaud
Bilan d'utilisation des revêtements bitumineux colorés en France
Congrès Euraspalt & Eurobitume – Vienne – 2004
83. NBN EN 13108-5 : 2006
Mélanges bitumineux – Spécifications des matériaux – Partie 5: Béton bitumineux grenu à forte teneur en mastic
84. J. Berger, P. Bumma, J. Crochet (MET/D.113)
X. Cocu, C. De Backer, L. Glorie, L. Goubert, A. Verhasselt (CRR)
Chantier pilote en enrobés drainants bicouches
CRR – CR41/05 – 2005
85. J. Reichert
Perméabilité de revêtements
CRR – La Technique Routière – N° 2 – p. 9-26 – 1968
86. Rationeel wegbeheer
CROW – Publicatie 20 – April 1992
87. NBN EN 12697-26 : 2004
Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud – Partie 26: Rigidité
88. NBN EN 12697-24 : 2004
Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai pour enrobés à chaud – Partie 24: Résistance à la fatigue
89. R. Hofman
Proefomschrijving Semi Circular Bending Proef (SCB) – Versie 3.1
DWW rapportnummer IL-R-98.037 – 1999
90. W. Arand
Influence of Bitumen H on the Fatigue Behaviour of Asphalt Pavements of Different Thickness due to Bearing Capacity of Subbase, Traffic Loading and Temperature
Proc. 6th Int. Conf. on Structural Design of Asphalt Pavements – Ann Arbor – Michigan – p. 65-71 – July 13-17, 1987
91. Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Wegen, Wegenfonds
Aflevering Proefmethodes
92. NBN 12697-34 : 2004
Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud – Partie 34: Essai Marshall
93. NBN EN 12697-22 : 2004
Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud – Partie 22: Essai d'orniérage
94. NBN EN 13108-7 : 2006
Mélanges bitumineux – Spécifications sur le matériau – Partie 7: Bétons bitumineux drainant
95. NBN EN 12697-17 : 2004
Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud – Partie 17: Perte de matériau des éprouvettes d'enrobé drainant
96. Goedkeuringsleidraad nr. G002 (06)
Gewapende membranen op basis van polymeerbitumen gebruikt als afdichting voor bruggen en parkeerdaken
BUtgb (Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw) – 2001
97. NBN EN 14694 : 2005
Feuilles souples d'étanchéité – Etanchéité de ponts et autres surfaces en béton circulables par les véhicules – Détermination de la résistance à la pression dynamique de l'eau après dégradation par prétraitement

98. NBN EN 12697-12 : 2004
Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud – Partie 12: Détermination de la sensibilité à l'eau des éprouvettes bitumineuses
99. Dictionnaire technique routier
AIPCR – 1997
100. NBN EN 12697-20 : 2004
Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud – Partie 20: Essai d'indentation sur cubes ou sur éprouvettes Marshall
101. NBN EN 12697-35 : 2004
Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud – Partie 35: Mixe laboratoire
102. Belgian Road Research Centre
Operating procedure for Thermal Cracking Test – June 2002
103. Richtlijn dunne asfaltdekklagen
VBW – 2004
104. NBN EN 12697-40 : 2006
Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud – Partie 40: Drainabilité in situ
105. NBN EN 12697-43 : 2005
Mélanges bitumineux – Essais pour enrobés à chaud – Partie 43: Résistance aux carburants
106. AFNOR NF S 31-089 : 2000
Acoustique – Code d'essai pour la détermination des caractéristiques intrinsèques des écrans installés in situ
107. Road Research Laboratory – Ministry of Transport (UK)
Instructions for using the Portable Skid-Resistance Tester
Road Note 27 – 1969
108. Ministère Wallon de l'Équipement et des Transports (MET)
Circulaire AWA/178-95/150
109. Teergehaltebepaling van asfaltmonsters
Asfalt – nr. 4 – p.17 – 1996
110. PAK-Marker onderzoek
Asfalt – nr. 3 – p.21 – September 2002
111. Richtlijn omgaan met vrijkomend asfalt
CROW – Rapport 04-08 – Augustus 2004
112. Hergebruik van asfalt met teer
CROW – Publicatie 109 – 1997
113. S.Vansteenkiste, A.Verhasselt
Comparative Study of Rapid and Sensitive Screening Methods for Tar in Recycled Asphalt Pavement Road Materials and Pavement Design – Vol 5 Special edition (European Asphalt Technology Association) – p. 89-106 – Nottingham – 6-7th July 2004
114. Asfaltwapening: zin of onzin? – Hfdst. 6 – Hergebruik
CROW – Publicatie 69 – Februari 1993
115. Centre de recherches routières
Code de bonne pratique pour le traitement des sols à la chaux et/ou au ciment
Recommandations R74/04 – 2004
116. NBN EN 12697-23 : 2003
Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai pour enrobés à chaud – Partie 23: Détermination de la résistance à la traction indirecte des éprouvettes bitumineuses
117. NBN EN 12697-31 : 2004
Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud – Partie 31: Confection d'éprouvettes à la presse à compactage giratoire
118. NBN EN 13108-1 : 2006
Mélanges bitumineux – Spécifications des matériaux – Partie 1: Enrobés bitumineux
119. NBN EN 13108-2 : 2006
Mélanges bitumineux – Spécifications des matériaux – Partie 2: Bétons bitumineux très minces
120. Institut Royal Météorologique de Belgique (IRM)
Bulletins mensuels – Observations climatologiques

Liste des figures

2.1	Structure d'une chaussée (schéma de principe)	3
2.2	Stabilisation à la chaux	4
2.3	Revêtement bitumineux	8
2.4	Revêtement en béton de ciment (BAC)	8
2.5	Pavage	9
2.6	Dolomie	9
2.7	Pose d'enrobés	11
2.8	Pose d'un enduit	12
2.9	Pose d'un RBCF	12
2.10	Pose d'un asphalte coulé	12
2.9	Enrobé percolé: remplissage des vides de l'enrobé par le RBCF	12
2.12	Pose d'un ESHP	13
2.13	SAMI	15
2.14	Pose d'une interface non tissée	16
2.15	Interface avec géogrid: pose de l'enduit de protection	16
2.16	Interface avec grillage métallique: pose du RBCF	16
2.17	Pose d'un sable-bitume	16
5.1	Fissures de réflexion	24
5.2	Fissures de fatigue	24
5.3	Plumage	24
5.4	Orniérage	24
5.5	Ondulations longitudinales	26
5.6	Orniérage	27
5.7	Différence de niveau entre dalles de béton	27
5.8	Carotte prélevée au droit d'une fissure	37
5.9	Mode de propagation d'une fissure	38
5.10	Emplacement des carottes pour la détermination du profil de l'ornière dans chaque couche de revêtement	38
5.11	Fenêtre dans la structure	39
8.1	Concordance entre les températures mensuelles extrêmes calculées et les températures mesurées (à une profondeur de 38 cm)	61
8.2	Stagnation d'eau	61
8.3	Traitement hivernal sur une route enneigée	62
8.4	Projection d'eau	63
8.5	Différence de comportement hivernal entre le BB (à l'avant) et l'ED (à l'arrière)	64
8.6	Influence des types de revêtements sur le bruit généré par le trafic (voir réf. 45)	66
8.7	Revêtements colorés	67
8.8	Traitement hivernal	69
8.9	Mise en œuvre sur une faible largeur	70
8.10	Pente	70
8.11	Carrefours et ronds-points	71
8.12	Partie inclinée d'un plateau: travail manuel inévitable, utiliser un enrobé approprié	72
8.13	L'accessibilité limitée exige parfois de recourir à une composition adaptée	72
8.14	Support (dalles en escalier)	73
8.15	Voirie industrielle	74

8.16	Voie de tram	75
8.17	Piste cyclable	75
8.18	Voie piétonne	75
8.19	Parking	76
8.20	Aires de stockage	76
8.21	Aéroport	77
8.22	Aire de jeux	78
8.23	Pont	78
8.24	Parking sur toiture	79
8.25	Diminution de la température dans un béton bitumineux nouvellement posé en fonction de l'épaisseur et de la vitesse du vent	82
9.1	Illustration des diverses textures participant à la rugosité d'un revêtement	91
10.1	Enrobé scintillant (à gauche)	148
10.2	Enrobé à armature alvéolaire	148
10.3	Asphalte coulé imprimé	149
10.4	Enrobé pierreux posé en berge	149
10.5	Grave bitume	150
10.6	Enrobés à froid	151
10.7	RBCF coloré	152
10.8	Enrobé bitumineux coloré	152
10.9	Asphalte coulé coloré	153
10.10	Enrobé drainant bicouche	154
A1.1	Macrotexture et microtexture	157
A5.1	Géoradar monté à l'arrière du véhicule de transport	167
A5.2	SAND	168
A5.3	Onde courte (à gauche) et onde longue (à droite)	169
A5.4	Schéma de principe de l'APL	170
A5.5	APL	170
A5.6	Règle de 3 mètres	170
A5.7	Transversoprofilomètre	171
A5.8	Faultimètre	171
A5.9	TUS	172
A5.10	Défectomètre à masse tombante	173
A5.11	Curviamètre	173
A5.12	Poutre Benkelman	174
A5.13	SCRIM	175
A5.14	Griptester	176
A5.15	Pendule SRT	176
A5.16	Profilomètre laser	177
A5.17	Tache de sable	178
A5.18	Mesure du niveau sonore	178
A5.19	Le véhicule de mesure ARAN	179
A5.20	Caméras sur le véhicule de mesure ARAN	180
A5.21	Appareillage de l'ARAN	181
A6.1	Essai de flexion deux points sur éprouvette trapézoïdale	185
A6.2	Dispositif pour l'essai Marshall	186
A6.3	Diagramme Marshall	186
A6.4	Simulateur de trafic	187
A6.5	Tambour Los Angeles pour essais Cantabro	187
A6.6	Essai RSAT	188
A6.7	Essai de traction indirecte	188
A6.8	Essai de fissuration thermique	189
A6.9	Diagramme du mouvement d'une éprouvette pendant le compactage giratoire	191

Liste des tableaux

5.1	Indices et seuils	29
5.2	Valeurs limites pour l'évaluation des défauts	31
5.3	Correspondance Indices– Degré de saturation	31
5.4	Correspondance Indices– Coefficients de planéité	32
5.5	Correspondance Indices– Orniérage	33
5.6	Correspondance Indices– Mise en escalier	34
5.7	Correspondance Indices– Valeurs CFT	35
7.1	Aperçu des différentes exigences performantielles	45
7.2	Influences directes des caractéristiques performantielles sur le confort, la sécurité, la durabilité et l'environnement	46
7.3	Quelques exemples de l'importance des caractéristiques performantielles (pour le confort, la sécurité, la durabilité et l'environnement) en fonction de l'application	48
7.4	Conditions qui augmentent l'importance d'une caractéristique fonctionnelle	50
7.5	Conditions qui mènent à des exigences spécifiques	50
7.6	Sensibilité à la fissuration thermique et à basse température	52
7.7	Sensibilité à l'orniérage	52
7.8	Sensibilité au plumage	53
7.9	Rugosité	53
7.10	Importance de la cohésion	54
7.11	Sensibilité aux fissures de réflexion	54
7.12	Sensibilité à la déformation due à des forces de cisaillement	55
7.13	Drainabilité	55
7.14	Sensibilité aux conditions hivernales	55
7.15	Sensibilité aux produits chimiques	56
7.16	Absorption acoustique et réduction du bruit	56
8.1	Augmentation annuelle du trafic	58
8.2	Bouwklassen de l'INFRA	59
8.3	Prix de divers RMD-C (par rapport au BB-1B)	67
8.4	Proportion autorisée de liant provenant de granulats de débris bitumineux en cas d'ajout à chaud	69
8.5	Coûts de mise en décharge actuels (2006), en €/t	85
9.1	Caractéristiques des liants	89
9.2	Caractéristiques des additifs	90
10.1	Caractéristiques des couches bitumineuses	94
10.2	Domaines d'utilisation des couches bitumineuses	96
A5.10	Disponibilité des mesures	183

Source des photos

Aswebo	8.9, 8.10, 8.11, 8.12, 8.13.
BECCR	10.4.
BIAC	8.21.
Colas Belgium	2.17; 8.19, 8.22; 10.1, 10.5.
CRR	2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8a, 2.8b, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15, 2.16; 5.6, 5.8, 5.11; 8.2, 8.3, 8.4a, 8.4b, 8.5, 8.8, 8.14, 8.15, 8.16, 8.17, 8.18, 8.20, 8.23, 8.24; 10.2, 10.3, 10.6a, 10.6b, 10.7, 10.8, 10.9, 10.10; B5.2, B5.6, B5.8, B5.10, B5.11, B5.12, B5.15, B5.16, B5.17a, B5.17b, B5.18; B6.2, B6.4a, B6.4b, B6.5B6.6, B6.7.
INFRA	5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.7; B5.1, B5.5, B5.7, B5.19, B5.20a, B5.20b, B5.21a, B5.21b.
MET	B5.9, B5.13a, B5.13b, B5.14.
Shell-GAP	8.7.

Dépôt légal: D2006/0690/9
ISSN 1376 – 9340



Centre de recherches routières

Etablissement reconnu par application de l'Arrêté-loi du 30 janvier 1947

boulevard de la Woluwe 42

1200 Bruxelles

Tél. : 02 775 82 20 - fax : 02 772 33 74

www.crr.be