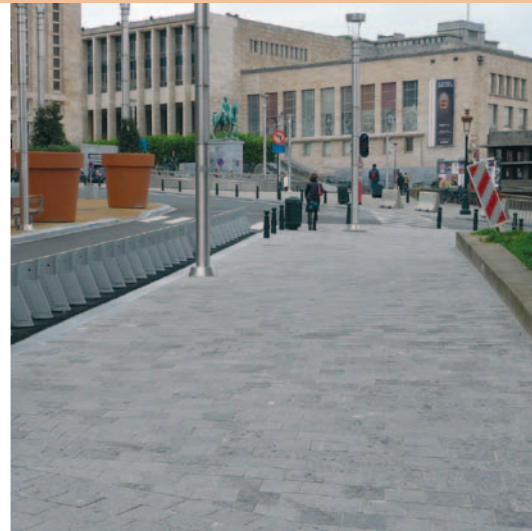


Revêtements des aménagements piétons



Recommandations pour la conception,
la mise en œuvre et l'entretien



Le vademecum piétons en Région de Bruxelles-Capitale offre un soutien technique à tous les acteurs impliqués dans l'amélioration de l'infrastructure piétonne et la promotion de la marche à pied à Bruxelles.

La sécurité, le confort, l'attrait et l'accessibilité des aménagements piétons sont étroitement liés à la qualité du revêtement et de l'éclairage.

Le présent volet vise à donner des recommandations basées notamment sur les besoins des usagers, pour la conception, la mise en œuvre et l'entretien des revêtements en vue de la réalisation d'aménagements piétons de qualité.

Le respect des besoins des usagers sera toujours prioritaire dans le choix des matériaux.

L'éclairage fait l'objet d'un volet distinct du vademecum, rédigé selon le même modèle que celui-ci et par le même auteur.

Texte, traduction et dessins ▮

Centre de recherches routières (CRR)

Avec la collaboration de ▮

Adriana Arias, Pierre-Jean Bertrand, Frédéric Chevalier, Eric Falier, Françoise Godart et Eric Monami de Bruxelles Mobilité, Francisco Guillan de l'Administration de l'Aménagement du Territoire et du Logement (AATL), Pierre Molter de Bruxelles Environnement (IBGE), Maud Sternotte de la STIB, Jacques Evenepoel du cabinet de la Ministre Brigitte Grouwels et Arnaud Verstraete du cabinet du Secrétaire d'Etat Bruno De Lille

Photos ▮

Bruxelles Mobilité, Bruxelles Environnement (IBGE), STIB, EBEMA, asbl Gamah, ANLH-Cooparch et CRR

Mise en page ▮

Dominique Boon

Cette brochure est téléchargeable sur www.crr.be et sur www.bruxellesmobilite.irisnet.be

Beschikbaar in het Nederlands
Éditeur responsable: Jean-Claude Moureau (Bruxelles Mobilité)
Janvier 2012

Table des matières

1- Introduction	5
2- Les différents matériaux de revêtements piétons existants: aperçu et recommandations générales	10
2.1 Les revêtements modulaires	10
2.1.1 Pavés et dalles de béton	11
2.1.1.1 Types de pavés et de dalles de béton	11
2.1.1.2 Structure du revêtement	11
2.1.1.3 L'appareillage de pose	12
2.1.2 Pavés et dalles en pierre naturelle	13
2.1.2.1 Types de pavés et de dalles en pierre naturelle	13
2.1.2.2 Nature de la roche	15
2.1.2.3 Structure du revêtement	15
2.1.3 Pavés drainants	16
2.1.3.1 Principes de fonctionnement	16
2.1.3.2 Types de pavés drainants	16
2.1.3.3 Structure du revêtement	17
2.1.4 Pavés en terre cuite	18
2.1.4.1 Types de pavés en terre cuite	18
2.1.4.2 Structure du revêtement	18
2.2 Les revêtements en béton	19
2.2.1 Composition du béton	19
2.2.2 Structure du revêtement	20
2.2.3 Finition de surface	21
2.3 Les revêtements bitumineux	21
2.3.1 Les enrobés à chaud	23
2.3.1.1 Types d'enrobés à chaud	23
2.3.1.2 Structure du revêtement	24
2.3.2 L'asphalte coulé	26
2.3.3 Les traitements superficiels	27
2.3.3.1 Les enduits superficiels	27
2.3.3.2 Les MBCF	28
2.4 Les revêtements utilisés en zone verte	28
2.4.1 Béton désactivé	29
2.4.2 Enrobé écologique	30
2.4.3 Matériaux non stabilisés	30
2.4.4 Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques	30

2.5 Le cas spécifique des revêtements podotactiles	31
2.5.1 Généralités	31
2.5.2 Les différents matériaux de revêtements podotactiles existants	32
2.5.2.1 Les revêtements podotactiles en béton	32
2.5.2.2 Les revêtements podotactiles en matériaux souples	33
2.5.2.3 Les revêtements podotactiles en pierre naturelle	34
2.5.2.4 Les revêtements podotactiles préformés collables à froid	34
2.5.2.5 Les revêtements podotactiles préformés thermocollés	35
2.5.2.6 Les revêtements podotactiles constitués de plots en inox	36
2.5.2.7 Les revêtements podotactiles constitués de barrettes en époxy	37
2.5.3 Conclusion	38
3- Les besoins propres à l'usager et les matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations spécifiques	39
3.1 La planéité	39
3.1.1 L'importance d'une bonne planéité de surface pour le piéton	39
3.1.2 Les principales causes des problèmes de planéité	40
3.1.3 La planéité des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations	41
3.1.3.1 Les revêtements modulaires	41
3.1.3.2 Les revêtements en béton	41
3.1.3.3 Les revêtements bitumineux	42
3.1.3.4 Les revêtements utilisés en zone verte	44
3.2 La stabilité	44
3.2.1 L'importance d'un revêtement stable pour le piéton	44
3.2.2 La stabilité des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations	45
3.2.2.1 Les revêtements modulaires	45
3.2.2.2 Les revêtements en béton	45
3.2.2.3 Les revêtements bitumineux	46
3.2.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte	47
3.3 La rugosité	47
3.3.1 L'importance de la rugosité du revêtement pour le piéton	47
3.3.2 La rugosité des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations	49
3.3.2.1 Les revêtements modulaires	49
3.3.2.2 Les revêtements en béton	49
3.3.2.3 Les revêtements bitumineux	49
3.3.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte	51
3.4 L'absence d'obstacles	51
3.4.1 L'absence de tout obstacle comme critère important pour le piéton	51
3.4.2 Recommandations générales par type d'obstacle rencontré	51
3.4.2.1 Les jonctions entre le cheminement piéton et la chaussée : cas de traversées piétonnes	51
3.4.2.2 Les transitions dans le revêtement	55
3.4.2.3 Les filets d'eau longitudinaux ou transversaux	56

3.4.2.4 Les grilles et couvercles métalliques divers	56
3.4.2.5 Les zones de protection au pied des arbres	57
3.4.2.6 Les racines d'arbres	58
3.4.3 Les matériaux de revêtements piétons et les obstacles : évaluations et recommandations	59
3.4.3.1 Les revêtements modulaires	59
3.4.3.2 Les revêtements en béton	59
3.4.3.3 Les revêtements bitumineux	59
3.4.3.4 Les revêtements utilisés en zone verte	61
3.5 L'évacuation des eaux	61
3.5.1 L'importance d'une bonne évacuation des eaux	61
3.5.2 L'évacuation des eaux par les différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations	62
3.5.2.1 Les revêtements modulaires	62
3.5.2.2 Les revêtements en béton	63
3.5.2.3 Les revêtements bitumineux	63
3.5.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte	63
3.6 La lisibilité-visibilité	64
3.6.1 L'importance d'une bonne lisibilité-visibilité	64
3.6.2 La lisibilité-visibilité des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations	64
3.6.2.1 Les revêtements modulaires	64
3.6.2.2 Les revêtements en béton	65
3.6.2.3 Les revêtements bitumineux	65
3.6.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte	66
3.7. La propreté	67
3.7.1. L'importance d'un revêtement propre pour le piéton	67
3.7.2. La propreté des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations	67
3.7.2.1 Les revêtements modulaires	67
3.7.2.2 Les revêtements en béton	68
3.7.2.3 Les revêtements bitumineux	68
3.7.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte	68
4- Les critères propres au gestionnaire et les matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations spécifiques	69
4.1 La durabilité	69
4.1.1 La durabilité comme critère du gestionnaire	69
4.1.2 La durabilité des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations	70
4.1.2.1 Les revêtements modulaires	70
4.1.2.2 Les revêtements en béton	71
4.1.2.3 Les revêtements bitumineux	71
4.1.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte	72
4.2 Les aspects environnementaux et de santé publique	72
4.2.1 Les aspects environnementaux et de santé publique comme critères du gestionnaire	72

4.2.2 Les aspects environnementaux et de santé publique des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations	73
4.2.2.1 Les revêtements modulaires	73
4.2.2.2 Les revêtements en béton	73
4.2.2.3 Les revêtements bitumineux	75
4.2.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte	75
4.3 La mise en œuvre	76
4.3.1 La mise en œuvre comme critère du gestionnaire	76
4.3.2 La mise en œuvre des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations	76
4.3.2.1 Les revêtements modulaires	76
4.3.2.2 Les revêtements en béton	77
4.3.2.3 Les revêtements bitumineux	78
4.3.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte	81
4.4 L'entretien	82
4.4.1 L'entretien comme critère du gestionnaire	82
4.4.2 L'entretien des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations	83
4.4.2.1 Les revêtements modulaires	83
4.4.2.2 Les revêtements en béton	84
4.4.2.3 Les revêtements bitumineux	84
4.4.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte	85
4.5 Le coût	85
4.5.1 Le coût comme critère du gestionnaire	85
4.5.2 Le coût des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations	86
4.5.2.1 Les revêtements modulaires	86
4.5.2.2 Les revêtements en béton	86
4.5.2.3 Les revêtements bitumineux	86
4.5.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte	86
4.6 L'intégration et les réglementations spatiales	87
4.6.1 L'intégration et les réglementations spatiales comme critères du gestionnaire	87
4.6.2 L'intégration des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations	87
4.6.2.1 Les revêtements modulaires	87
4.6.2.2 Les revêtements en béton	87
4.6.2.3 Les revêtements bitumineux	87
4.6.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte	88
5- Glossaire	89
6- Tableau de synthèse	94
7- Références bibliographiques	100

1 - Introduction

Le potentiel de la marche à pied en Région de Bruxelles-Capitale

La promotion de la marche à pied constitue un enjeu et un défi majeurs de la Région de Bruxelles-Capitale. En effet, à la pointe du matin, pour près de 20% des déplacements réalisés dans la capitale, la marche à pied constitue le mode de déplacement principal. De plus, un réel potentiel en faveur des modes actifs (piétons et cyclistes) existe dans la capitale puisque près de 25% des déplacements de moins d'un km sont réalisés encore à l'heure actuelle en voiture. Enfin, tout usager est avant tout un piéton, quel que soit le mode de transport utilisé par la suite. Par conséquent, concevoir et aménager un espace public adapté aux piétons, c'est agir pour le plus grand nombre.

Les usagers concernés

Le terme « piétons » tel que considéré dans ce cahier désigne toutes les personnes qui se déplacent à pied, en ce compris les personnes à mobilité réduite (PMR). La notion de PMR

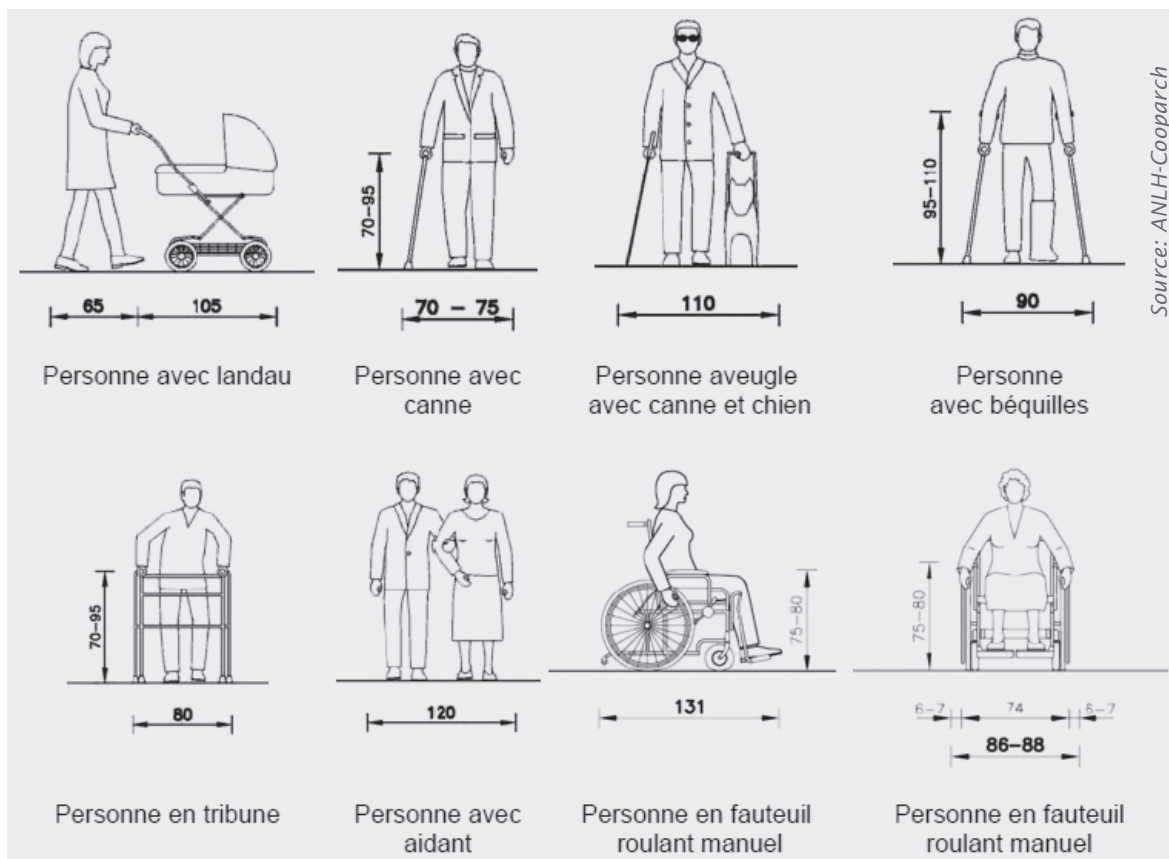


Tout usager est avant tout un piéton

regroupe toutes les personnes atteintes d'un handicap moteur ou visuel, les enfants, les personnes âgées, les femmes enceintes, les parents avec poussettes, les personnes qui portent des charges lourdes ou qui ont une jambe dans le plâtre, les personnes présentant des déficiences sensorielles ou cognitives, etc. En moyenne, on considère que près d'un tiers de la population est à mobilité réduite. Les



Le terme « piétons » désigne également les personnes à mobilité réduite (PMR)



Dimensions à prendre en compte pour les personnes ayant recourt à des aides à la mobilité

recommandations en matière de revêtements piétons développées par la suite tiennent compte des besoins de l'ensemble des piétons, et donc des PMR.

La marche à pied au travers des outils de planification et ouvrages de référence en Région de Bruxelles-Capitale

Le **plan IRIS II** adopté par le Gouvernement bruxellois en 2010 prévoit dans ses objectifs de mobilité à l'horizon 2018 de favoriser les modes de transport actifs dont la marche à pied, via le développement d'infrastructures adaptées, sécurisées et confortables. En effet, la promotion de la marche passe inévitablement par la mise en œuvre d'infrastructures de qualité. Outre ses effets bénéfiques sur la santé, le plan souligne également le pouvoir stimulant que procure la marche sur les rencontres entre individus et communautés bruxelloises, renforçant in fine le tissu social de la région. Enfin, le plan précise que la région

doit donc être conçue pour répondre aux besoins des piétons et idéalement, des moins valides: adapté pour eux, l'espace public sera accessible à tous!

En marge des objectifs et actions concrètes fixés dans le plan IRIS II, un **plan directeur piéton 2010-2011**, qui sera suivi d'un **plan piéton 2010-2014**, a été réalisé par la Région de Bruxelles-Capitale dans l'optique de rendre opérationnelles les mesures proposées dans le plan IRIS II. L'une de ces mesures concerne la réalisation d'un vademecum piétons constitué notamment d'un cahier sur les revêtements piétons. C'est dans ce contexte que la réalisation d'un cahier traitant en détail des revêtements adaptés aux piétons a été confiée au Centre de recherches routières (CRR).

La réalisation sur le terrain des projets d'infrastructures planifiés en faveur des piétons doit être optimale. Pour ce faire, dans le **plan stratégique 2010-2014 «Travaux publics et transport» en Région de Bruxelles-Capitale**,

les lignes directrices d'une politique piétonnière dans le domaine stratégique des travaux publics sont dessinées. Outre le **principe STOP***, la réalisation de trottoirs confortables et la prise en compte de la sécurité routière dans tout projet, la réalisation d'un vademecum piétons et le respect des prescriptions qui y figurent sont également mentionnés. Dans le cas spécifique des revêtements piétons, ce plan donne la priorité à l'usage de matériaux faciles à utiliser, à prix abordable et robustes.

Aussi, le **Règlement Régional d'Urbanisme (RRU)** de la Région de Bruxelles-Capitale, outre les prescriptions en matière d'aménagement des trottoirs qu'il énonce (titre VII, section 2), attire également l'attention sur la nécessité de tenir compte de la sécurité, du confort, de la commodité et de la continuité des cheminements piétons (titre VII, section 1).

Enfin, le **Vademecum personnes à mobilité réduite dans l'espace public**⁽¹⁾ réalisé en 2006 par la Région de Bruxelles-Capitale, et qui fait partie intégrante du Vademecum piétons, présente en détail les prescriptions en matière d'accessibilité des trottoirs auxquelles l'espace public doit satisfaire, dont notamment celles énoncées dans le RRU. Parmi toutes les mesures prescrites dans ce document, le revêtement occupe déjà une place importante. En effet, il est en outre spécifié que «les ressauts, les filets d'eau, les fentes, les trous, les matériaux disjoints ou meubles constituent des obstacles importants pour les PMR». Le présent cahier est donc complémentaire à ce vademecum, en y approfondissant l'aspect revêtement.

Le revêtement piéton au travers des grands principes d'aménagements piétons

La notion de continuité piétonne: pour le piéton se déplaçant le long d'itinéraires continus, depuis par exemple son domicile jusqu'à son lieu de travail, l'aménagement piéton devra être réalisé selon cette logique de continuité. Par exemple, dans le cas des revêtements piétons, les critères émis dans le présent cahier devront être pris en compte pour les revête-

ments utilisés en section courante (trottoirs), mais également pour les revêtements des traversées piétonnes.

Le principe du maillon faible: ce principe s'applique de manière générale à tous les aménagements piétons. Dans l'exemple des revêtements piétons, si le revêtement est optimal sur la quasi-totalité du trottoir, mais qu'à un endroit spécifique, celui-ci est inadapté voire inexistant, c'est toute la qualité du cheminement piéton qui est remise en cause.

La notion du «qui peut le plus peut le moins»: un revêtement piéton adapté pour le plus faible (PMR) le sera d'autant plus pour le plus fort (le piéton valide). Par conséquent, l'analyse des matériaux de revêtements piétons réalisée dans le présent cahier se base sur les critères des usagers les plus faibles pour qu'à terme, les résultats préconisés soient valables pour tous les usagers, piétons valides et moins valides.

La prise en compte systématique des prescriptions lors de tout aménagement: par exemple dans le cas spécifique des revêtements podotactiles, la prise en compte de ces revêtements dès la conception d'un nouvel aménagement ou lors d'un réaménagement, permet de fournir un revêtement adapté à tous les usagers, sans réel coût supplémentaire. À l'inverse, la mise en conformité d'un revêtement existant non équipé induira un surcoût parfois important qu'il est toujours intéressant d'éviter.

Le revêtement piéton et la notion d'accessibilité

Tout piéton qui se déplace est en droit d'attendre que les infrastructures qui sont mises à sa disposition soient:

- sécurisantes;
- confortables;
- attractives;
- adaptées à son usage.

Au travers de ces différents critères spécifiques aux piétons, c'est la **notion même d'accessibilité** de l'espace public à tous les usagers qui est mise en avant. Cette notion est d'ailleurs

* Les termes imprimés en bleu sont définis dans le glossaire (p. 89).

(1) Téléchargeable au lien suivant : <http://www.bruxellesmobilitte.irisnet.be/articles/pmr/amenagements-pmr>

défendue quotidiennement par la Région de Bruxelles-Capitale dans le cadre de conventions qu'elle a signées avec l'Organisation des Nations Unies (ONU) et dans lesquelles le respect de l'accessibilité est mis en avant.

L'aspect revêtement est l'un des éléments à prendre en compte lors de la conception ou la rénovation de cheminements dans le but que ceux-ci soient pleinement accessibles à tout usager. En effet, le revêtement est le principal élément de l'infrastructure par le biais duquel les quatre critères précités s'expriment. Le confort et la sécurité dépendent effectivement en grande partie du type et de la qualité du revêtement. Son état influe également sur l'attractivité de l'infrastructure pour le piéton. Enfin, un revêtement adapté à tous les types d'utilisateurs permettra à ceux-ci de pouvoir l'utiliser.

L'analyse des revêtements piétons basée sur des critères objectifs

L'analyse des différents matériaux de revêtements piétons telle que proposée dans le présent cahier se base exclusivement sur des critères objectifs constitués des besoins propres aux usagers et des critères propres au gestionnaire.

Les besoins propres aux usagers tels que définis au point précédent se traduisent en termes de revêtement, selon les critères objectifs suivants :

- planéité;
- stabilité;
- rugosité;
- absence d'obstacles;
- évacuation des eaux;
- lisibilité-visibilité;
- propreté.

À côté des critères propres aux usagers, les gestionnaires de voirie sont généralement confrontés à d'autres critères qui doivent aussi être pris en considération dans le choix du revêtement à utiliser :

- la durabilité du matériau;
- les aspects environnementaux et de santé publique;
- les exigences et restrictions liées à la mise en œuvre;

- les exigences et restrictions liées à l'entretien;
- les coûts;
- l'intégration et les réglementations spatiales.

La difficulté dans le choix du type de matériau de revêtement réside donc dans la nécessité de répondre aux besoins des usagers tout en respectant les multiples paramètres connexes auxquels le gestionnaire doit faire face.

Une fois le choix réalisé, seuls une mise en œuvre performante et un entretien régulier permettront d'obtenir à terme une infrastructure de qualité qui sera effectivement utilisée et utilisable par tous.

Le public cible

Le présent cahier s'adresse à toutes les instances régionales mais également locales concernées de près ou de loin par la conception, la réalisation et l'entretien d'infrastructures destinées en tout ou en partie aux piétons, telles que :

- Bruxelles Mobilité;
- les dix-neuf communes bruxelloises;
- la Société des transports intercommunaux de Bruxelles (STIB);
- les chemins de fer belges (SNCB);
- Bruxelles Environnement (IBGE);
- Beliris;
- les bureaux d'études;
- les entreprises de voirie.

Le contenu du cahier

Le présent cahier se structure en deux parties. La première partie (chapitre 2) passe en revue les différents types de matériaux de revêtements piétons existants, tant en Belgique qu'à l'étranger. Quelques recommandations générales sont également fournies par type de matériau. En revanche, aucune évaluation de la performance de ceux-ci par rapport aux besoins des usagers et gestionnaires n'est proposée, l'objectif étant de permettre au lecteur de se familiariser avec ces matériaux en lui fournissant un aperçu général de chacun de ceux-ci.

Pour remarque, un point spécifique est consacré aux différents types de matériaux podotactiles rencontrés de plus en plus fréquemment dans les (ré)aménagements piétons réalisés en Région de Bruxelles-Capitale.

La seconde partie évalue, selon les besoins des usagers et des gestionnaires, les différents matériaux de revêtements piétons qui ont été développés au chapitre 2. Elle émet également une série de recommandations spécifiques par type de matériau étudié. L'objectif de cette seconde partie est de fournir au lecteur les informations nécessaires pour qu'il puisse notamment choisir en connaissance de cause le type de matériau piéton dont il a besoin en fonction des multiples paramètres régissant l'aménagement.

Concrètement, le chapitre 3 propose une évaluation détaillée de ces matériaux par type de besoins propres aux usagers, ces besoins étant préalablement explicités en détail. Le chapitre 4 analyse également les matériaux de revêtements piétons, mais cette fois-ci en fonction des critères propres aux gestionnaires. Dans les deux cas, des recommandations spécifiques sont énoncées.

Au terme de ce cahier, un outil d'aide à la décision est proposé. Celui-ci présente sous la forme d'un tableau comparatif les différents revêtements piétons existants par rapport aux critères de choix émis par les usagers et les gestionnaires.



2- Les différents matériaux de revêtements piétons existants : aperçu et recommandations générales

Ce chapitre passe en revue les différents types de matériaux de revêtements qui sont utilisés sur des aménagements destinés à accueillir notamment ou exclusivement des piétons. Cet aperçu ne se limite pas au territoire de la Région de Bruxelles-Capitale, mais propose un aperçu plus général en Belgique et éventuellement à l'étranger.

Par type de matériau présenté, une description générale est proposée, ainsi que certaines recommandations. Celles-ci sont focalisées sur le cas des revêtements piétons, tout en apportant des notions fondamentales qu'il est important de connaître par rapport au matériau utilisé.

Pour tous les matériaux décrits ci-après, il convient également de reprendre dans les cahiers spéciaux des charges les exigences prescrites dans le cahier des charges type relatif aux voiries en Région de Bruxelles-Capitale (CCT 2011).

Au terme de ce chapitre, un point spécifique est consacré aux matériaux de revêtements podotactiles utilisés de plus en plus fréquemment dans les (ré)aménagements piétons réalisés en Région de Bruxelles-Capitale.

2.1 Les revêtements modulaires

En Région de Bruxelles-Capitale, la grande majorité des aménagements piétons sont réalisés en revêtements modulaires. Ces revêtements se présentent sous différents types : pavés en béton, dalles en béton, pavés de pierre naturelle et en terre cuite ainsi que dalles de pierre naturelle. Ils ont tous leurs avantages et leurs inconvénients et posent des exigences particulières en matière de conception, de structure et d'exécution.

Les revêtements drainants en pavés de béton sont également traités dans ce point. Même si ces revêtements, notamment de par leur caractère innovant, sont encore peu développés en Région de Bruxelles-Capitale, ils présentent également de multiples avantages et certains inconvénients qu'il convient d'analyser en détail.

Dans les lignes qui suivent, chaque type de revêtement modulaire fait l'objet d'une présentation distincte.

Grâce aux nombreuses variations de formats, de coloris et de **texture**, les revêtements modulaires sont particulièrement indiqués pour augmenter la lisibilité et la visibilité de l'espace de circulation.

En outre, les revêtements modulaires rendent les impétrants facilement accessibles, car ils peuvent être démontés et remis en place localement.

Comme pour les autres types de revêtements, la structure des revêtements modulaires dépend du type d'aménagement à réaliser. Les trottoirs



Revêtement modulaire en dalles de béton
20 cm x 20 cm

traversants, par exemple, devront avoir une structure de type «chaussée», c'est-à-dire pouvant faire face à un trafic automobile. Un bon **contrebutage** des pavés et dalles sera en outre toujours nécessaire.

2.1.1 Pavés et dalles de béton

2.1.1.1 Types de pavés et de dalles de béton

Les pavés et les dalles de béton offrent une large palette de couleurs, **textures** et formats adaptés à la construction d'aménagements piétonniers. Ces différentes options permettent de distinguer l'espace piétonnier des zones de circulation adjacentes destinées aux autres usagers de l'espace (cyclistes, véhicules automobiles, etc.). La différenciation de couleur (complétée le cas échéant par des marquages en pavés blancs) permet de guider les différents usagers à travers le trafic et d'améliorer ainsi la sécurité, tout en conservant le même matériau pour l'ensemble du revêtement.

2.1.1.2 Structure du revêtement

Le revêtement se compose d'une fondation, d'une couche de pose sur laquelle viennent se poser les pavés ou les dalles de béton, et d'un matériau de jointoiment. Le pavage doit être contrebuté à toutes ses extrémités. Ce **contrebutage** est indispensable pour empêcher les mouvements latéraux des pavés ou des dalles.

Lors du choix de la structure, il faut prendre en compte la **charge de trafic** attendue.

Pavés de béton

On distingue quatre **catégories** en fonction du **trafic** (cf. tableau 1). Les trottoirs appartiennent à la catégorie IV. Les autres catégories sont placées à titre d'indication, mais peuvent néanmoins servir dans le cas d'aménagements piétons fréquentés par un trafic automobile (ex.: trottoirs traversants, parkings publics, etc.).

Tableau 1 – Catégories en fonction du type de trafic

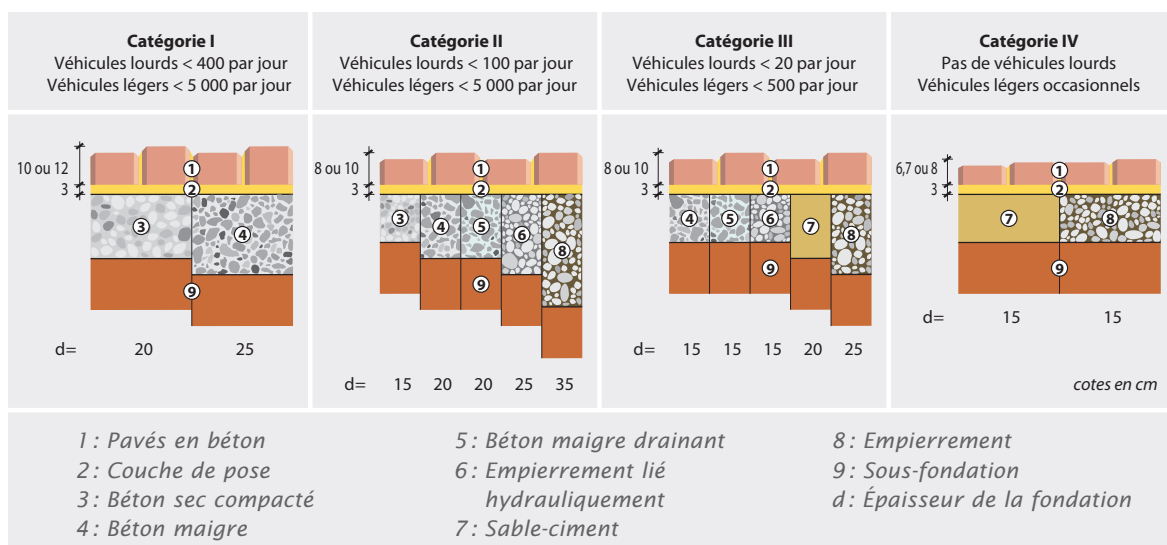
Catégorie	Type de trafic			«Bouwklasse» (structure standard) selon CCT flamand
	Piétons, cyclistes et motocyclistes	Véhicules légers (< 3,5 t)	Véhicules lourds (> 3,5 t)	
I	Illimité	Limité à 5 000 par jour	Limité à 400 par jour	B6-B7
II	Illimité	Limité à 5 000 par jour	Limité à 100 par jour	B8-B9
III	Illimité	Limité à 500 par jour	Limité à 20 par jour	B10
IV	Illimité	Occasionnel	Néant	BF

À chaque **catégorie de trafic** correspondent des structures standard recommandées. La durée

de vie théorique des structures standard proposées est de vingt ans.

Tableau 2 – Structures standard recommandées en fonction de la catégorie de trafic

Catégorie		I	II	III	IV
Épaisseur des pavés		10 cm ou 12 cm	8 cm ou 10 cm	8 cm ou 10 cm	7 cm ou 8 cm
Épaisseur de la couche de pose		3 cm	3 cm	3 cm	3 cm
Nature et épaisseur de la fondation	Béton sec compacté	20 cm	15 cm	–	–
	Béton maigre	25 cm	20 cm	15 cm	–
	Béton maigre drainant	–	20 cm	15 cm	–
	Empierrement lié hydrauliquement	–	25 cm	15 cm	–
	Sable-ciment	–	–	20 cm	15 cm
	Concassé	–	35 cm	25 cm	15 cm

Figure 1 – Structures type en fonction de la charge du trafic


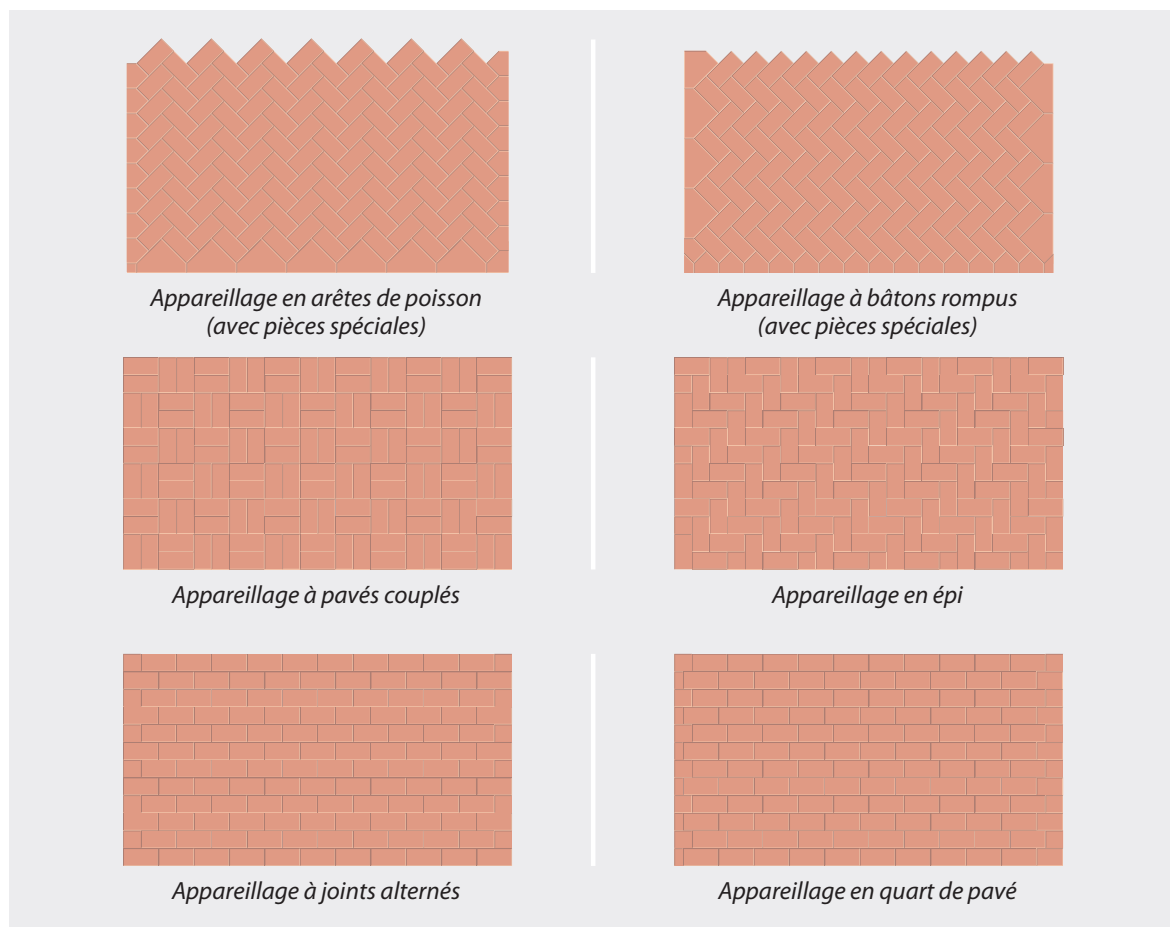
Dalles de béton

Les dalles de béton sont disponibles dans des épaisseurs allant de 3 à 8 cm. De par leur rapport surface/épaisseur élevé, les dalles sont déconseillées en zone circulaire par des véhicules (accès riverains par exemple). Leur utilisation est donc strictement réservée aux zones exclusivement piétonnières et/ou cyclables.

Les dalles peuvent être posées sur une couche de pose de sable, de sable-ciment ou de mortier de 3 cm d'épaisseur.

2.1.1.3 L'appareillage de pose

Différents **appareillages** de pose existent pour les placements des pavés en béton. L'**appareillage** à joints alternés est le plus couramment utilisé pour les pavages de trottoirs (catégorie IV), même si les autres **appareillages** conviennent également. Pour les pavages des catégories I à III, la préférence doit être donnée aux **appareillages** à bâtons rompus, en arêtes de poisson ou en épi. Dans le cas des dalles de béton, le dallage ne se pose généralement que selon l'**appareillage** à joints alternés.

Figure 2 – Différents appareillages de pose

La largeur des joints pour les revêtements en pavés et dalles de béton est de maximum 2 mm.

2.1.2 Pavés et dalles en pierre naturelle

2.1.2.1 Types de pavés et de dalles en pierre naturelle

Pavés en pierre naturelle

Les pavés en pierre naturelle peuvent être soit neufs, soit de réemploi. Dans les deux cas, les exigences de forme et de dimensions doivent être respectées.

Deux formats de pavés en pierre naturelle sont classiquement utilisés pour des aménagements piétonniers: les pavés platines et, éventuellement, les pavés mosaïques.

Pavés platines

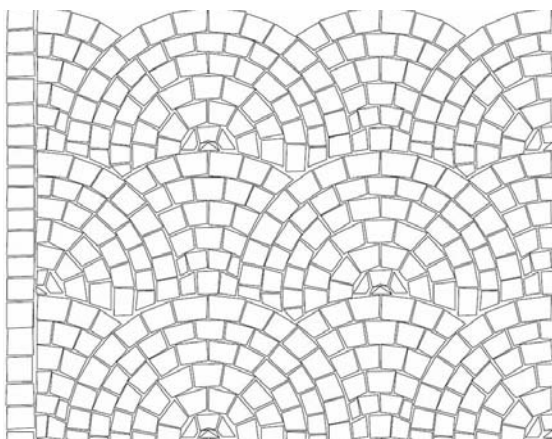
Les pavés platines ont des dimensions de l'ordre de 14x14x7 cm. Ils sont posés en ligne, à joints alternés.



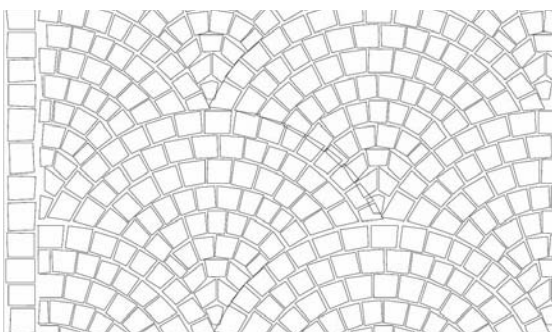
Revêtement de trottoir en pavés de pierre naturelle (format pavés platines)

Pavés mosaïques

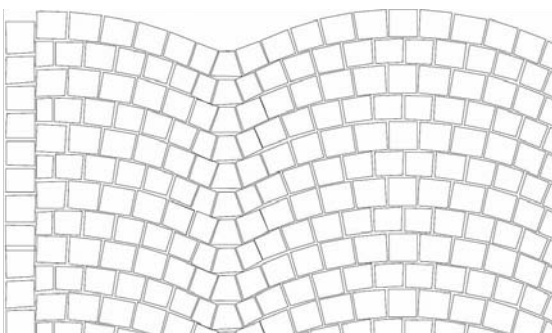
Les pavés mosaïques sont caractérisés par une forme plutôt cubique dont le côté varie entre 7 et 13 cm. Ces pavés sont posés suivant l'un des appareillages mosaïques suivants: en éventail, en coquille ou queue de paon, en écailles, en spires concentriques ou en arcs de cercle.



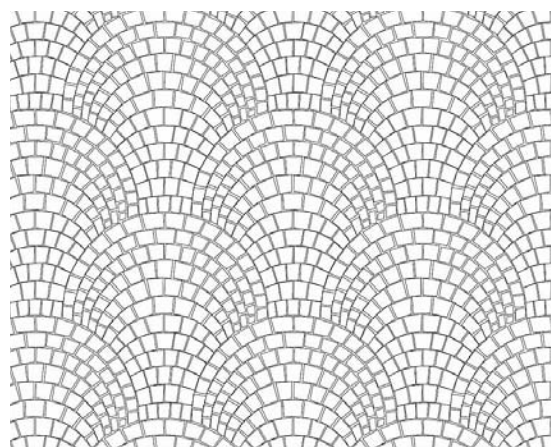
Appareillage en éventail



Appareillage en écailles



*Appareillage en spires concentriques
ou en arcs de cercle*



Appareillage en coquille ou queue de paon

Autres pavés

Il est également possible de recourir à des pavés oblongs (forme parallélépipédique) dont la face supérieure est sciée. L'utilisation de pavés dont la tête est sciée permettra d'obtenir un meilleur confort de marche que les modèles traditionnels bombés, même si la plus grande variation des dimensions des pavés peut rendre le revêtement moins confortable que les deux autres formats précités.

La créativité des producteurs et des auteurs de projet induit l'apparition sur le marché de nouveaux types de pavés, comme les pavés de pierre calcaire au format type «klinker», à la face supérieure éventuellement clivée, ou des pavés de format parallélépipédique posés sur chant.



Pavés oblongs bombés



Pavés en pierre bleue posés sur chant

Dalles de pierre naturelle

Le critère qui différencie les dalles des pavés est le rapport longueur/épaisseur :

- pour les dalles: $L/e > 4$;
- pour les pavés: $L/e \leq 4$.

Les dalles peuvent être de forme carrée ou rectangulaire, avec des longueurs pouvant atteindre 1 m.

2.1.2.2 Nature de la roche

Les pavés et les dalles utilisés en voirie sont généralement en porphyre, en grès, en granit

ou encore en pierre bleue. Pour les revêtements piétonniers, on peut également recourir aux pierres calcaires. Il existe également sur le marché des pavés et des dalles en pierres reconstituées composées de concassés de pierres naturelles.

Le type de roche choisi n'influe pas sur le type de pose. Le choix sera principalement d'ordre esthétique (teinte de la roche) ou aura pour but d'améliorer la visibilité de l'aménagement piéton.

2.1.2.3 Structure du revêtement

Les revêtements en pavés ou en dalles de pierre naturelle se composent d'une (sous-) fondation, d'une couche de pose dans laquelle sont nichés les éléments et d'un matériau de jointoiment. Le pavage doit être contrebuté de manière à ce que les éléments ne puissent pas bouger latéralement.

Du fait de leur rapport longueur/épaisseur > 4 , les dalles ne sont généralement pas utilisées dans les zones où circulent des véhicules.

En ce qui concerne la structure, il convient de toujours suivre un concept cohérent. Il existe deux options :

- structure souple et perméable ;
- structure rigide et étanche.

La cohérence entre la couche de pose et le type de joint doit toujours être respectée.

Tableau 3 – Cohérence dans le choix du matériau pour la couche de pose et le jointoiment

Couche de pose	Matériau de jointoiment
<i>Sable</i>	<i>Sable Mortier bitumineux</i>
<i>Sable stabilisé au ciment</i>	<i>Sable stabilisé au ciment Mortier de ciment Mortier bitumineux</i>
<i>Mortier</i>	<i>Mortier de ciment</i>

Si les joints sont du type rigide (matériau lié hydrauliquement et donc, normalement, imperméable), il est primordial que la couche de pose le soit également (sable stabilisé ou mortier), afin d'éviter que les joints ne se fissurent suite aux légers tassements subis par les couches non liées sous-jacentes.

Inversement, si les joints sont perméables (joints au sable par exemple), il est primordial que les couches sous-jacentes soient également perméables afin de permettre l'évacuation des eaux hors de la structure.

L'épaisseur de la couche de pose doit être limitée et aussi constante que possible.

La largeur des joints dépend du matériau de jointoiement utilisé. Elle est :

- de maximum 10 mm pour les pavés de pierre naturelle posés en lignes ;
- comprise entre 5 et 15 mm pour les pavés mosaïques ;
- de maximum 9 mm pour les dalles de pierre naturelle.

Aujourd'hui, une nouvelle technique de pose, en cours de développement, permet de poser les pavés de pierre naturelle sur des réglettes en matériaux synthétiques recyclés. Ces réglettes, posées à intervalle régulier sur un lit de pose très fin, permettent à la fois de soutenir et de bloquer les pavés (ceux-ci sont calibrés et sciés de manière à épouser parfaitement la forme des réglettes). Cette technique, encore au stade expérimental, n'a pas encore fait ses preuves à grande échelle ou pour des revêtements soumis à la circulation.

2.1.3 Pavés drainants

2.1.3.1 Principes de fonctionnement

Les pavages drainants sont utilisés comme système de stockage provisoire et de drainage. En captant l'eau sur place, en la stockant et en l'infiltrant ou en l'évacuant de manière différée, il est possible d'éviter la surcharge des systèmes d'égouttage, d'éviter l'entrée en action des déversoirs et de réduire le risque d'inondation.

Les pavages drainants présentent non seulement l'avantage d'empêcher que les eaux qui s'écoulent n'aillent immédiatement dans les égouts ou dans les cours d'eau, mais ils contribuent également à augmenter le niveau des nappes phréatiques. Si aucune infiltration n'est possible, l'eau est conservée provisoirement dans la structure pour ensuite être évacuée de manière différée vers un bassin ou une fosse d'infiltration.

Le principe de fonctionnement des revêtements perméables en pavés de béton repose sur les éléments suivants :

- **captage des eaux en surface** : cette étape est assurée par les pavés. Ceux-ci doivent pour cela être suffisamment perméables, soit via le pavé lui-même, soit grâce à des joints élargis ou à des ouvertures de drainage. Les pavés transfèrent aussi vite que possible l'eau vers les couches sous-jacentes ;
- **portance** : la portance est assurée par la fondation. Lors du stockage provisoire de l'eau dans la structure, il faut éviter autant que possible que la fondation ne soit saturée en eau afin de ne pas nuire à la portance ;
- **stockage provisoire des eaux de pluie** : cette étape a lieu de préférence au bas de la structure. La sous-fondation doit servir de tampon, a fortiori lorsque le sol est peu perméable ;
- **évacuation des eaux de pluie**, de préférence par infiltration dans le sol, ou par évacuation différée vers un bassin d'infiltration ou un fossé proche. Il est important que l'évacuation des eaux via un tuyau soit suffisamment différée, afin d'éviter les surcharges en aval et de permettre le stockage provisoire dans la structure.

2.1.3.2 Types de pavés drainants

De manière générale, les pavés drainants en béton se divisent en quatre catégories :

- pavés en béton à joints élargis ;
- pavés en béton avec ouvertures de drainage ;

- pavés en béton poreux ;
- dalles gazon en béton.

Dans le cadre des revêtements piétons, on ne retiendra que les pavés en béton poreux.



Revêtement drainant en pavés de béton poreux

Ces pavés sont perméables grâce à la composition poreuse du béton. Pour obtenir ce type de pavés, il suffit en fait de recourir à l'utilisation de béton poreux pour obtenir la capacité d'infiltration requise. La capacité d'infiltration de ce type de pavés doit s'élever en moyenne à au moins $5,4 \times 10^{-5}$ m/s, conformément aux prescriptions techniques existantes pour les pavés et dalles drainants en béton (PTV 122).

En raison de leur structure poreuse, les pavés en béton poreux possèdent une résistance à la rupture plus faible que les pavés en béton classiques mais forment une surface continue, ce qui améliore la praticabilité.

2.1.3.3 Structure du revêtement

Les revêtements en pavés de béton drainants se composent d'une (sous-)fondation, d'une

couche de pose dans laquelle sont nichés les éléments et d'un matériau de jointoiment. Le pavage doit être contrebuté de manière à ce que les éléments ne puissent pas bouger latéralement.

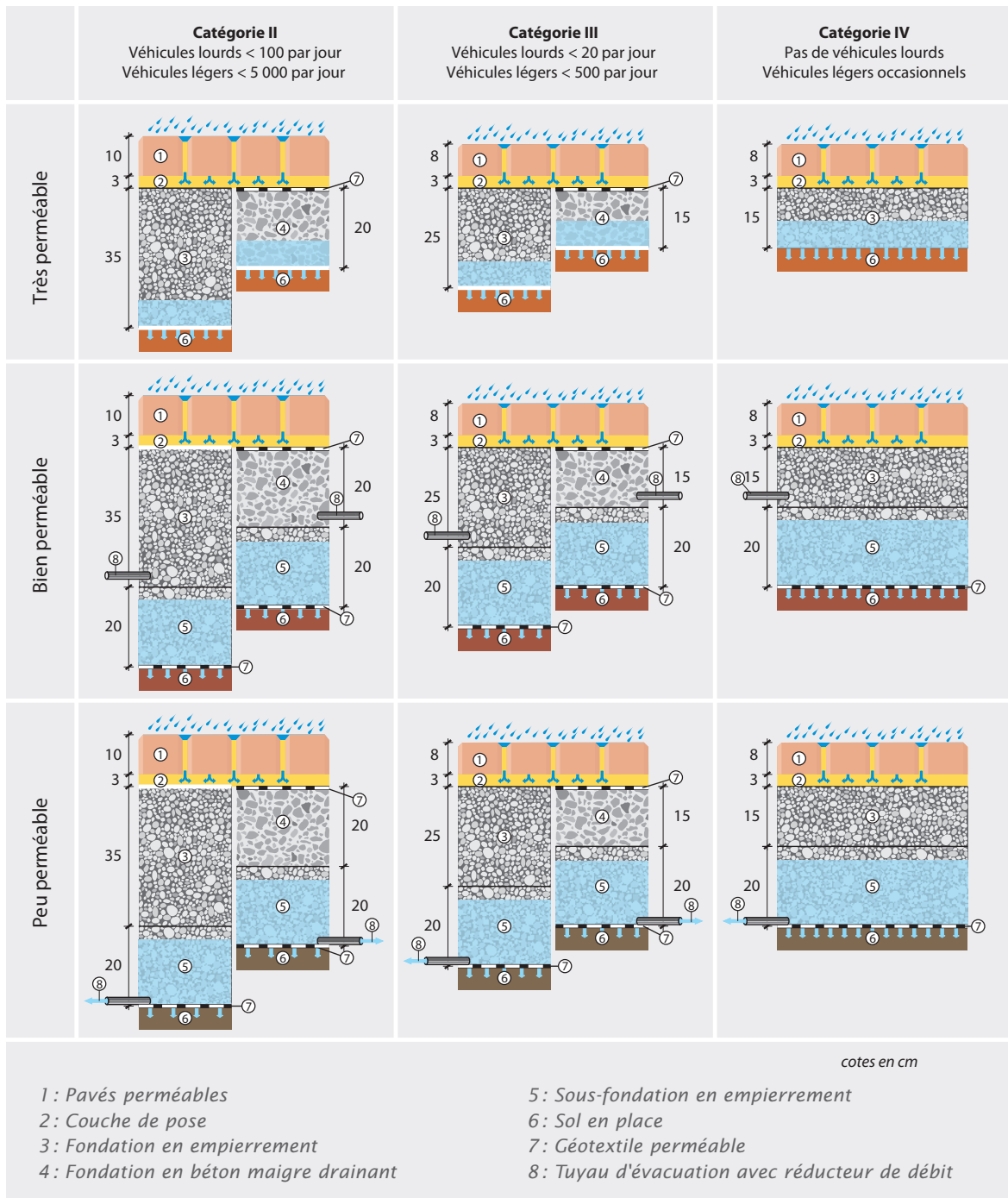
Pour le dimensionnement des structures perméables (fondation et sous-fondation), il convient de prendre en considération la circulation et le type de sol :

- l'intensité de la circulation détermine l'épaisseur et le matériau de la fondation (cf. tableau 1, p. 11) ;
- le type de sol détermine l'épaisseur de la sous-fondation en prenant en considération la protection du sol contre le gel et la capacité de stockage nécessaires. On distingue trois types de sols : très perméable, perméable et peu perméable.

Des exemples pratiques de structures sont présentés à la figure 3 (p. 18) selon le type de trafic rencontré et le type de sol existant. Pour rappel, les trottoirs appartiennent à la catégorie IV. Les autres catégories sont placées à titre d'indication mais peuvent néanmoins servir dans le cas d'aménagements piétons fréquentés par un trafic automobile (ex. : trottoirs traversants, parkings publics, etc.).

Après le choix du type approprié de pavages en béton drainants, du dimensionnement et du type de fondation, ainsi que du matériau de couche de pose adéquat, le choix du matériau de jointoiment constitue un dernier facteur déterminant dans la mise en place d'un pavage drainant. Le jointoiment de pavés en béton poreux conseillé dans le cas des trottoirs, demande une approche spécifique : les joints créés dans ce type de pavés ne sont pas plus larges que pour les pavés classiques, d'ordinaire 1 à 2 mm. Ils doivent être remplis avec du matériau de jointoiment de 0,5 à 1 mm ou de 0,5 à 2 mm : l'absence de fraction de 0 à 0,5 mm évite que la surface des pavés en béton poreux ne se bouche pendant le broyage du matériau, ce qui risquerait de le rendre imperméable (pores obstrués).

Figure 3 – Différents exemples pratiques de structures drainantes



2.1.4 Pavés en terre cuite

Les pavés en terre cuite sont des pierres de pavage cuites au four à très haute température et constituées de différents types d'argile de qualité supérieure. De par leur forme et leurs dimensions fort semblables à celles des pavés en béton, la mise en œuvre des pavés en terre

cuite est fort similaire à celle des pavés en béton. Les tolérances dimensionnelles autorisées par la norme NBN EN 1 344 sont toutefois supérieures à celles autorisées pour les pavés en béton. Il en découle une largeur de joints plus importante et plus variable dans le cas de pavés en terre cuite.



Revêtement en pavés de terre cuite
(rue de la Loi à Bruxelles)

2.1.4.1 Types de pavés en terre cuite

Les pavés en terre cuite sont disponibles dans une multitude de coloris. Le format standard (220 x 110 mm) permet la mise en œuvre suivant tous les **appareillages** classiques (pose à joints alternés, à bâtons rompus, en arêtes de poisson, etc.).

2.1.4.2 Structure du revêtement

La structure et le domaine d'utilisation des revêtements en pavés de terre cuite et des revêtements en pavés de béton sont similaires. Un revêtement en pavés de terre cuite se compose d'une (sous-)fondation, d'une couche de pose sur laquelle sont posés les pavés et d'un matériau de jointoiement (sable, sable-ciment ou mortier). Le pavage doit également être contrebuté de manière à ce que les pavés ne puissent pas bouger latéralement.

Les catégories de trafic et les structures types renseignées pour les pavés de béton restent d'application pour les pavés en terre cuite.

2.2 Les revêtements en béton

Les revêtements en béton ont une structure très rigide qui résiste bien aux déformations sous l'effet d'un trafic lourd (véhicules d'entretien, accès carrossables, etc.), aux racines d'arbres et aux conditions environnementales extrêmes. En outre, ils nécessitent un entretien très réduit tout en présentant une longue durée de vie. Ils conviennent donc parfaitement pour des aménagements en « pleine nature », tels parcs et forêts. Par contre, en milieu urbain, les revêtements en béton coulé en place sont plus contraignants pour ce qui est de la gestion des impétrants, ce qui explique sans doute que ce type de revêtement soit relativement rare comme aménagement piétonnier en Région de Bruxelles-Capitale.

Comme pour tout type de revêtement, la structure à mettre en place dépend de la situation rencontrée sur le terrain. En effet, à hauteur des accès carrossables (parking publics ou privés) ainsi que dans le cas de trottoirs traversants, compte tenu de la présence d'un trafic lourd régulier, la structure de l'aménagement piéton sera identique à celle utilisée en chaussée.

En revanche, dans la plupart des cas rencontrés où l'aménagement piéton est fréquenté de manière exceptionnelle par du trafic lourd (véhicules d'entretien et d'urgence), le béton et la structure peuvent être soumis à des exigences moins strictes. Un revêtement en béton d'**une épaisseur minimum de 16 cm** pourra très bien y résister. C'est sur base de ce type de structure qu'est réalisée l'analyse des revêtements en béton proposée dans le présent cahier.

2.2.1 Composition du béton

Le béton utilisé pour un aménagement piéton ne diffère pas en soi de celui utilisé pour un revêtement classique. Pour la mise en œuvre, on peut utiliser une machine à **coffrages** glissants ou procéder à une pose manuelle entre **coffrages** fixes. Les exigences posées à l'**ouvrabilité** du béton varieront en fonction de la méthode choisie.

Le béton se compose de pierres concassées, de ciment, de sable, d'eau et d'éventuels adjuvants.

Pour le choix de la composition du béton, il faut satisfaire aux prescriptions du CCT 2011.

Quelle que soit la finition de surface choisie, le béton peut en outre être coloré. Pour obtenir la couleur souhaitée, il est recommandé de réaliser au préalable une planche d'essai afin de valider la composition du béton. La teneur en pigments est généralement de l'ordre de 3 à 5% de la masse cimentaire.

Les documents d'adjudication mentionnent les exigences performantielles minimales pour la **résistance à la compression**, l'absorption d'eau par immersion et la résistance aux sels de déverglaçage.

2.2.2 Structure du revêtement

Si la portance du sol est suffisante (**valeur CBR** de 6 à 10 ou **module de compression** de 17 MPa, mesuré à l'aide de l'**essai à la plaque**), le revêtement en béton peut être posé directement sur celui-ci. Si le sol n'est pas assez porteur, il faut poser une couche d'empierrement d'au moins 20 cm ou recourir à des techniques d'amélioration des sols.

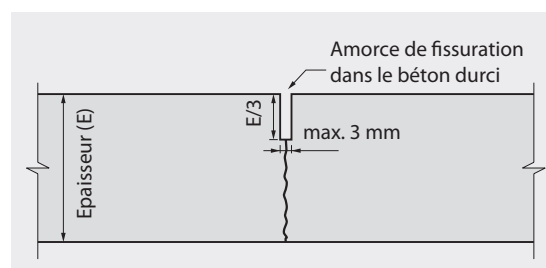
Le revêtement en béton a une épaisseur minimale de 16 cm. Pour éviter la formation de fissures aléatoires dues au retrait du béton, on réalise par sciage des joints de retrait à intervalles réguliers, en fonction de l'épaisseur du revêtement et des dimensions des dalles.

On distingue trois types de joints: les **joints de retrait**, les **joints de dilatation** et les **joints de construction**.

Joints de retrait

Les joints de retrait sont sciés dans les 5 à 24 h après le bétonnage perpendiculairement à l'axe du trottoir et ont une profondeur égale à au moins 1/3 de la dalle de béton. Leur largeur est de 3 mm au maximum. Pour garantir le confort du piéton, ils ne sont généralement pas scellés.

Le schéma d'implantation des joints détermine grandement la **durabilité** du revêtement. Il faut

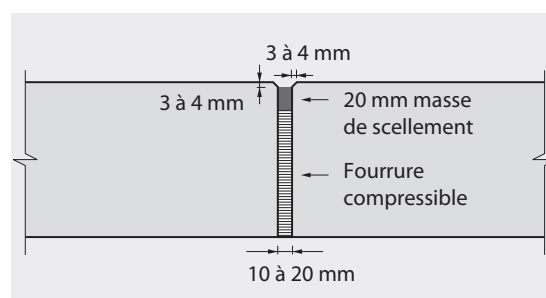


Joint de retrait

prêter une attention particulière aux points singuliers, virages, raccords, etc. et éviter les angles aigus. Si on ne peut absolument pas faire autrement, ces zones seront renforcées par un treillis d'armature positionné dans la moitié supérieure du revêtement en béton, afin de limiter les risques de fissuration.

Joints de dilatation

Le béton peut se dilater sous l'influence des augmentations de température. Pour compenser les conséquences de cette dilatation, on réalise des joints de dilatation. Une tranche de 10 à 20 mm de large est sciée dans le revêtement à l'emplacement d'un joint de retrait à l'aide d'un double disque sur toute l'épaisseur et sur toute la largeur du revêtement. Le joint est rempli d'une matière compressible, chanfreiné et scellé. Pour les aménagements piétons, il n'est pas nécessaire d'utiliser des **goujons**. Lorsqu'une autre matière est utilisée pour le remplissage du joint, il peut conduire soit à la création d'obstacles pour les piétons, ce qui constitue une source d'accident pour les usagers, soit à la création d'un contact rigide entre les dalles, ce qui se traduit systématiquement par une fissuration du béton.



Joint de dilatation

En cas de courbe de faible rayon de courbure ou d'obstacles fixes (ouvrages d'art, bâtiments, etc.), il peut être nécessaire de prévoir des joints de dilatation. Ceux-ci doivent toujours être placés perpendiculairement à l'axe du revêtement.

Joint de construction

Les joints transversaux de construction sont réalisés à chaque interruption de bétonnage supérieure à 120 minutes. Ils sont réalisés au droit d'un joint de retrait et sont traités comme des joints de dilatation. Pour obtenir un profil vertical et plan, le bout de la dalle en béton est d'abord scié verticalement. Ensuite, une couche de matériau compressible, de 10 à 20 mm d'épaisseur, est mise contre la tranche verticale de la dalle. On peut ensuite reprendre la mise en œuvre du béton. Les joints sont ragrés et scellés avec un mortier-colle.

2.2.3 Finition de surface

Béton brossé

Cette technique génère une **microtexture** transversale ou longitudinale. Il s'agit d'un traitement simple, bon marché, très durable et efficace, qui procure une surface rugueuse. Un brossage transversal favorisera l'évacuation des eaux.

Béton dénudé

Le dénudage est un traitement superficiel visant à augmenter la rugosité du revêtement et qui consiste à pulvériser un retardateur de prise (cf. aussi 2.4.1) sur la surface du béton fraîchement coulé et à la recouvrir d'un film en polythène afin de prévenir l'hydratation du ciment à la surface et la prise de la couche de mortier. Après environ 12 à 24 h (selon les conditions météorologiques), la couche de mortier non durcie est éliminée par brossage à sec ou humide afin d'exposer les **granulats**. Avec un *dénudage fin* (jusqu'à 1 mm au maximum), on obtient un beau résultat d'un point de vue esthétique, qui peut éventuellement être renforcé en colorant la pâte de ciment. La surface réalisée est ainsi à la fois confortable et attrayante.

Béton imprimé

Le béton imprimé est obtenu par la pression d'une empreinte au moment du coulage, sur la surface fraîche d'un béton préalablement recouvert d'un durcisseur minéral coloré, afin de lui conférer le relief, la forme et la couleur décorative d'un pavage, ainsi qu'une bonne résistance au trafic roulant.



*Revêtement en béton imprimé
en cours de réalisation*

2.3 Les revêtements bitumineux

Différents types de revêtements bitumineux peuvent être utilisés dans le cadre d'aménagements piétons: les enrobés à chaud, l'asphalte coulé et les traitements superficiels. L'épaisseur de la couche distingue les enrobés à chaud et l'asphalte coulé (≥ 15 mm) des traitements superficiels (< 15 mm). Ces revêtements ont tous leurs avantages et leurs inconvénients et posent des exigences particulières en matière de conception, de structure et d'exécution. Dans les lignes qui suivent, chaque type fait l'objet d'une présentation distincte.

De manière générale en Région de Bruxelles-Capitale, les revêtements bitumineux du type enrobés à chaud sont peu utilisés dans le cadre d'aménagements de trottoirs en centre-ville. Cela s'explique notamment par les moyens de mise en œuvre importants qu'ils nécessitent, notamment pour l'épandage et le compactage du matériau, ainsi que la multitude d'obstacles

divers rencontrés (seuils de portes d'entrées, grilles et trapillons, etc.). De plus, en comparaison avec les revêtements modulaires, les interventions ponctuelles réalisées par les impétrants sont plus complexes (ex.: découpe du revêtement et apport de matériaux sur site). En revanche, ces revêtements sont plus fréquemment utilisés pour réaliser des aménagements piétons continus sur des longueurs



*Revêtement bitumineux (enrobé à chaud)
utilisé dans le centre de Bruxelles*



*Revêtement bitumineux (asphalte coulé)
utilisé à Paris*

relativement importantes (généralement hors agglomération comme dans le cas d'espaces verts) ainsi que dans des espaces ouverts comme par exemple des zones piétonnes.

Des solutions mixtes sont également envisageables, alternant des revêtements bitumineux subdivisés par des alignements de revêtements modulaires marquant un filet d'eau, un raccord entre le revêtement et les façades, etc.

De même, les revêtements bitumineux du type asphalte coulé, fort utilisés en France et notamment à Paris, n'ont pas connu de réelle percée en Région de Bruxelles-Capitale. Néanmoins, hormis en ce qui concerne les interventions d'impétrants, ces matériaux s'accommodent au contexte urbain, vu qu'ils ne nécessitent pas de compactage et que l'épandage peut être réalisé avec des engins plus légers que ceux utilisés traditionnellement. Par conséquent, ils sont analysés en détail dans ce cahier afin d'en dégager les avantages et inconvénients.

Grâce aux nombreuses variations de coloris et de **texture**, les revêtements bitumineux tout comme les revêtements modulaires sont indiqués pour augmenter la lisibilité et la visibilité de l'espace de circulation.

En outre, les revêtements bitumineux, à l'exception des enduits superficiels (cf. 2.3.3.1), offrent une surface confortable pour le cheminement des piétons et personnes à mobilité réduite.

Comme pour les autres matériaux de revêtements piétons, le type de revêtement bitumineux utilisé pour des aménagements piétons diffère selon l'usage qui en est fait.

Dans le cas d'aménagements piétons qui peuvent être empruntés par des véhicules motorisés (trottoirs traversants, zone piétonne autorisant le chargement/déchargement, accès carrossables aux parkings publics et privés, etc.), le revêtement et la structure de l'aménagement sont, à l'exception d'un éventuel traitement superficiel (cf. 2.3.3), généralement identiques à ceux de la voirie. Ces revêtements doivent être conçus selon les règles de bonne pratique en vigueur.

Dans les autres cas, à savoir les aménagements piétons qui ne peuvent être légalement et/ou physiquement empruntés par des véhicules motorisés, les revêtements bitumineux proposés (cf. ci-dessous) se différencient de ceux utilisés en voirie, notamment en matière d'adhérence (rugosité suffisante) et de planéité (*macrotexture* faible), dans le but d'optimiser les performances du revêtement pour un usage piétonnier idéal. Dans tous les cas, il faudra également tenir compte des exigences liées à la pose du revêtement, généralement de faible largeur.

2.3.1 Les enrobés à chaud

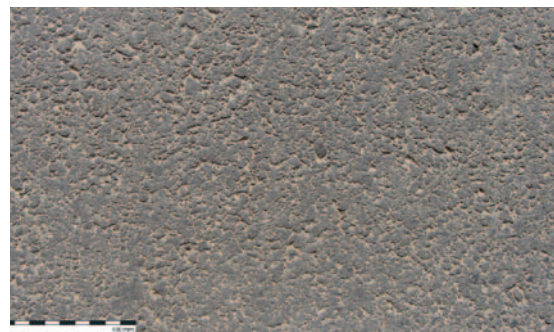
Les enrobés à chaud sont constitués d'un mélange de pierres, de sables, de *filler*, de liant (bitume modifié ou non) et d'éventuels additifs (fibres, pigments, etc.). Ils sont fabriqués à chaud (entre 150 et 180 °C) dans une centrale d'enrobage classique et sont posés à l'aide d'un *finisseur*. Ensuite, ils sont compactés lorsqu'ils sont encore chauds (> 90 °C). Ces enrobés permettent de réaliser (en *couche de roulement*) des couches d'épaisseur comprises entre 15 et 80 mm selon le type d'enrobés et la granulométrie maximale des *granulats*.



Zone piétonne à Bruxelles réalisée en revêtement bitumineux type enrobé à chaud

2.3.1.1 Types d'enrobés à chaud

- **Enrobés bitumineux à squelette sableux et à granularité continue** (béton bitumineux – AC⁽²⁾). Le béton bitumineux pour *couches de roulement* tel que le AC-14Surf1-x, le AC-Surf4-x ou le AC-6,3Surf5-x est du point de vue du confort et de la facilité de mise en œuvre particulièrement adapté aux aménagements piétons.



Béton bitumineux AC-14Surf1-x



Béton bitumineux AC-Surf4-x



Béton bitumineux AC-6,3Surf5-x

(2) Antérieurement BB. Nouvelle abréviation selon la norme européenne et les cahiers des charges type.

- **Enrobés bitumineux à squelette pierreux et à granularité discontinue** (enrobé drainant et SMA). Leur squelette pierreux confère à ces enrobés une meilleure résistance aux déformations; aussi, ils sont adaptés aux routes où la **charge de trafic** est élevée. Ni les avantages en matière de stabilité, ni les réductions de bruit (enrobé drainant) ou l'effet autonettoyant (enrobé drainant) ne seront mis en valeur s'ils sont utilisés sur des trottoirs. Au contraire, la **durabilité** de tels enrobés bitumineux n'est garantie que quand ces mélanges à squelette pierreux sont mis en œuvre mécaniquement. Aussi, ils sont moins adaptés aux aménagements piétons.

Pour les trottoirs séparés, le choix se porte a priori sur le **béton bitumineux (AC)**, parce que ce type d'enrobé offre d'une part une bonne adhérence (sécurité) et d'autre part une bonne planéité (confort d'utilisation). Pour la composition, on peut partir de la formulation habituelle pour les **couches de roulement** des routes circulées, avec les adaptations suivantes :

- une granulométrie maximale inférieure pour faciliter la mise en œuvre manuelle et pour garantir l'adhérence et le confort ;
- des bitumes plus mous (**ouvrabilité**) ;
- caractéristiques de mélange visées :
 - une plus grande **compacité**,
 - une **ouvrabilité** excellente.

2.3.1.2 Structure du revêtement

En règle générale, un revêtement bitumineux se compose (de haut en bas) :

- d'une **couche de roulement** ;
- d'une ou plusieurs **couches de liaison** ;
- (éventuellement) d'une ou plusieurs **couches de reprofilage** ;
- d'une fondation et éventuellement d'une sous-fondation.

Chaque partie remplit une fonction spécifique décrite ci-après. Il arrive qu'une partie soit absente parce qu'elle n'est pas nécessaire ou parce que sa fonction est assurée par les autres parties du revêtement.

Pour fonctionner correctement, toutes les couches d'un revêtement bitumineux doivent adhérer complètement l'une à l'autre. Si ce n'est pas le cas, le trafic causera des contraintes de

flexion sensiblement plus grandes dans la couche détachée, ce qui provoquera la rupture prématurée du revêtement. L'adhérence entre les couches rendra d'ailleurs le revêtement dans son ensemble moins perméable, ce qui est indispensable pour la **durabilité** de la structure. En général, cette adhérence s'obtient en appliquant sur chaque couche d'enrobé une **couche d'accrochage** (émulsion de bitume).

Normalement, il n'y a pas d'adhérence entre le revêtement bitumineux et la couche de fondation. Cependant, quand le **support** du nouveau revêtement bitumineux est lui-même un revêtement ou une partie d'un revêtement – par exemple lors de la pose d'un nouveau revêtement (la plupart du temps mince) sur un ancien revêtement en enrobé ou en béton – on essaie d'obtenir une adhérence.

La **couche de roulement** (également appelée «couche d'usure») est la couche supérieure du revêtement. C'est en général cette couche qui subit le plus de sollicitations parce qu'elle est directement exposée aux charges et aux influences climatiques. Par conséquent, elle doit posséder les caractéristiques nécessaires pour résister durablement aux sollicitations auxquelles elle est soumise. Dans le code de bonne pratique CRR R78/06 *Choix du revêtement bitumineux lors de la conception ou de l'entretien des chaussées* (chapitre 2 [2.2.1.1] et chapitre 7) se trouve une liste des caractéristiques principales susceptibles d'influencer le comportement d'une **couche de roulement**.

Il importe de poser une **couche de roulement** d'une épaisseur constante, pour une plus grande **durabilité** et pour garantir des performances et des caractéristiques uniformes. Si un reprofilage est nécessaire, il est à conseiller de le faire dans les couches sous-jacentes, à l'aide d'une **couche de reprofilage**.

Dans un revêtement bitumineux, les couches d'enrobé sous la **couche de roulement** sont appelées «**couches de liaison**». Si ces couches ont une épaisseur variable, pour réaliser un reprofilage, on les appelle «**couches de reprofilage**».

Les fonctions principales d'une **couche de liaison** sont les suivantes :

- reprendre et répartir les **charges du trafic** (leur nombre et leur épaisseur dépendent des charges à reprendre);
- créer un **support** bien plan afin que la **couche de roulement** puisse être mise en œuvre en épaisseur constante.

Pour le dimensionnement du revêtement bitumineux, il faut tenir compte du comportement à la **fatigue** du matériau, de la **charge de trafic**

et du type de **support**:

- le comportement à la **fatigue** dépend du type de matériau; ce comportement a été traduit en lois de **fatigue**;
- l'intensité du trafic (le nombre d'essieux équivalents de 100 kN) déterminera l'épaisseur des différentes couches de structure ainsi que le type de matériau utilisé dans la fondation (cf. tableau 4 ci-après);

Tableau 4 – Aperçu des «bouwklassen» et de la structure du revêtement bitumineux

		Épaisseur recommandée selon les «structures types» de la Communauté flamande				
		Revêtement	Fondation			
Bouwklasse	Nombre d'essieux standard de 100 kN	Béton bitumineux (cm)	Concassé (cm) (1)	Concassé avec additifs (cm) (2)	Lié hydrauliquement (cm) (3)	Béton maigre (cm)
	[× 10 ⁶]					
B1	64 à 128	30	29	25	25	20
B2	32 à 64	28	28	24	25	20
B3	16 à 32	26	27	23	25	20
B4	8 à 16	23	26	22	25	20
B5	4 à 8	21	25	21	25	20
B6	2 à 4	19	23	20	25	20
B7	1 à 2	16	22	19	25	20
B8	0,5 à 1	14	21	19	25	20
B9	0,25 à 0,5	12	19	18	25	20
B10	< 0,25	10	20	18	18	18
BF	<i>pistes cyclables ou trottoirs peu ou pas soumis à la charge du trafic automobile</i>	9	20	18	15	12

(1) À granularité discontinue, ou à granularité continue sans additifs.

(2) Fondation en empierrement à granularité continue traitée avec additifs, à l'exception de ciment.

(3) Empierrement à granularité continue traité au ciment, fondation par stabilisation du revêtement existant au ciment, fondation en sable-ciment.

- le type de **support** détermine l'épaisseur de la sous-fondation, compte tenu de l'épaisseur nécessaire pour la protection contre le gel et de la perméabilité du **support**.

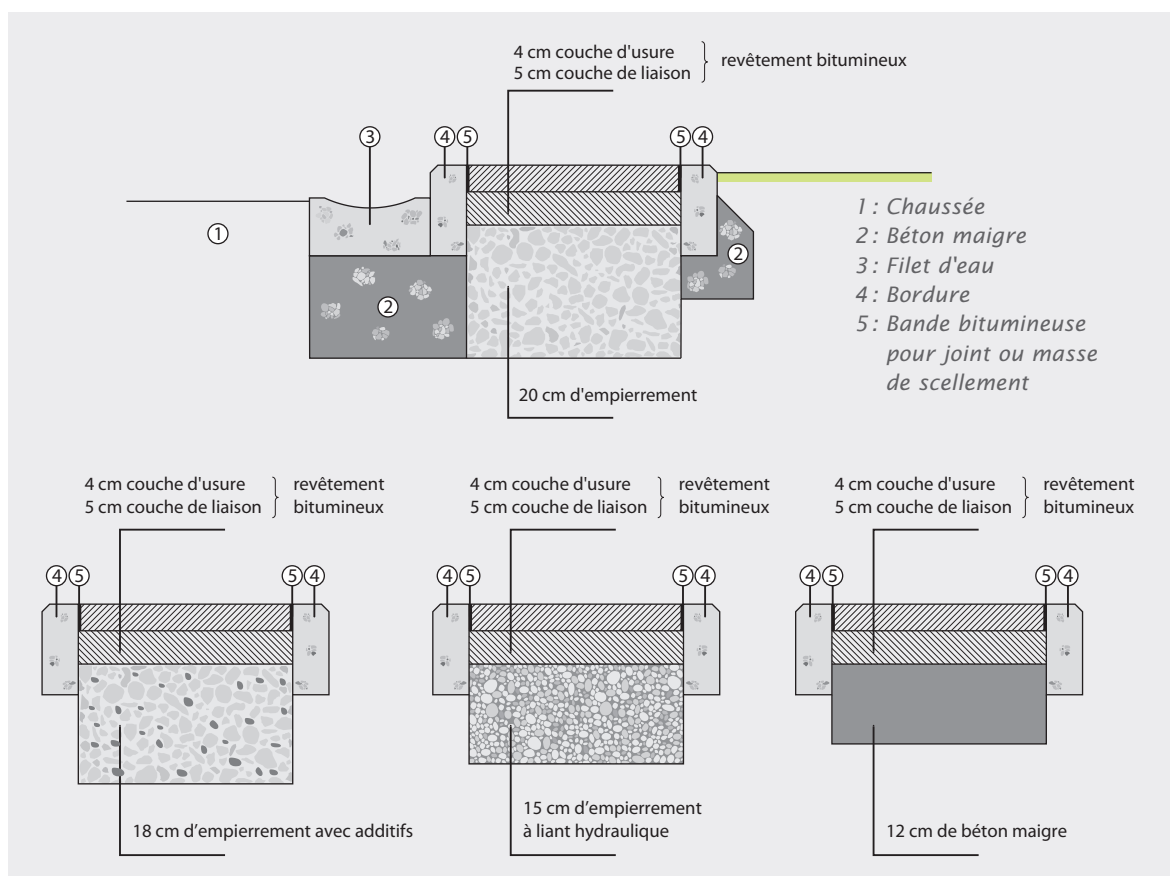
Pour un complément d'information, veuillez vous référer au code de bonne pratique CRR R49/83 *Code de bonne pratique pour le dimensionnement des chaussées à revêtement hydrocarboné*.

Pour le dimensionnement, on peut recourir aux structures types existantes. Il s'agit de structures standardisées en fonction du type de fondation et de l'intensité du trafic ou de la *bouwklasse*. Le tableau 4 en donne un aperçu.

Les trottoirs appartiennent normalement à la *bouwklasse* BF. Leur configuration selon les structures types est illustrée à la figure 4 en fonction des différentes possibilités de fondation.

Les autres *bouwklassen* sont données ici à titre d'information, mais peuvent s'avérer utiles pour la détermination de la structure quand le trottoir est effectivement emprunté par un trafic automobile (par exemple parking public, accès à une entreprise de transport, trottoirs traversants, etc.). Dans ces derniers cas, il importe d'adapter la structure à la *bouwklasse* et au trafic escompté, sous peine de mettre en péril la stabilité du trottoir et de voir apparaître à terme des dégradations, avec tous les désagréments que cela engendrerait pour les piétons.

Figure 4 – Configuration du trottoir selon la structure type de la *bouwklasse* BF



2.3.2 L'asphalte coulé

Les asphaltes coulés sont des enrobés à chaud, à squelette de **filler**. Ils sont constitués d'un mélange en proportions variables de sables, de

pierres et de forte teneur en **filler** et en bitume (ou bitume modifié). Ils sont fabriqués et mis en œuvre à très haute température (jusqu'à 250 °C) et ne nécessitent aucun compactage. Ils sont généralement mis en œuvre manuelle-



Asphalte coulé

ment. L'épaisseur de mise en œuvre usuelle est de 25 à 30 mm. Après épandage de l'asphalte coulé, sa surface est généralement traitée par sablage ou gravillonnage de manière à augmenter sa résistance au glissement. Cette opération nécessite parfois un léger cylindrage. Après refroidissement, la couche est imperméable. Aucun reprofilage n'est possible dans cette couche.

Il s'agit incontestablement d'une solution intéressante pour les endroits où il n'est pas possible de procéder à l'épandage et au compactage d'un béton bitumineux à l'aide des engins lourds classiques, comme sur des trottoirs qui sont trop étroits pour l'utilisation de machines ou à des endroits où le trottoir prend des formes diverses à cause par exemple des accès aux habitations.

Contrairement à la pratique en Belgique, l'asphalte coulé est très fréquemment appliqué en France dans des environnements urbains (ex. : Paris, Toulouse) comme revêtement pour des trottoirs et jardins publics. Les avantages offerts par l'asphalte coulé sont ici déterminants: autonivelant, pas de compactage nécessaire (donc pas besoin d'engins lourds), facile à placer là où il y a des obstacles ou des formes diverses. Il est aussi tout à fait possible de travailler avec plusieurs couleurs sur un trottoir ou sur une place. Il faut toutefois tenir compte de la rugosité initiale plutôt médiocre (sablage ou gravillonnage).

En ce qui concerne les interventions relatives aux impétrans, on peut réaliser les réparations avec des moyens limités et dans de brefs délais.

2.3.3 Les traitements superficiels

Les traitements superficiels sont principalement utilisés comme mesure d'entretien sur d'anciens revêtements ou pour modifier la couleur d'un revêtement existant. On distingue les *enduits superficiels* et les *MBCF*.

2.3.3.1 Les enduits superficiels

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 (2/4, 4/6,3 ou 6,3/10) à l'aide de matériel d'épandage spécifique. L'enduit superficiel doit ensuite être compacté pour constituer une bonne mosaïque. On distingue les *enduits monocouches* et les *enduits bicouches*.



Enduit monocouche



Enduit bicouche

Les enduits superficiels sont bon marché et peuvent être appliqués en couches fines. Ils sont toutefois sujets au **plumage** (les gravillons roulants entraînent une perte de la résistance au glissement) et présentent une **macrotex-ture** prononcée (ce qui augmente le risque de blessure en cas de chute). Ils sont donc moins appréciés des piétons pour des raisons de sécurité et de confort. Si cette technique est quand même sélectionnée, on choisira préférentiellement les plus faibles calibres (2/4 ou 4/6,3) pour la couche supérieure de l'enduit.

La **macrotex-ture** (et donc la rugosité élevée) entraînera une résistance au roulement accrue pour les personnes en chaise roulante. Ce traitement de surface ne convient donc pas pour des trottoirs susceptibles d'être fréquemment empruntés par des personnes en chaise roulante.

2.3.3.2 Les MBCF

Les MBCF 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).

Les fonctions essentielles des MBCF sont la restauration de la rugosité et de l'imperméabilité ou la modification de la couleur du revêtement.

Après la pose d'un nouveau revêtement bitumineux (ex.: béton bitumineux), qui serait trop ouvert en raison des circonstances (ex.: mise



MBCF bicouche



MBCF monocouche

en œuvre manuelle due à la présence d'obstacles), on peut aussi augmenter la **durabilité** de la surface en mettant en place un MBCF.

Grâce à leur composition, les MBCF peuvent être coulés. Pour les revêtements soumis au trafic, ils ne nécessitent en général aucun compactage (réalisé par le trafic automobile). Toutefois, s'il n'y a pas de trafic automobile (comme c'est le cas principalement pour les trottoirs séparés ou non), il faut un compactage.

Pour la sécurité et le confort des piétons, il est recommandé d'appliquer sur les aménagements piétons un MBCF de faible grade (0/2 ou 0/4). Aux endroits où la chaussée est traversée, la préférence va à un grade 0/4 ou 0/6,3, afin de garantir une bonne résistance à l'usure.

2.4 Les revêtements utilisés en zone verte

La Région de Bruxelles-Capitale est généralement perçue comme un milieu urbain densément peuplé. Néanmoins, il est important de souligner que Bruxelles est également l'une des capitales les plus vertes d'Europe puisqu'elle dispose de 8 000 hectares d'espaces verts, soit la moitié de la surface de la Région. Elle comporte en effet de nombreux parcs, bois et autres zones vertes souvent reliés entre eux pour former un maillage vert emprunté par des usagers non motorisés. La Promenade verte de quelque 63 km qui ceinture Bruxelles en forme un remarquable exemple.

À la différence des traditionnels trottoirs destinés à accueillir les piétons, les aménagements en zone verte sont plus orientés vers tous les usagers faibles en général, à savoir évidemment les piétons et les PMR, mais également les cyclistes ou encore les cavaliers. En effet, l'objectif des chemins en zone verte est généralement plus récréatif qu'utilitaire, même si certains de ces chemins offrent une alternative intéressante et sécurisée pour un déplacement utilitaire entre par exemple son domicile et son lieu de travail.

Les revêtements utilisés en zone verte peuvent donc être empruntés par une multitude d'utilisateurs aux intérêts parfois divergents. Cette divergence se reflète notamment par rapport aux types de revêtements qui peuvent être utilisés. En effet, les parents avec poussette, les personnes âgées, les personnes en roller, les cyclistes seuls ou en famille, etc., préféreront toujours un revêtement dont la surface est la plus unie et la plus plane possible. En revanche, les usagers de VTT, les randonneurs à pied, les joggeurs rechercheront plutôt les chemins de terre ou sentiers d'aspect plus naturel. Le choix du type de revêtement en zone verte est donc notamment guidé par le type d'utilisateur qui est attendu ou voulu.

Un autre élément qui peut guider le choix du revêtement en zone verte est l'aspect environnemental lié à l'espace traversé : l'insertion paysagère de l'infrastructure dans son environnement et la préservation de la nature.



Photo: Bruxelles Environnement (IBGE)

Réserve naturelle du Zavelenberg
à Berchem-Sainte-Agathe

Par conséquent, en zone verte, le revêtement à utiliser résultera généralement d'une pondération entre les facteurs d'usage et les facteurs environnementaux.

Deux grandes familles de matériaux peuvent être utilisées en zone verte :

- les revêtements en dur (béton et enrobé) ;
- les matériaux non stabilisés ou stabilisés aux liants hydrauliques.

La première famille a été présentée en détail précédemment (cf. 2.2 *Revêtements en béton* et 2.3 *Revêtements bitumineux*), nous nous limiterons donc ci-après au *béton désactivé* et à l'*enrobé écologique*, tous les deux aussi adaptés aux zones vertes.

La seconde famille porte sur des matériaux économiques et de mise en œuvre rapide, mais moins pérennes que les revêtements durs. Ils ont cependant une connotation rurale forte et s'intègrent bien dans l'environnement.

2.4.1 Béton désactivé

Dans les zones vertes, la diversité des aspects possibles en fonction de la couleur des *granulats*, de leur dimension et des mélanges permet une très bonne intégration paysagère du béton désactivé. Pour étendre les possibilités de coloration, il est également envisageable d'ajouter des pigments.



Béton désactivé pour les rampes d'accès
à la promenade du chemin de fer à Woluwe

Le béton désactivé est l'une des finitions de surface applicable aux revêtements en béton. Il est explicité en détail au 2.2.3.

2.4.2 Enrobé écologique

L'enrobé écologique s'intègre bien dans le milieu naturel. Contrairement à un enrobé classique, lié avec du bitume provenant du raffinage du pétrole, l'enrobé écologique contient un liant exclusivement basé sur des huiles et des résines végétales. Le liant est donc écologique en raison de sa composition et permet en outre de fabriquer l'enrobé à une température sensiblement moins élevée (120°C) que dans le cas d'un enrobé classique (160°C). L'enrobé écologique est préparé dans une centrale d'enrobage classique et posé avec du matériel classique. L'enrobé écologique permet également de travailler avec des revêtements colorés.



Texture superficielle de l'enrobé écologique

2.4.3 Matériaux non stabilisés

Ces matériaux présentent une bonne intégration visuelle dans tout type de site par un choix multiple dans la couleur des **granulats**.

Ils sont constitués d'un mélange d'eau et d'un ou plusieurs sables ou **graves**. Leur choix est conditionné entre autres par la couleur exigée par le projet à réaliser.

L'épaisseur de mise en œuvre est fonction de la qualité du sol **support**. Pour les **graves**, une épaisseur de mise en œuvre de 10 cm au moins est recommandée, afin d'en faciliter la pose. Pour le sable, une épaisseur de mise en œuvre de 4 cm au moins est recommandée.



Photo : Bruxelles Environnement (BGE)

Revêtement non stabilisé en concassé de porphyre

L'humidification de ces matériaux se fait soit in situ soit en centrale. La mise en œuvre, critère très important pour ce type de matériau, est généralement mécanique et le compactage est réalisé avec un rouleau à jante lisse vibrant à faible amplitude de vibration et (ou) avec un rouleau à pneus. Pour obtenir un état de surface correct, la finition sera effectuée par le rouleau à jante lisse. Ces matériaux étant très sensibles aux variations de leur dosage en eau, les chantiers devront être réalisés hors intempéries.

2.4.4 Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques

Ils offrent une solution intermédiaire entre un matériau non stabilisé et un revêtement en dur.

Tout comme les matériaux non stabilisés, les matériaux stabilisés aux liants hydrauliques présentent une bonne intégration visuelle dans tout type de site par un choix multiple dans la couleur des **granulats**.

Il s'agit de mélanges de sables ou de **graves** de faible **granularité**, d'eau, de liant hydraulique et éventuellement d'un retardateur de prise. Une «cohésion» est fournie à moyen terme par la prise hydraulique. Il est nécessaire d'étudier le matériel de mise en œuvre pour obtenir l'uni souhaité sans avoir à effectuer un réglage fin par apport de matériau (risque de

feuillette). Dès la fin du compactage, on protégera le matériau par épandage d'un **produit de cure** (comparable à celui qui est utilisé sur le béton) de manière à éviter la décohéation provoquée par une dessiccation superficielle. Le choix des **granulats**, outre les caractéristiques mécaniques souhaitées, sera conditionné par la couleur exigée par le projet à réaliser. Le dosage du liant hydraulique est compris entre 3,5 et 8%. Il s'agit généralement de ciment. Le liant peut également contenir du laitier de haut-fourneau, des cendres volantes silico-alumineuses, des cendres volantes hydrauliques, de la chaux aérienne et d'autres pouzzolanes.

En fonction de l'usage auquel on le destine, un matériau stabilisé aux liants hydrauliques se met en œuvre en couches de 6 à 15 cm d'épaisseur. La **durabilité** des matériaux stabilisés aux liants hydrauliques dépend du dosage en liant. Selon ce dosage, ces matériaux sont plus ou moins sensibles à l'eau de ruissellement.

Les matériaux stabilisés aux liants hydrauliques sont généralement mélangés en centrale, mais un mélange sur site est également envisageable pour de petites surfaces. Ils sont mis en œuvre manuellement et compactés au cylindre vibrant. Un arrosage est nécessaire afin de favoriser la prise du liant. Un délai pour éviter des dégradations de surface sera respecté avant toute ouverture à la circulation. Ces matériaux étant très sensibles aux variations de leur dosage en eau, les chantiers devront être réalisés hors intempéries.

2.5 Le cas spécifique des revêtements podotactiles

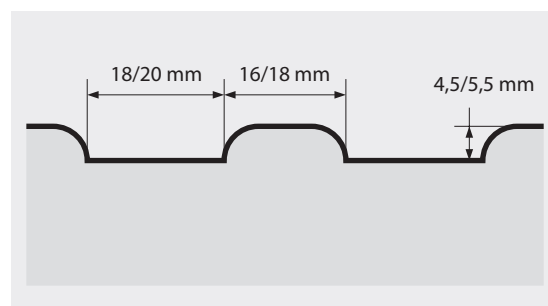
2.5.1 Généralités

Les personnes à mobilité réduite, et plus particulièrement les personnes déficientes visuelles, ont notamment besoin pour se déplacer de manière autonome et en sécurité, de dispositifs de repérage leur indiquant par exemple l'emplacement d'un passage pour piétons, la position de la zone d'attente à hauteur d'un arrêt de transports en commun, ou encore la présence d'escaliers, qui constituent une zone de danger.

Pour remarque, la terminologie couramment utilisée pour ces revêtements podotactiles est « dalles podotactiles » comme c'est d'ailleurs le cas dans le RRU. En effet, lors de l'apparition de ces revêtements il y a une dizaine d'années, seules des dalles de béton étaient disponibles sur le marché belge. Depuis lors, de multiples nouveaux produits ont fait leur apparition (cf. les points suivants), ceux-ci s'écartant parfois fortement du concept de dallage. Par conséquent, afin d'utiliser un langage commun qui regroupe l'ensemble des produits podotactiles existants, on utilisera dans ce cahier le terme « revêtements podotactiles ».

Les trois types de revêtements podotactiles utilisés en Région de Bruxelles-Capitale sont les suivants :

1. **Les revêtements de guidage** (encore appelés *revêtements striés*) : ils ont pour but d'orienter la personne déficiente visuelle. Pour ce faire, l'axe des stries mène à l'endroit où on souhaite guider la personne. Ce revêtement doit être adhérent, détectable au pied, à la canne et visuellement. Les domaines d'application sont les suivants :
 - donner l'axe d'une traversée piétonne ;
 - conduire à la zone d'attente d'un bus ou d'un tram ;
 - orienter la personne dans des espaces ouverts où une désorientation complète est possible.

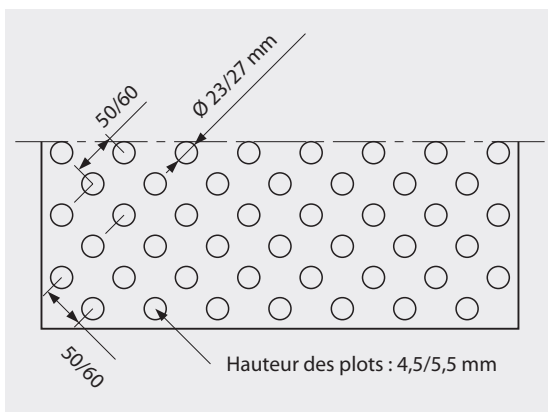


Profil d'un revêtement de guidage

2. **Les revêtements d'éveil à la vigilance** (encore appelés *revêtements à protubérances*) : ils ont pour but d'éveiller la vigilance de la personne déficiente visuelle à

l'approche d'un danger. Ce revêtement doit être adhérent, détectable au pied, à la canne et visuellement. Les domaines d'application sont les suivants :

- signaler le début d'une traversée;
- signaler le début d'un escalier ou d'un escalator;

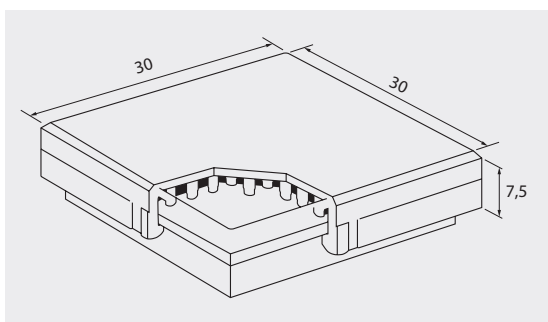


Profil d'un revêtement d'éveil à la vigilance

- signaler un bord de quai.

3. **Les revêtements d'information** (encore appelés *revêtements souples*) : ils ont pour but de signaler à la personne déficiente visuelle la présence d'une information ou un changement de direction dans sa ligne de conduite. Ce revêtement doit être adhérent, détectable au pied, à la canne et visuellement. Les domaines d'application sont les suivants :

- indiquer la présence d'une zone d'attente d'arrêt de bus ou de tram;
- signaler un changement de direction dans les revêtements de guidage;
- signaler la présence d'un guichet ou d'un



Profil d'un revêtement d'information

ascenseur.

Ces trois types de revêtements podotactiles précités doivent être contrastés par rapport au revêtement général de l'aménagement piéton où ils sont placés.

Afin de fournir une information correcte et précise à l'usager, une méthodologie très précise relative à l'implantation de ces trois types de revêtements podotactiles existe. En Région de Bruxelles-Capitale, ces règles sont présentées en détail au point 6 du *Vademecum personnes à mobilité réduite dans l'espace public*.

2.5.2 Les différents matériaux de revêtements podotactiles existants

2.5.2.1 Les revêtements podotactiles en béton

Disponibles depuis de nombreuses années sur le marché, les « dalles » podotactiles en béton sont les plus fréquemment rencontrées sur les aménagements piétons en Région de Bruxelles-Capitale. Deux types de revêtements podotactiles (striés, à protubérances) sont disponibles en dalles de béton.

Le placement de ces revêtements podotactiles en béton doit se faire en suivant différentes



Revêtements podotactiles en béton indiquant une traversée piétonne

étapes. Celles-ci ont pour objectif de faciliter la mise en œuvre tout en augmentant la qualité du résultat final. Les étapes sont les suivantes.

1. Placer le revêtement de l'aménagement piéton sur l'ensemble de la zone à aménager.
2. Tracer au sol l'emplacement exact des revêtements podotactiles à installer, en se basant sur la méthodologie de placement existante en la matière.
3. Scier le revêtement existant.
4. Concernant la couche de pose :
 - **dans le cas d'un revêtement modulaire**, s'assurer que la couche de pose n'est pas dégradée et que l'épaisseur de celle-ci est constante (30 mm, avec tolérance de 5 mm). **Attention, le concepteur choisira des dalles podotactiles dont l'épaisseur est identique à celle des éléments modulaires constituant le revêtement.** En effet, une différence d'épaisseur ne pourra être compensée par une modification de l'épaisseur de la couche de pose sous peine de mettre à mal la **durabilité** dans le temps de la structure. Il est donc important que des dalles podotactiles d'épaisseurs variables existent afin que celles-ci puissent toujours



Placement de revêtements podotactiles en béton

s'adapter au revêtement piéton existant ;

- **dans le cas d'un revêtement bitumineux**, retirer la **couche de roulement** (couche de surface) ainsi que la couche sous-jacente, et recouvrir ensuite la couche de fondation devenue apparente, par une couche de pose (l'épaisseur est variable, mais il est conseillé de prévoir une épaisseur de minimum 30 mm ; l'épaisseur dépend des épaisseurs des couches d'enrobé qui ont été retirées).
5. Poser les dalles béton aux endroits prédéfinis. Attention, la dalle doit être posée au même niveau que le revêtement, le point bas de la strie ou de la protubérance devant se trouver à la hauteur du revêtement normal. Cela évite toute accumulation d'eau ou de déchets au droit du revêtement, tout en rendant celui-ci plus facilement détectable pour l'utilisateur.
 6. Fermer les joints :
 - **dans le cas d'un revêtement modulaire**, un sable naturel ou artificiel correspondant au CCT 2011 devra être utilisé ;
 - **dans le cas d'un revêtement bitumineux (type AC)**, il est conseillé de boucher les joints créés au niveau de la jonction revêtement bitumineux – dalles en béton, mais aussi les joints entre les dalles, par une masse de scellement comme décrite dans le CCT 2011 (cf. F.2.2.8.9.2). Celle-ci devra permettre d'éviter toute infiltration d'eau et accumulation d'eau dans la structure, et donc tout dégât éventuel sur le revêtement bitumineux.

Avantages

- Bonne résistance dans le temps du revêtement en béton strié et à protubérances.
- Compatible avec tous les revêtements piétons existants (hormis certains matériaux utilisés en zone verte).

Inconvénients

- Technique de placement contraignante (découpe et excavation).
- Impossibilité de placer ces revêtements en présence de couvercles de regards de visite, taques d'égouts, etc.

2.5.2.2 Les revêtements podotactiles en matériaux souples

Tout comme les revêtements podotactiles en béton, les revêtements podotactiles en matériaux souples sont apparus il y a de nombreuses années sur le marché belge. Ceux-ci sont utilisés dans le cadre des revêtements d'information qui imposent une souplesse du matériau. Ces revêtements se présentent selon deux structurations différentes. Soit seule la surface du revêtement est en matériau souple (ex. : caoutchouc ou matériaux de récupération utilisés par exemple pour des plaines de jeux), l'assise étant constituée d'une dalle béton, soit toute la structure est constituée de ce matériau souple.

En Région de Bruxelles-Capitale, les revêtements podotactiles en matériaux souples doivent recouvrir un espace de 90 cm x 90 cm.

La technique de placement de ces revêtements podotactiles est relativement similaire à celle proposée dans le cas des revêtements podotactiles en béton (cf. 2.5.2.1). Les principales différences à relever sont les suivantes :

- la couche de pose est constituée exclusivement d'un lit de sable ;
- aucun joint ne doit être présent entre les dalles constitutives de la surface souple de 90 cm x 90 cm. Pour ce faire, ces dalles doivent être serrées les unes aux autres. Une autre solution consiste à utiliser une dalle unique de 90 cm x 90 cm proposée par certains fournisseurs.



Revêtements en matériaux souples indiquant la présence d'une zone d'attente d'arrêt de bus

Avantages

- Compatible avec tous les revêtements piétons existants (hormis certains matériaux utilisés en zone verte).

Inconvénients

- Technique de placement contraignante (découpe et excavation).
- Mauvaise résistance du revêtement souple dans le temps (infiltration, déchaussage, rupture du matériau, etc.).
- Impossibilité de placer ces revêtements en présence de couvercles de regards de visite, taques d'égouts, etc.

2.5.2.3 Les revêtements podotactiles en pierre naturelle

De manière générale, les revêtements podotactiles en pierre naturelle sont utilisés pour des raisons esthétiques et/ou architecturales. En présence par exemple de matériaux de revêtements piétons en pierre bleue, l'usage de matériaux podotactiles taillés dans ce même matériau naturel est parfois pratiqué. Ils ne conviennent cependant que pour les revêtements striés et à protubérances. Systématiquement pour ces revêtements, le gestionnaire et le concepteur s'assureront que les stries et les protubérances suivent scrupuleusement les prescriptions en matière de hauteur, largeur, écartement telles que définies dans le *Vademecum personnes à mobilité réduite dans l'espace public*.

Le placement de ces revêtements est similaire à celui proposé dans le cas des revêtements podotactiles en béton.



Revêtements podotactiles en pierre bleue

Avantages

- Bonne résistance dans le temps du revêtement en pierre naturelle.
- Bonne compatibilité avec les revêtements modulaires.
- Esthétisme, intégration architecturale.

Inconvénients

- Technique de placement contraignante (découpe et excavation).
- Impossibilité de placer ces revêtements en présence de couvercles de regards de visite, taques d'égouts, etc.
- Coût (taillé généralement sur mesure).
- Dans certains cas, peu contrasté par rapport au revêtement en place (cf. illustration ci-avant).

2.5.2.4 Les revêtements podotactiles préformés collables à froid

Depuis quelques années, une nouvelle technique consistant à coller à froid le revêtement podotactile directement sur le revêtement existant, est apparue. Ces revêtements sont disponibles en modèles striés ou à protubérances et se présentent sous forme de dalles de dimensions diverses. Elles mesurent quelques millimètres d'épaisseur et sont généralement fabriquées en résine ou en fibre de verre. Pour offrir une bonne adhérence, certains de ces produits ont été adaptés au niveau de leur surface supérieure (placement d'une **macrotexture** d'accroche).



Revêtements podotactiles collés à froid

Le placement de ces revêtements podotactiles collables à froid doit se faire en suivant différentes étapes. Celles-ci, présentées ci-dessous, sont directement inspirées des fiches techniques mises à disposition par les fournisseurs :

1. nettoyer le revêtement où la pose sera réalisée (poussières et débris divers) ;
2. délimiter la périphérie de la zone de placement à l'aide d'un ruban adhésif ;
3. recouvrir la zone de placement d'une colle bi-composante ;
4. placer les dalles sur le revêtement ;
5. saupoudrer les joints de sable sec ;
6. retirer le ruban adhésif et ramener le sable le long des bords en pressant légèrement afin d'obtenir une bordure jointive et biseautée.

Avantages

- Mise en œuvre rapide et facile.
- Possibilité de placer ces revêtements sur des couvercles de regards de visite, taques d'égouts, etc., à condition que ceux-ci soient remplacés correctement après ouverture.
- Disponible en plusieurs coloris permettant d'augmenter le contraste du revêtement podotactile avec le revêtement existant.

Inconvénients

- Le maintien des performances de ce revêtement dans le temps : ce type de revêtement peut fournir de bons résultats même si à l'heure actuelle aucune étude spécifique n'a été réalisée sur ces produits en matière de longévité et de résistance du matériau. On constate néanmoins que le niveau de performance de ce revêtement dépend en grande partie des techniques de pose utilisées et de la compatibilité entre la dalle, la colle et le revêtement existant (étanchéité de la structure à assurer).

2.5.2.5 Les revêtements podotactiles préformés thermocollés

En parallèle aux revêtements podotactiles collables à froid, il existe également des revêtements podotactiles collés à chaud. Ces revêtements thermocollés sont disponibles en modèles striés ou à protubérances et se présentent sous forme de dalles de dimensions diverses. Elles mesurent quelques millimètres

d'épaisseur et présentent en surface des agrégats antidérapants pour augmenter l'adhérence de celles-ci.

Le placement de ces revêtements podotactiles thermocollés doit se faire en suivant différentes étapes. Celles-ci, présentées ci-dessous, sont directement inspirées des fiches techniques mises à disposition par les fournisseurs :

1. délimiter la périphérie de la zone de placement;
2. nettoyer et préchauffer le revêtement à l'aide d'un chalumeau;
3. placer une semelle adhésive sur le revêtement dans la zone prédéfinie;
4. chauffer la semelle jusqu'au point de fusion
5. placer le produit thermoplastique préfabriqué sur cette semelle en fusion;
6. utiliser une roulette pour presser les deux couches l'une contre l'autre et pour chanfreiner les bords.



Revêtements podotactiles thermocollés

Avantages

- Mise en œuvre rapide et facile.
- Possibilité de placer ces revêtements sur des couvercles de regards de visite, taques d'égouts, etc. à condition que ceux-ci soient replacés correctement après ouverture.

Inconvénients

- Produits relativement salissants.
- Le maintien des performances de ce revêtement dans le temps: ce type de revêtement

peut fournir de bons résultats même si à l'heure actuelle aucune étude spécifique n'a été réalisée sur ces produits en matière de longévité et de résistance du matériau. On constate néanmoins que le niveau de performance de ce revêtement dépend en grande partie des techniques de pose utilisées et de la compatibilité entre la dalle, la semelle et le revêtement existant (étanchéité de la structure à assurer).

2.5.2.6 Les revêtements podotactiles constitués de plots en inox

Une nouvelle technique importée de l'étranger et qui a fait récemment son apparition en Belgique consiste à remplacer les protubérances des revêtements d'éveil à la vigilance par des plots ou clous en inox de même dimension. Ces éléments qui présentent une surface non lisse pour améliorer l'adhérence de l'utilisateur, sont directement implantés dans le revêtement piéton existant. Cette technique permet d'obtenir des revêtements podotactiles d'éveil à la vigilance qui présentent un esthétisme spécifique, s'intégrant parfois mieux à l'architecture ou l'espace environnant.

Le placement de ces plots en inox doit se faire en suivant différentes étapes :

1. délimiter la périphérie de la zone de placement;
2. placer dans cette zone un gabarit qui suit le calepinage des revêtements podotactiles d'éveil à la vigilance;
3. forer dans le revêtement aux endroits déterminés par le gabarit;
4. - dans un revêtement bitumineux: placer le plot au moyen d'une colle bi-composante;
- dans un revêtement modulaire ou en béton: placer le plot équipé d'une cheville spéciale;
5. enfoncer à l'aide d'un marteau.

Pour faciliter la mise en œuvre, des dalles prééquipées de plots inoxydables existent également.

Avantages

- Esthétisme, intégration architecturale.
- Bonne résistance du plot en inox dans le temps.

Inconvénients

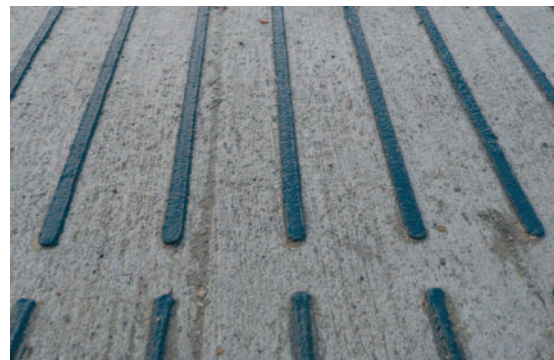
- Mise en œuvre (sauf dans le cas de dalles prééquipées de plots).
- Peu compatible avec certains matériaux modulaires (problématiques des rivets placés dans les joints) ainsi qu'avec les matériaux utilisés en zone verte (sauf dans le cas de dalles prééquipées de plots).
- Impossibilité de placer ces revêtements en présence de couvercles de regards de visite, taques d'égouts, etc.



Plots d'éveil à la vigilance en inox accompagnés de barrettes en époxy

2.5.2.7 Les revêtements podotactiles constitués de barrettes en époxy

Une nouvelle technique qui se développe de plus en plus en Région de Bruxelles-Capitale, surtout sur le réseau STIB, consiste à remplacer les stries des revêtements de guidage par des barrettes en matériau époxy (résine + durcisseur) présentant une bonne adhérence. Ces barrettes sont directement implantées sur le revêtement piéton existant. Cette technique



Plots d'éveil à la vigilance en inox accompagnés de barrettes en époxy

permet d'obtenir des revêtements podotactiles de guidage qui présentent un esthétisme spécifique, s'intégrant parfois mieux à l'architecture ou l'espace environnant.

Le placement de ces barrettes sur le revêtement doit se faire en suivant différentes étapes :

1. définir la zone de placement ;
2. placer et fixer dans cette zone un gabarit qui présente des ouvertures qui suivent la position des stries des revêtements podotactiles de guidage. Pour obtenir un meilleur résultat, ce placement peut être réalisé au laser ;
3. entailler le revêtement existant aux ouvertures apparaissant dans le gabarit ;
4. boucher les ouvertures par une pâte en époxy ;
5. laisser reposer l'ensemble (temps de séchage déterminé par le type de produit utilisé et par les conditions climatiques) ;
6. retirer le gabarit.

Avantages

- Mise en œuvre rapide et facile.
- Esthétisme, intégration architecturable.

Inconvénients

- Pas compatible avec les revêtements modulaires type pavés de béton (nécessite un revêtement stable, plat et homogène type béton, carrelage).

- Impossibilité de placer ces revêtements en présence de couvercles de regards de visite, taques d'égouts, etc.
- Le maintien des performances de ce revêtement dans le temps : même si à l'heure actuelle aucune étude spécifique n'a été réalisée sur ces produits en matière de longévité et de résistance du matériau, il semble que les performances dans le temps soient moins bonnes que dans le cas des revêtements podotactiles en béton ou en pierre naturelle.

2.5.3 Conclusion

De plus en plus de matériaux de revêtements podotactiles existent sur le marché belge. Le choix du matériau est guidé par le type de revêtement podotactile à placer (de guidage, d'éveil à la vigilance ou d'information), le type et l'épaisseur (dans le cas des revêtements podotactiles en béton) du revêtement piéton existant, l'esthétisme et le caractère architectural du lieu, la présence de couvercles de regards de visite ou autre, le budget disponible, etc.

Le caractère «durabilité dans le temps» du matériau est également un critère très important à prendre en compte. Cependant, compte tenu de la «jeunesse» de certains produits et de l'absence d'études spécifiques sur le sujet, peu de données scientifiques sont disponibles à l'heure actuelle pour objectiver ce critère.



3- Les besoins propres à l'utilisateur et les matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations spécifiques

De manière générale, tout aménagement destiné à accueillir les piétons doit être sécurisé, confortable, attractif et adapté à ses usagers. Lorsque l'on traduit les besoins des piétons en termes de revêtements, on considère en particulier les critères de planéité, de stabilité, de rugosité de surface pour garantir une bonne adhérence, d'absence d'obstacles, d'évacuation des eaux, de lisibilité-visibilité et de propreté.

Dans ce chapitre, pour chacun de ces critères, une structure de travail similaire est proposée : d'une part, le critère est analysé en détail selon les besoins du piéton et d'autre part, les différents matériaux de revêtements piétons énoncés au chapitre 2, sont évalués selon le critère envisagé. Cette évaluation est généralement accompagnée de recommandations spécifiques dont l'objectif est de faire en sorte que le revêtement considéré réponde le mieux possible au critère qui est développé.

Au terme de cette analyse, le lecteur pourra, par type de matériau de revêtement existant, savoir si celui-ci est bien compatible avec les différents besoins de l'utilisateur.

Pour remarque, les critères propres aux piétons en matière de revêtement doivent être pris en compte aussi bien pour les revêtements piétons utilisés en section courante (trottoirs) que pour ceux utilisés pour les traversées piétonnes. En effet, pour rappel, un cheminement piéton doit être continu et doit donc présenter un revêtement continu adapté sur tout le cheminement, tant sur les trottoirs que sur les zones de traversées.

3.1 La planéité

Le **défaut d'uni** (ou de planéité) désigne toute irrégularité de surface d'un revêtement. La planéité est généralement identifiée sous deux formes : longitudinale ou transversale. La pre-

mière est liée au confort de roulement, la seconde à l'**orniérage**. Une surface confortable pour les piétons doit donc être plane, c'est-à-dire dépourvue de défauts d'uni.

3.1.1 L'importance d'une bonne planéité de surface pour le piéton

Dans le cas, par exemple, de personnes se déplaçant en chaise roulante, toute irrégularité dans le revêtement se répercutera sur la personne assise, entraînant pour certaines d'entre elles des douleurs cervicales ou autres difficilement supportables. De même, un enfant véhiculé en poussette sera d'autant plus secoué que le revêtement présentera une mauvaise planéité. Aussi, l'équilibre déjà très précaire chez la plupart des personnes âgées peut encore être réduit par une planéité déficiente. Enfin, même pour un piéton aguerri, une planéité non respectée peut dans certains cas déséquilibrer ce dernier ou pire, le faire chuter (ex. : torsion de la cheville). Par conséquent, outre l'inconfort généré par un **défaut d'uni**, l'aspect sécurité doit également être pris en compte.



Revêtement présentant une surface plane adaptée et confortable pour tout usager

De plus, une mauvaise planéité engendrera dans de nombreux cas une stagnation d'eau à la surface du trottoir, ce qui mènera en premier lieu à une perte de confort puisque les usagers auront alors les pieds mouillés. Une autre conséquence d'une mauvaise planéité sera que l'eau stagnante dans la structure du trottoir pourrait s'infiltrer et porter atteinte à la stabilité et à la **durabilité** de celui-ci.

3.1.2 Les principales causes des problèmes de planéité

Les problèmes de planéité d'un revêtement piéton peuvent trouver leurs origines parmi une multitude de causes différentes :

- un revêtement inadapté car bombé ou irrégulier (cf. 3.1.3);
- un agencement irrégulier entre les matériaux constitutifs du revêtement. Ce problème est plus spécifique aux revêtements modulaires;
- une mauvaise transition dans le revêtement (réparations ponctuelles, interventions d'impétrants, changement de revêtement);
- une détérioration du revêtement. Les accès carrossables constituent bien souvent un point faible, tout comme les zones où le stationnement sauvage est possible. Des problèmes liés aux matériaux mêmes, à leur mise en œuvre ou à leur entretien sont également sources de détérioration. Les dégradations principales sont :
 - les fissures (longitudinales, transversales ou **faïençages**),
 - les déformations (ondulations, affaissements parfois encouragés par une évacuation des eaux non efficace),
 - les trous générés par la perte d'éléments;
- des jonctions entre le revêtement et l'équipement urbain (grilles d'arbres, couvercles de regards d'inspection, taques d'impétrants, etc.);
- des joints longitudinaux et transversaux mal réalisés ou mal entretenus (joints évidés, trop larges ou trop étroits, **appareillage** de pose inadéquat). Par exemple, pour les personnes se déplaçant à hauts talons, les joints inadéquats constituent un problème important vu leur surface d'appui réduite;
- la planéité et la préparation des couches de fondation, le lit de pose (dans le cas de pavages) ou les sous-couches bitumineuses (dans le cas d'un revêtement bitumineux);



Revêtement en pierre bleue présentant une bonne planéité



Revêtement détérioré consécutivement à une perte de matériau



Joints trop larges et revêtement bombé

- une épaisseur inégale des différentes couches de revêtement ;
- une **macrotecture** inégale.

Une planéité optimale passe donc par un choix judicieux du matériau ainsi que par une mise en œuvre et un entretien efficaces. Pour remarque, dans certains cas, ces problèmes de planéité pourront conduire à l'apparition d'obstacles physiques (ex. : racines d'arbres) sur le cheminement piéton (cf. 3.4).

3.1.3 La planéité des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations

3.1.3.1 Les revêtements modulaires

La planéité offerte par les revêtements modulaires dépend largement du type de matériau utilisé ainsi que de divers paramètres comme les dimensions des modules, l'**appareillage** utilisé, la largeur des joints, etc. À l'inverse d'autres types de revêtements (ex. : béton), ces matériaux sont sensibles aux racines des arbres qui peuvent modifier la planéité de surface.

Les revêtements en pavés et dalles de béton

La planéité se mesure à l'aide d'une règle de 3 m. Les inégalités supérieures à 5 mm doivent être éliminées. De plus, les différences de hauteur entre pavés adjacents ne peuvent pas dépasser 2 mm.

La planéité offerte par les revêtements en pavés ou en dalles de béton dépend d'un certain nombre de paramètres comme les dimensions des éléments, l'**appareillage**, la présence et le type de chanfrein, ainsi que la largeur des joints. Même si aucune étude spécifique n'a été entreprise, la planéité de ces revêtements est considérée comme **moyenne**, principalement pour l'usager se déplaçant en chaise roulante vu la discontinuité de ce type de revêtement (joints multiples).

Recommandation

Il est recommandé d'éviter la pose des dalles 30x30 cm en béton pour les trottoirs sur lesquels des véhicules doivent circuler, même occasionnellement. C'est ainsi que, lors du réa-

ménagement de trottoirs, les dalles 30 x 30 cm sont de plus en plus souvent remplacées par des pavés de béton de type 20x20 cm ou 22x22 cm, comme c'est d'ailleurs systématiquement le cas sur les voiries régionales en Région de Bruxelles-Capitale.

Les revêtements en pavés et dalles de pierre naturelle

La planéité se mesure à l'aide d'une règle de 3 m. Les inégalités supérieures à 5 mm (pour les dallages) ou 10 mm (pour les pavages) doivent être éliminées.

Tout comme pour les pavés et dalles de béton, la planéité du pavage ou du dallage en pierre naturelle peut être considérée comme **moyenne** (pavés sciés) à **mauvaise** (pavés non sciés) et dépendra de la taille des pavés ou des dalles, de l'**appareillage** utilisé et de la largeur des joints présents.

Recommandation

Afin d'améliorer la planéité des pavages de pierre naturelle, il est conseillé de travailler avec des pavés dont la face supérieure est sciée.

Les revêtements en pavés de terre cuite

La planéité se mesure à l'aide d'une règle de 3 m. Les inégalités supérieures à 5 mm doivent être éliminées.

Les tolérances dimensionnelles autorisées par les systèmes de normalisation (NBN EN 1344) étant supérieures à celles en vigueur pour les pavés et dalles de béton, les joints sont généralement plus larges et plus variables. Néanmoins, la face supérieure d'un pavé en terre cuite étant nettement plus plane que celle d'un pavé en pierre naturelle non scié, la planéité de ces revêtements en pavés de terre cuite peut être considérée comme **moyenne** pour les piétons.

3.1.3.2 Les revêtements en béton

Les revêtements en béton sont coulés en continu. Seuls certains joints seront présents à intervalles réguliers (cf. 2.2.2). Si la machine à **coffrages** glissants a bien été réglée, que la composition du béton est homogène et que l'approvisionnement du béton n'est pas interrompu, on peut obtenir une planéité **excellente**.

Dans certaines situations, le bétonnage par machine à **coffrages** glissants n'est pas possible. Dans ce cas, il peut être envisageable de travailler «manuellement» à l'aide d'une **poutre vibrante** complétée de plusieurs aiguilles vibrantes.

Recommandations

Pour garantir une bonne planéité du revêtement en béton, il est important :

- de disposer de chemins de roulement (pour la machine à **coffrages** glissants) plans, suffisamment portants et dégagés de tout obstacle ;
- de veiller à ce que l'approvisionnement en béton soit continu ;
- de s'assurer que la composition du béton utilisé soit adaptée et homogène ;
- d'implanter correctement les joints de retrait. Scier ceux-ci à temps et suffisamment profondément afin d'éviter toute fissuration erratique du revêtement en béton ;
- de limiter au strict nécessaire la présence de joints de dilatation pour limiter le risque de mise en escalier ;
- d'évaluer la **charge de trafic** prévue dès la conception et de vérifier systématiquement la portance du sol et de la fondation éventuelle. Si celle-ci est insuffisante, prévoir une fondation supplémentaire et/ou une surépaisseur du revêtement en béton.

3.1.3.3 Les revêtements bitumineux

Les revêtements bitumineux en général, et plus spécifiquement le béton bitumineux (si mis en œuvre mécaniquement) ou l'asphalte coulé, peuvent être mis en œuvre comme un revêtement continu de sorte qu'il n'y a ni joints ni inégalités. Ceci assure alors un **uni optimal** et un confort de marche élevé.

Pour une planéité satisfaisante au niveau de la **couche de roulement**, la planéité et la portance du **support** sur lequel est placé le revêtement bitumineux sont importantes. Le **support** est la couche sur laquelle est placé le nouveau revêtement ou la nouvelle couche de revêtement. Chaque couche sert de **support** à la couche suivante. En fonction du projet, il peut donc s'agir de la fondation, d'une surface fraisée (**inlay**) ou de la surface du revêtement existant (**overlay**).

Les enrobés à chaud

Le CCT 2011 ne reprend pas d'exigences en matière de planéité d'un revêtement bitumineux pour un trottoir. On pourrait toutefois se baser sur les exigences de planéité pour une piste cyclable.

La planéité est contrôlée au moyen de la règle de 3 m et doit être inférieure ou égale à (cf. CCT 2011, F.2.3.2.1 et E.4.2.2.3) :

- 7 mm pour la première **sous-couche** en enrobé (posée sur la couche de fondation) ;
- 5 mm pour les autres sous-couches en enrobé et la **couche de roulement**.

Pour les couches de fondation, les exigences suivantes sont d'application :

- 15 mm pour les fondations en empierrement ou les fondations en sable-ciment ;
- 10 mm pour les fondations en **béton maigre**.

La planéité dépend fortement de la préparation du **support** sous-jacent et de la manière dont le béton bitumineux a été mis en œuvre (mécaniquement ou manuellement). La mise en œuvre mécanique est le meilleur moyen de garantir une bonne planéité.

Certains éléments complémentaires sont à mentionner :

- en raison de leur souplesse, ces revêtements sont relativement en mesure de suivre les variations limitées de la surface de pose, limitant par conséquent les problèmes de planéité. Cependant, si les déformations deviennent trop importantes, elles causeront à nouveau des nuisances (confort de marche, formation de flaques, etc.) et des fissurations ;
- le béton bitumineux est sensible aux déformations permanentes (**orniérage** et tôle ondulée). Là où des véhicules sont susceptibles de rouler sur le trottoir (traversées de la route, entrée de parking pour trafic lourd, etc.), il peut apparaître une déformation de la couche de revêtement bitumineux. Dans une structure inadaptée, cela aboutira à une surface inégale, et réduira ainsi considérablement le confort de marche. Dans de

telles zones fortement chargées du trottoir, il faut accorder l'attention nécessaire et il faut adapter la structure du trottoir ainsi que la composition du mélange et l'enregistrement du revêtement bitumineux à la *bouwklasse* à escompter (cf. CCT 2011, F.2.2.5). Il faut cependant prendre en considération qu'un revêtement bitumineux qui peut offrir plus de résistance à l'*orniérage* est plus difficile à placer, et pour obtenir une bonne *durabilité*, il sera préférable de mettre cet enrobé en œuvre de manière mécanique. Dans ce cas, il ne peut y avoir d'obstacles.

Recommandations

Quelques conseils importants existent pour garantir une bonne planéité du revêtement bitumineux :

- planéité et portance du *support* ;
- soin dans le réglage au niveau de la couche à poser ;
- maintien d'une épaisseur aussi constante que possible lors de la mise en œuvre ;
- conduite prudente des camions approvisionnant le *finisseur* : pas de choc brusque contre le *finisseur* et déversement régulier ;
- conduite du *finisseur* à vitesse constante ;
- niveau le plus constant possible des enrobés dans la chambre de répartition ;
- précompactage convenable et uniforme ;
- pas de collage aux pneus ou aux jantes des compacteurs ;
- suppression correcte des *frayées* de compactage ;
- position des roues motrices du compacteur en fonction du sens de la marche ;
- changements de bandes de compactage sur enrobés suffisamment refroidis ;
- réalisation des dernières passes sans vibration lors de l'utilisation des rouleaux vibrants ;
- pas de stationnement d'engins sur des enrobés fraîchement posés ;
- soin dans la réalisation des joints de reprise longitudinaux et transversaux.

L'asphalte coulé

La planéité dépendra fortement de la planéité du *support*. Sur base du CCT 2011, les défauts d'uni du *support* doivent être limités à :

- 6 mm à la règle de 3 m ;
- 3 mm à la règle de 20 cm.

Étant donné que l'asphalte coulé est généralement placé manuellement et toujours sans compactage, l'étalement du mélange est réalisé par l'effet de la gravité (mélange riche en mastic), aidé par l'utilisation – par exemple – de râpeaux.

Recommandations

- On veillera à placer correctement des lattes de part et d'autre de la zone de pose, à l'épaisseur voulue (sorte de coffrage).
- Si la taille de la zone de pose le justifie (grandes largeur et longueur), on pourra faire usage d'une machine de pose, ce qui donne un meilleur résultat en planéité. L'utilisation de la machine est difficile, voire impossible, pour les petites largeurs/longueurs et géométries compliquées.
- Le cas échéant, la surface supérieure de la couche posée pourra être travaillée, encore chaude, par talochage ou nivellement à la spatule avec apport de sable.



Nivellement de l'asphalte coulé à l'aide d'une spatule



Talochage de l'asphalte coulé

Les enduits superficiels

On ne pourra pas éliminer les inégalités d'un trottoir à l'aide d'un enduit superficiel. Un enduit va épouser les inégalités existantes; il remet la surface du trottoir à niveau en ce qui concerne la rugosité et l'imperméabilité.

Recommandations

Si l'on veut appliquer un enduit superficiel sur un **support** existant, et corriger dans le même temps la planéité, il faudra d'abord appliquer une **couche de reprofilage**, avant de recouvrir cette même couche de l'enduit superficiel. La **couche de reprofilage** va surélever le niveau du revêtement, et il faudra donc vérifier si tous les raccords, niveaux d'évacuation d'eau et accès n'en souffriront pas.

Les MBCF

On peut compenser des inégalités limitées (ex.: **orniérage** ou inégalités jusqu'à 2 cm au maximum) en mettant une première couche de MBCF en vue d'égaliser. La deuxième couche de MBCF rendra alors à la surface un aspect esthétique et égal et fournira la rugosité demandée.

On peut facilement travailler autour des obstacles qui se dressent sur le trottoir. Le MBCF sera réparti manuellement autour de cet obstacle.

Recommandation

On peut par exemple recouvrir un pavage existant avec un MBCF bicouche: la première couche (type 0/2) remplira les joints entre les éléments modulaires; la deuxième déterminera la rugosité et l'aspect du nouveau trottoir (par exemple type 0/4 avec une couleur définie). Toutefois, on continuera toujours à voir le schéma du pavage à travers le MBCF.

3.1.3.4 Les revêtements utilisés en zone verte

Béton désactivé

Le béton désactivé ne constitue qu'une variante des revêtements en béton, caractérisée par un traitement de surface spécifique. En fonction des moyens d'exécution utilisés, la planéité de ces revêtements varie de **bonne à excellente**.

Enrobé écologique

L'enrobé écologique ne se distingue des revêtements bitumineux ordinaires que par l'utilisation de liants végétaux naturels au lieu de liants à base de bitume. En suivant les mêmes conseils que pour les enrobés bitumineux ordinaires, on peut aussi obtenir une même planéité **optimale**.

Matériaux non stabilisés ou stabilisés aux liants hydrauliques

La planéité de ces types de revêtements est **faible**. La qualité de roulement qu'ils offrent est d'ailleurs inadaptée aux usagers tels que les patineurs et les personnes à mobilité réduite.

3.2 La stabilité

Un revêtement stable est un revêtement capable de demeurer dans un équilibre permanent, sans ruptures ni tassements, et de résister à des contraintes normales.

3.2.1 L'importance d'un revêtement stable pour le piéton

Tout comme dans le cas de la planéité, un revêtement instable peut déséquilibrer l'utilisateur, voire le faire chuter. Aussi, en période humide, la fondation qui sous-tend le matériau de surface peut dans certaines conditions se remplir d'eau. Si une pression est exercée par



Descellement de plusieurs dalles devenues instables

une personne marchant sur le revêtement, l'eau sera dans certains cas éjectée en surface, aspergeant au passage l'utilisateur. Cet effet est également dommageable à terme pour la structure même du revêtement.

Un revêtement adapté pour les piétons devra donc présenter une stabilité optimale. Certains types de matériaux étant plus sujets à ce manque de stabilité comme les revêtements modulaires, il sera primordial que leur mise en œuvre soit réalisée de manière optimale et qu'un entretien continu soit assuré.

Les accès carrossables constituent bien souvent des zones où un problème récurrent de stabilité, généré par un trafic motorisé, est rencontré. Une attention particulière devra donc être portée dans ces cas précis.

Pour remarque, la notion de trottoir telle que définie dans le code de la route désigne une partie de la voie publique revêtue de matériaux en dur et donc non meubles. En effet, les revêtements meubles offrent une mauvaise stabilité et donc génèrent de l'inconfort, mais également de l'insécurité pour l'utilisateur. Les personnes à mobilité réduite, dont notamment les personnes se déplaçant en chaise roulante, les parents avec poussettes, les livreurs, etc. auront en effet tendance à s'enfoncer dans le revêtement, celui-ci constituant dès lors un frein important à toute progression. Ces matériaux (graviers, dolomie non stabilisée, etc.) sont donc à proscrire sur des trottoirs.



Matériau de revêtement piéton inadapté

3.2.2 La stabilité des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations

3.2.2.1 Les revêtements modulaires

Les revêtements modulaires, correctement dimensionnés et mis en œuvre, offrent une **bonne** stabilité dans le cadre des aménagements strictement piétonniers. Par contre, si les aménagements dimensionnés comme exclusivement piétonniers doivent par la suite également faire face à un trafic automobile, le risque de déformation existera bel et bien.

Il y a donc lieu de dimensionner correctement les revêtements modulaires en fonction des sollicitations attendues. Pour les revêtements modulaires, ce dimensionnement se résume le plus souvent :

- au choix des matériaux à utiliser ;
- à la détermination de l'épaisseur des différentes couches de la structure (fondation, lit de pose, pavés ou dalles) ;
- au choix de l'**appareillage** suivant lequel les éléments seront mis en œuvre.

Les prescriptions relatives à ces différents paramètres sont détaillées par type de revêtement modulaire au 2.1.

Recommandation

De par leurs dimensions horizontales plus importantes, les dalles sont plus sujettes au basculement. On évitera donc la mise en œuvre de dalles dans les zones également soumises à un trafic automobile, même occasionnel (accès riverains par exemple).

3.2.2.2 Les revêtements en béton

Si les revêtements en béton coulé en place sont correctement dimensionnés pour faire face aux charges prévues, ils ne posent pas de problèmes de stabilité. La rigidité et l'épaisseur (fonction des sollicitations attendues) des dalles en béton mises en œuvre sont telles que la stabilité de ces revêtements est **excellente**.

Les mesures suivantes (à prendre lors de la conception et de la construction) permettent de prolonger davantage encore la durée de vie :

- verser le béton frais sur un sol et/ou une fondation de portance et de durabilité suffisantes, pour prévenir l'affaissement des dalles ;
- accorder l'attention et le soin nécessaires au schéma d'implantation des joints, et aux obstacles fixes surtout, pour éviter toute fissuration erratique ;
- réaliser les joints de dilatation nécessaires selon les règles de bonne pratique, surtout à hauteur des obstacles fixes, avant et après les tournants (à faible rayon de courbure), aux carrefours et lorsque la mise en œuvre du béton a lieu à des températures inférieures à 15°C, pour éviter le soulèvement des dalles par temps chaud ;
- mettre en œuvre le béton de manière professionnelle, ce qui implique de veiller à une composition du béton constante et à un compactage correct (également aux bords), de protéger le béton contre la dessiccation pendant les trois premiers jours, de scier à temps des joints de retrait, etc.

Recommandation

L'épaisseur minimale pour les revêtements en béton coulé en place est de 16 cm. En fonction du type de sol en place, et des sollicitations attendues, une fondation et/ou une surépaisseur du revêtement en béton peut (peuvent) éventuellement être nécessaire(s).

3.2.2.3 Les revêtements bitumineux

Les enrobés à chaud

Les revêtements bitumineux, correctement dimensionnés et mis en œuvre, offrent une **bonne**, même **excellente** stabilité dans le cadre des aménagements strictement piétonniers.

Il y a donc lieu de dimensionner correctement les revêtements d'enrobés à chaud en fonction des sollicitations attendues. Ce dimensionnement se résume le plus souvent :

- au choix du type d'enrobé et à son enregistrement en fonction du trafic éventuel attendu ;
- à la détermination de l'épaisseur des différentes couches de la structure (fondation, **couche de liaison** et **couche de roulement** en enrobé) en fonction du trafic attendu.

Pour plus de détails, référez-vous au 2.3.1.2.

Recommandation

En cas de recours à une fondation liée au ciment, il y a un risque de voir apparaître des fissures de retrait dans cette fondation. Celles-ci provoqueront à leur tour une fissuration de la surface de l'enrobé du trottoir. Pour éviter autant que possible ce phénomène, il est conseillé d'opter pour les quantités minimales de ciment indiquées dans le CCT 2011, certainement pour des trottoirs sur lesquels il y a peu, voire pas, de trafic.

L'asphalte coulé

L'asphalte coulé étant un mélange plus riche en mastic que les enrobés bitumineux, **les risques de déformation par température et ensoleillement élevés sont plus importants**. Toutefois, les contraintes sont relativement faibles dans le cas des voies piétonnes.

Recommandation

On veillera à adapter la composition du mélange dans le cas où des zones avec charges poinçonnantes sont prévues (ex. : béquilles de vélos en stationnement, pieds de chaises en terrasse, etc.). Le cas échéant, on pourra également faire usage d'un autre type de revêtement pour ces zones. Quand on a un trottoir pouvant accueillir aussi de lourdes charges (ex. : voies d'accès à des zonings industriels), il est conseillé, comme pour les enrobés à chaud, de choisir un asphalte coulé en fonction de son enregistrement et du trafic attendu, et d'y adapter la structure.



Zone de stationnement pour vélos en dalles de béton et cheminement piéton en asphalte coulé (gare centrale Anvers)

Les enduits superficiels et les MBCF

Ils ne contribuent pas à la stabilité du revêtement bitumineux, qui devra être assurée par le **support existant**.

3.2.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte

Béton désactivé

Le béton désactivé ne constitue qu'une variante des revêtements en béton, mais pour laquelle un traitement de surface spécifique est réalisé; il n'y a donc aucune différence quant à la stabilité de ce type de revêtement par rapport à un revêtement en béton «classique» dont la stabilité est jugée **excellente**.

Enrobés écologiques

L'enrobé écologique ne se distingue des revêtements bitumineux ordinaires que par l'utilisation de liants végétaux naturels au lieu de liants à base de bitume. En suivant les mêmes conseils que pour les enrobés bitumineux ordinaires, on peut aussi obtenir une **bonne** stabilité, voire une **excellente** stabilité.

Étant donné que le liant doit durcir, il faut attendre plusieurs jours après le refroidissement de l'enrobé pour autoriser la réouverture à la circulation.

Matériaux non stabilisés

Les matériaux non stabilisés offrent une **mauvaise stabilité**. Ils requièrent un entretien régulier par rechargement et recompactage, surtout après des périodes de gel/dégel. Les réparations d'ornières ou de sillons sont faciles à réaliser par apport et compactage de matériau neuf.

Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques

La stabilité des matériaux stabilisés aux liants hydrauliques **dépend du dosage en liant**. Selon ce dosage, ces matériaux sont plus ou moins sensibles à l'agressivité du trafic (véhicules d'entretien) et des eaux de ruissellement.

À l'heure actuelle, de nouveaux matériaux apparaissent, qui permettent d'obtenir des stabilisés plus stables et moins sensibles aux aléas

de la météo. Ils ont des qualités esthétiques indéniables (aspect «chemin de campagne») dans les zones où les contraintes environnementales rendent inimaginable l'usage des enrobés ou du béton. À noter que les stabilisés sont également utiles dans des zones – comme les forêts par exemple – où les enrobés vieillissent mal par manque de soleil.

3.3 La rugosité

La rugosité est caractérisée par le **coefficient de frottement** du revêtement et découle de la **texture** (**microtexture** et **macrotexture**) de la surface du revêtement. La rugosité du revêtement influence directement la résistance au glissement vis-à-vis de la semelle de la chaussure, de l'extrémité de la canne d'une personne âgée ou encore du pneu d'une chaise roulante. Pour exprimer cette idée, on parle également de la résistance à la glissance ou tout simplement de l'adhérence du revêtement.

3.3.1 L'importance de la rugosité du revêtement pour le piéton

C'est la rugosité du revêtement et donc son adhérence qui constitue le point de repère sur la base duquel chaque usager adapte sa façon de se déplacer: des revêtements glissants forcent le piéton à ralentir son déplacement, ce dernier se sentant généralement plus instable. À l'inverse, un revêtement présentant une bonne rugosité augmentera l'adhérence, source de sécurité et de confort pour l'usager.



Bouchardage partiel du revêtement en pierre naturelle permettant d'obtenir une bonne rugosité de celui-ci

Cette rugosité devra également être considérée de manière plus spécifique dans certains cas comme par exemple les marches d'escaliers.

Le concepteur de l'aménagement piéton veillera à utiliser des revêtements qui offrent une rugosité optimale pour le piéton dans tous les cas, et surtout par temps humide ou par formation de verglas (donc revêtement glissant) (évaluée par type de revêtement sous 3.3.2).

Une attention particulière devra être portée à l'usure de certains matériaux, tant en trottoir que par exemple à hauteur des nez de marches d'escaliers. En effet, après un usage intensif, certains matériaux ont tendance à s'user et à se polir, réduisant par conséquent leur rugosité et donc leurs performances en matière d'adhérence pour le piéton. Le concepteur veillera donc également à s'assurer qu'un bon niveau de rugosité est maintenu tout au long de la durée de vie du revêtement. Les matériaux utilisés doivent donc présenter une résistance suffisante à l'usure.

Cette caractéristique permet de mesurer la résistance d'une pierre à l'usure provoquée, par exemple, par une circulation piétonne. Les méthodes d'essai normalisées à cet effet en Europe sont très différentes d'un pays à l'autre et la conversion des résultats de l'une vers l'autre n'est pas toujours aisée.

En Belgique, l'essai d'usure est réalisé conformément à la norme NBN B 15-223 (méthode Amsler). Une éprouvette à laquelle on imprime un mouvement de rotation est soumise au frottement d'une table en fonte spéciale sablée. La résistance est exprimée en mm/1 000 m de parcours de table.

Pour des revêtements de sol à usage collectif intense (tels que les revêtements de sol en espace public extérieur), la résistance à l'usure devrait idéalement être inférieure ou égale à 4 mm/1 000 m.

Les résultats peuvent également être exprimés à partir des résultats de l'essai Capon (NBN

EN 1341). Dans ce cas, il s'agit de la longueur de l'empreinte effectuée, qui doit être égale ou inférieure aux valeurs indiquées ci-après en fonction de l'usage considéré :

- usage collectif intense: ≤ 26 mm;
- usage collectif modéré: ≤ 32 mm.

Résistance à l'usure de pierres couramment utilisées en aménagement de zones piétonnières :

- petit granit: 3,16 mm/1 000 m;
- pierre de Tournai: 3,32 mm/1 000 m;
- marbre rouge: 3,2 mm/1 000 m.

L'une des solutions pour limiter ces risques d'usure est de dimensionner au préalable l'infrastructure piétonne en fonction des flux existants ou programmés. En effet, pour un même flux piéton, une surface agrandie permettra une meilleure répartition des flux, limitant par conséquent des flux intenses à des endroits ponctuels. Le CERTU en France avance des chiffres relativement généraux permettant d'évaluer le débit d'un trottoir en fonction de la largeur de cheminement disponible. Par exemple, un cheminement de 2 m dépourvu de tout obstacle peut accueillir un débit piéton de :

- 2 000 piétons/heure le long d'immeubles avec commerces (motifs de déplacement: achats, promenades, flânerie, etc.);
- 3 000 piétons/heure dans les autres cas (motifs de déplacement: domicile-travail, etc.).

L'écoulement de débits supérieurs nécessite d'augmenter encore la largeur de cheminement. Le *Highway Capacity Manual* édité par le TRB propose une formule permettant de calculer la largeur du cheminement à prévoir selon un flux déterminé :

$$L = D/d \times v$$

- L: largeur du cheminement (en m);
 D: débit de piétons (en piétons/seconde);
 d: densité de piétons (en piétons/m²). Elle définit en fait la qualité de service souhaitée;
 v: vitesse moyenne de cheminement des piétons (en m/s). En moyenne, celle-ci est évaluée à 1 m/s.

Tableau 5 – Qualité du service en fonction de la densité des piétons

Densité de piétons (piétons/m²)	Qualité de service
< 0,3	<i>Circulation libre</i>
0,3 à 0,4	<i>Circulation moyenne: dépassements possibles</i>
0,4 à 0,7	<i>Circulation moyenne: conflits avec la circulation adverse</i>
0,7 à 1	<i>Circulation dense: écoulement perturbé</i>
1 à 2	<i>Circulation très dense: nombreux conflits</i>

Afin de garantir un déplacement confortable, on prendra en général une densité de 0,3 piéton/m².

3.3.2 La rugosité des différents matériaux de revêtements piétons: évaluations et recommandations

3.3.2.1 Les revêtements modulaires

Les revêtements en pavés et dalles de béton

Dans le cas des revêtements en pavés de béton, drainants et non drainants, et des dalles de béton, la rugosité de la surface dépend du traitement superficiel choisi. Les pavés et les dalles de béton présentent généralement une **bonne** rugosité de surface.

Les revêtements en pavés et dalles de pierre naturelle

Les pavés et les dalles de pierre naturelle peuvent, comparativement à d'autres types de revêtements routiers, être considérés comme **plus glissants**.

La rugosité de la surface du revêtement **dépend de la face supérieure** (irrégulière ou sciée pour les pavés, lisse, bouchardée, striée ou autre pour les dalles), de **la nature de la roche** (porphyre, grès, granite, etc.), **ainsi que du nombre**

et de la largeur des joints. Des dalles ou des pavés sciés et des joints étroits amélioreront le confort mais rendront l'aménagement plus glissant.

Les revêtements en pavés de terre cuite

Les pavés de terre cuite présentent généralement une **bonne** rugosité.

3.3.2.2 Les revêtements en béton

Dans le cas des revêtements en béton, la rugosité de la surface **dépend du traitement superficiel** choisi. Les techniques de traitement de surface recommandées sont celles qui ont été définies au 2.2.3. Celles-ci permettent d'obtenir soit un béton brossé, soit un béton désactivé ou un béton imprimé.

La circulation automobile peut être considérée comme étant occasionnelle sur les aménagements piétons, ce qui fait que la rugosité ne diminue pas sous l'effet du trafic. C'est pourquoi il n'y a pas d'exigence particulière pour le **coefficient de polissage** des **granulats**.

3.3.2.3 Les revêtements bitumineux

Les revêtements bitumineux doivent répondre de manière générale à certaines valeurs de rugosité imposées (cf. CCT 2011):

- **coefficient de frottement transversal (CFT)**: pas moins de 0,48;
- **coefficient de frottement longitudinal (CFL)**: plus de 0,55.

L'application d'un traitement superficiel (gravillonnage de l'enrobé à chaud ou de l'asphalte coulé) est certainement recommandée aux endroits où l'on aura une inclinaison de 5% ou plus, pour réaliser une rugosité aussi élevée que possible quelles que soient les conditions climatiques.

Les enrobés à chaud

Normalement, l'enrobé à chaud satisfera aux exigences requises. Pour l'application sur un trottoir, on obtiendra normalement une rugosité **satisfaisante** et **bonne** pour les piétons.

Le confort des piétons est le critère principal qui guide le choix de la **couche de roulement**. Ensuite, l'esthétique joue aussi un rôle. Parmi les matériaux bitumineux, la préférence va à des revêtements avec peu de **macrotecture** (par exemple des mélanges avec un squelette sableux et une faible granulométrie comme un AC-6,3Surf4-x ou un AC-6,3Surf5-x), s'ils peuvent être appliqués mécaniquement.

L'asphalte coulé

L'asphalte coulé possède une rugosité **suffisante** pour être appliqué sur des trottoirs. Toutefois, il se peut qu'on mesure une rugosité réduite sur de l'asphalte coulé posé récemment.

Pour éviter que la surface en asphalte coulé ne devienne trop glissante juste après la pose ou par exemple quand il pleut, on peut agir aux niveaux suivants:

- en augmentant la rugosité naturelle de l'asphalte coulé, en changeant la formulation (ex.: calibre des **granulats**);
- en réalisant un traitement de surface: gravillonnage de la surface encore chaude et incrustation des **granulats** (brossage) dans le matériau encore chaud. Les **granulats** excédentaires sont balayés et aspirés après le refroidissement de l'asphalte coulé. Pour l'asphalte coulé coloré, on choisira les **granulats** en fonction de la couleur à obtenir.

Les enduits superficiels

La rugosité d'un enduit superficiel sera **élevée** du fait de la forte **macrotecture** de la mosaïque de gravillons. Du point de vue de la sécurité et du confort pour les piétons, les enduits superficiels conviennent donc moins bien (danger de blessures en cas de chute). Si l'on opte tout de même pour un enduit superficiel, on appliquera de préférence un calibre moins élevé (2/4 ou 4/6,3) pour la couche supérieure.

Pour la revalorisation de trottoirs existants, où l'on constaterait une rugosité limitée, il est possible d'augmenter la rugosité en appliquant un traitement de surface bitumineux (enduit). Le degré de rugosité augmentera avec le calibre des **granulats** choisis.

La **macrotecture** (et donc la rugosité plus forte) entraînera une résistance au roulement accrue pour les personnes en chaise roulante. Ce traitement de surface n'est donc pas approprié pour les trottoirs susceptibles d'être fréquemment empruntés par des personnes en chaise roulante.

Les MBCF

Les MBCF ont une rugosité **moyenne à forte**. Le degré de rugosité augmentera à mesure que le calibre des **granulats** choisis augmentera. Ils sont surtout appliqués pour rétablir la rugosité de trottoirs existants. Comparativement aux enduits superficiels, leur **macrotecture** est plus petite. Aussi, ils conviennent mieux aux trottoirs pour la sécurité et le confort qu'ils apportent aux piétons. On opte la plupart du temps pour un MBCF de calibre 0/2 ou 0/4. Quand le trottoir traverse la chaussée, il faut adapter le calibre de manière à obtenir une rugosité suffisante pour le trafic routier et à garantir la **durabilité**.

Quand on a des trottoirs traversés par des accès à des parkings et zonings industriels, il est déconseillé d'appliquer un traitement superficiel, vu que de telles zones sont davantage soumises aux efforts tangentiels exercés par le trafic routier, ce qui diminuera la **durabilité**. À de tels endroits, il est recommandé de rétablir ou de réaliser la rugosité à l'aide d'un béton bitumineux ou d'un asphalte coulé gravillonné.

3.3.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte

Béton désactivé

Le béton désactivé se caractérise par la mise en valeur en surface des **granulats**, ce qui lui confère une **très bonne** rugosité.

Enrobés écologiques

Les enrobés écologiques ne se distinguent des enrobés bitumineux ordinaires que par l'utilisation de liants végétaux naturels au lieu de liants à base de bitume. Si on leur applique les mêmes conseils que pour les enrobés bitumineux ordinaires, ils permettent d'obtenir une rugosité tout aussi **bonne**.

Matériaux non stabilisés

Les matériaux non stabilisés, lorsqu'ils sont correctement entretenus (sablage et recompactage), présentent de **bonnes** caractéristiques de rugosité. Cet entretien est particulièrement important lorsque le revêtement est soumis à des cycles de gel/dégel. Dans ce cas précis, en l'absence d'un entretien correct, la dégradation de la qualité de l'adhérence qui s'ensuit peut s'avérer dangereuse lorsqu'elle est combinée à la présence de pentes importantes.

Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques

Une légère dégradation du matériau en surface peut provoquer des **risques de dérapage**.

3.4 L'absence d'obstacles

Dans le présent cahier, un *obstacle* est défini comme tout élément physique pouvant entraver la circulation des piétons et ayant un lien direct avec le revêtement. Par conséquent, les étais, les terrasses, les panneaux de signalisation, etc. constituant des obstacles potentiels pour le piéton ne sont pas analysés ci-dessous. Le concepteur sera néanmoins attentif à en tenir compte lors de tout aménagement piéton.

3.4.1 L'absence de tout obstacle comme critère important pour le piéton

Même si un revêtement a été conçu et réalisé de manière optimale, offrant ainsi une sécurité et un confort attendus par le piéton, certains éléments ponctuels peuvent venir ruiner les efforts réalisés au préalable. Les cheminements piétons comportent en effet une multitude de petits et gros obstacles en lien avec le revêtement et qui peuvent s'avérer gênants, voire dangereux pour le piéton.

Les obstacles les plus couramment rencontrés au niveau des revêtements piétons sont les suivants :

- les jonctions entre le cheminement piéton et la chaussée : cas spécifique des traversées piétonnes ;
- les transitions dans le revêtement ;
- les filets d'eau longitudinaux ou transversaux ;
- les grilles et couvercles métalliques divers ;
- les zones de protection au pied des arbres ;
- les racines d'arbres.

Il est donc primordial de garder une vision globale lors de la conception d'un revêtement piéton en prenant en compte ou en essayant d'anticiper tous ces aspects.

3.4.2 Recommandations générales par type d'obstacle rencontré

3.4.2.1 Les jonctions entre le cheminement piéton et la chaussée : cas des traversées piétonnes

La notion d'accessibilité de l'espace public passe notamment par une accessibilité optimale des traversées piétonnes par tous les usagers. Pour garantir cette pleine accessibilité, les trois éléments suivants importants doivent être pris en compte au niveau du revêtement.

- **La jonction entre le cheminement piéton et le filet d'eau.** Cette jonction est généralement réalisée à l'aide d'une bordure chanfreinée à 45°. Même si le RRU recommande une bordure chanfreinée ou arrondie de maximum



Photo: Bruxelles-Mobilité



La chaise roulante ne peut pas franchir en marche avant une différence de niveau de plus de 2 cm, même chanfreinés, à cause notamment du petit diamètre de la roue avant

2 cm de haut entre le fond du filet d'eau et le trottoir, le concepteur veillera à réduire au maximum cette hauteur, l'idéal étant la «bordure niveau zéro» (enterrée). En effet, plus la hauteur est réduite, plus la jonction sera facilement accessible.

Pour réduire ces différences de niveau, un abaissement progressif de la voie de circulation piétonne sera réalisé, selon le RRU et comme illustré aux figures 5 et 6, au moyen soit d'une rampe accessible aux PMR, soit d'un plan incliné également accessible aux PMR.

Figure 5 – Les différents profils de rampe accessibles aux PMR tels que prescrits dans le RRU

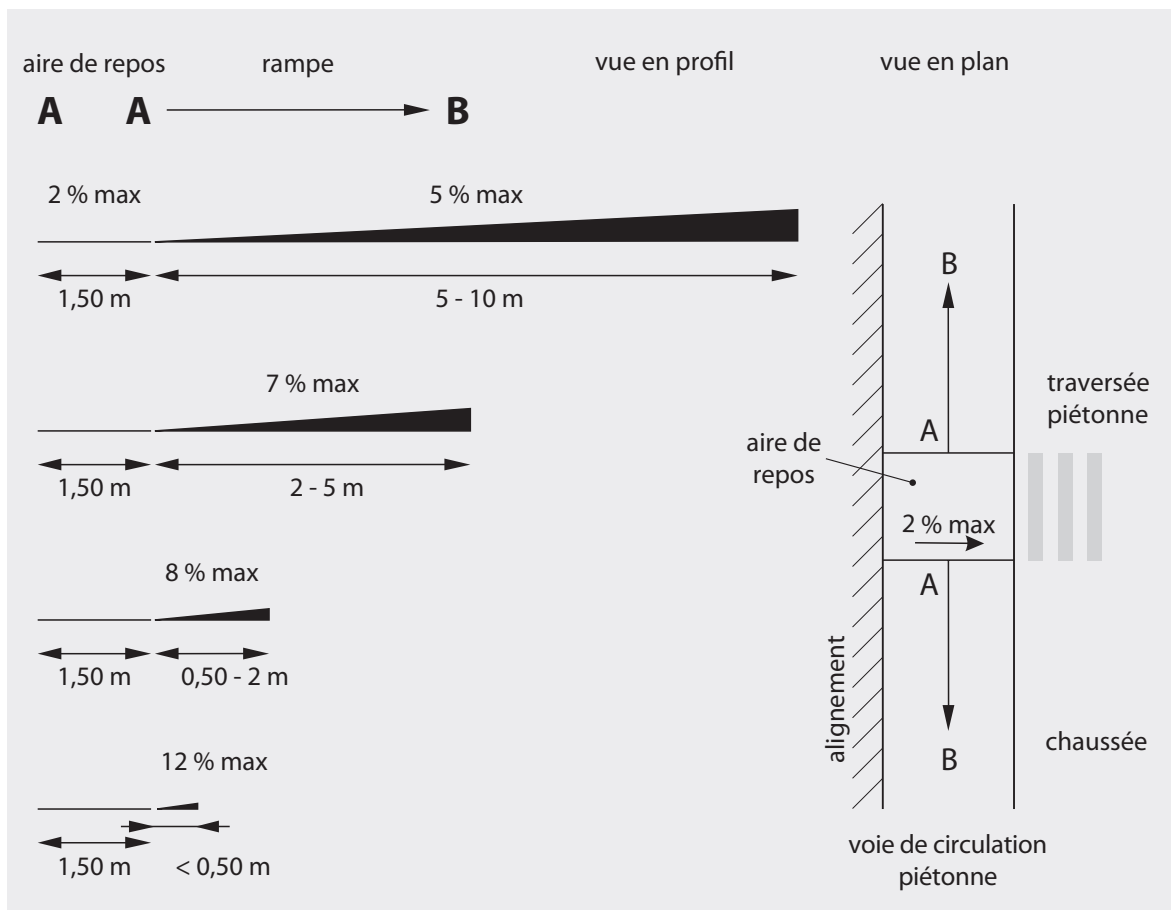
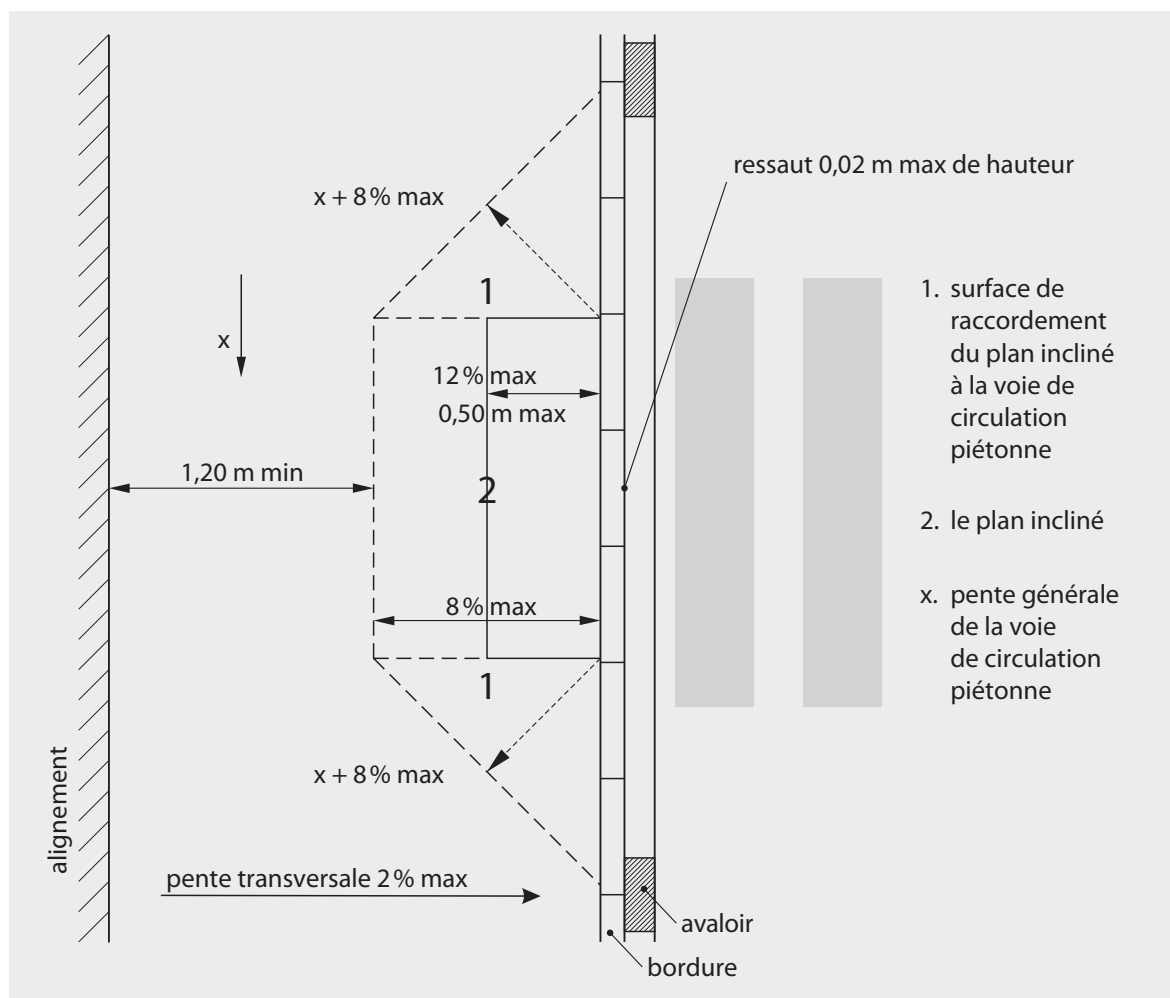


Figure 6 – Esquisse d'un plan incliné accessible aux PMR tel que décrit dans le RRU



- Le filet d'eau.** À hauteur des traversées piétonnes, les filets d'eau doivent être les plus plats possibles pour éviter notamment tout blocage des chaises roulantes à cet endroit. En effet, dans le cas des filets d'eau préfabriqués en béton à profil transversal concave (type demi-lune), plus le profil est concave, plus le risque de voir se bloquer la chaise est important (cale-pieds déposés sur la voirie tandis que les roues avant sont positionnées dans le creux du filet d'eau).

Les seuls filets d'eau acceptables face aux traversées piétonnes sont les filets d'eau « à niveau » en alignement de pavés ou en béton plan préfabriqué (bande de **contrebutage** plate) ou encore coulés sur place. Le placement d'un avaloir étant interdit au droit des traversées piétonnes comme indiqué par le

RRU, l'idéal est de disposer les avaloirs de manière à ce qu'aucune profondeur ne soit nécessaire au niveau de la traversée (départ d'une zone de captage). Concrètement, à hauteur d'un passage pour piétons, l'avaloir sera placé en amont des écoulements (point haut). Au besoin, on utilisera un plus grand nombre d'avaloirs.

- Le raccord du filet d'eau à la voirie.** Tout comme dans le cas de la jonction cheminement piéton - filet d'eau, le RRU recommande pour le raccord du filet d'eau à la chaussée une différence de niveau de maximum 2 cm entre le fond du filet d'eau et la chaussée. Il est conseillé de réduire au maximum cette différence de niveau, toujours dans un souci d'accessibilité.



Jonction chaussée-cheminement piéton accessible

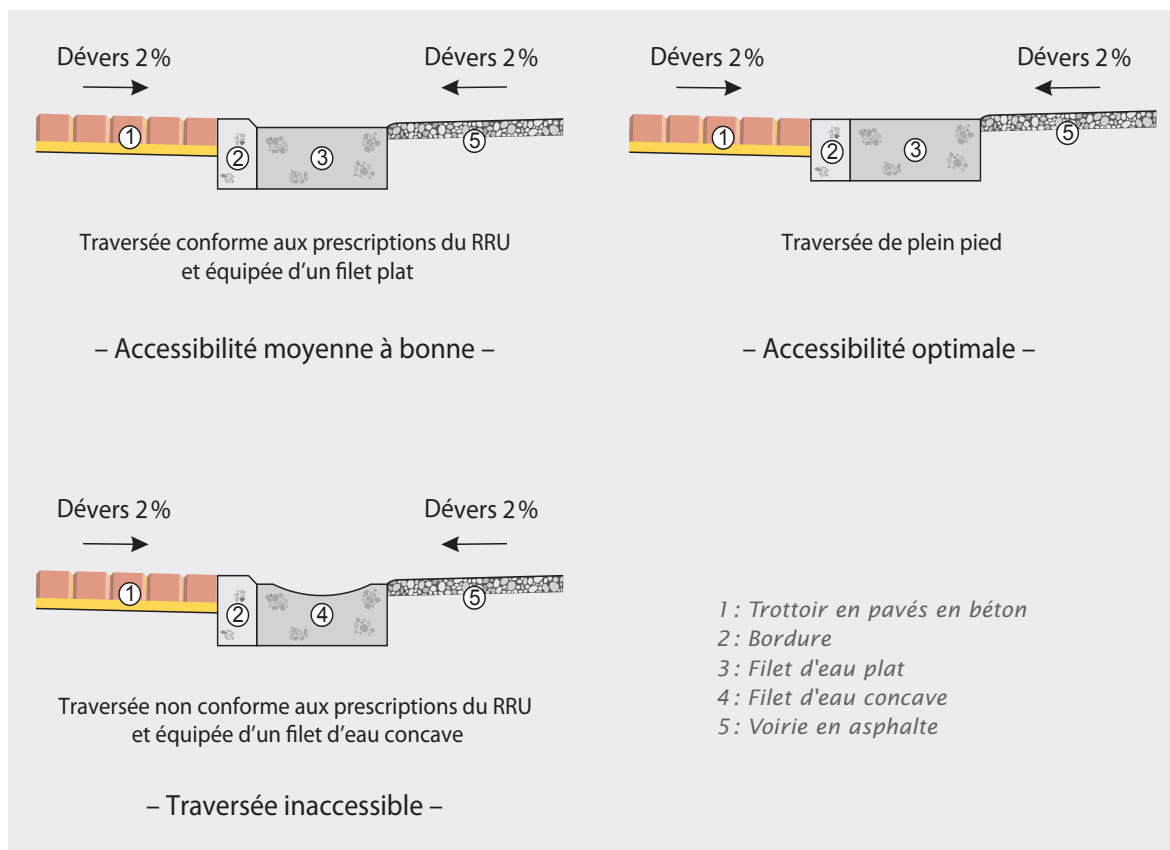
Toute traversée piétonne présentant une combinaison des trois éléments précisés ci-dessus, à savoir le cheminement piéton, le filet d'eau



Jonction chaussée-cheminement piéton inaccessible (pentes non conformes et avaloir présent dans la traversée)

et la voirie, son accessibilité sera étroitement liée aux jonctions entre ces éléments comme illustré ci-dessous (figure 7).

Figure 7 – Coupes transversales de différentes traversées piétonnes présentant un niveau d'accessibilité variable



3.4.2.2 Les transitions dans le revêtement

Les transitions entre différents revêtements doivent se faire sans différence de niveau observable (≤ 5 mm). Ces transitions peuvent apparaître à de multiples reprises :

- **dans des espaces piétons divers** (place de village, voie piétonne, trottoir, etc.) notamment pour des aspects esthétiques (alternance de matériaux);
- **en trottoir à hauteur par exemple des entrées carrossables.** Selon le RRU, le revêtement du trottoir est continu au droit d'une entrée carrossable. En cas de surcharge prévisible, si celle-ci l'impose, le revêtement peut être modifié pour autant qu'il n'y ait pas de changement de couleur.

Aussi, pour garantir un bon niveau de confort de la marche, il est conseillé de maintenir le niveau général du trottoir à hauteur de ces entrées carrossables tout en autorisant un aménagement permettant un accès aux véhicules automobiles (bordure biseautée ou abaissement du trottoir sur une distance maximale de 50 cm à partir de la face verticale de la bordure et à condition que la largeur minimale du cheminement soit de 1,2 m entre l'abaissement et l'alignement);

- **à hauteur des trottoirs traversants.** Dans le cas spécifique des trottoirs traversants, comme dans le cas des entrées carrossables, il est conseillé de maintenir la même coloration du revêtement que pour le trottoir existant.



Alternance de revêtements modulaires et bitumineux à la rue Neuve à Bruxelles

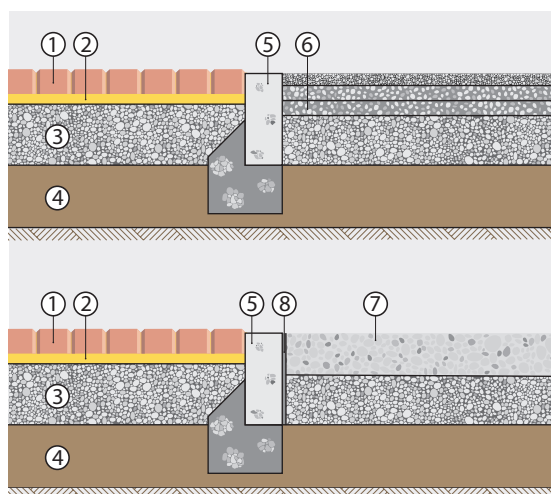


Trottoir traversant conforme (niveau constant et même coloration)

En revanche, aucune inflexion du trottoir n'est autorisée dans ce cas, le niveau du trottoir devant rester identique.

Concrètement, ces différentes transitions dans le revêtement (revêtements bitumineux, revêtements en béton, revêtements modulaires, etc.) doivent être traitées par **contrebutage** si l'un des revêtements est modulaire. En effet, il est toujours nécessaire de poser un **contrebutage** afin d'éviter que le pavage ne bouge en raison d'une éventuelle déformation du revêtement adjacent comme illustré ci-dessous (figure 8).

Figure 8 – Coupes longitudinales d'une transition entre différents types de revêtements



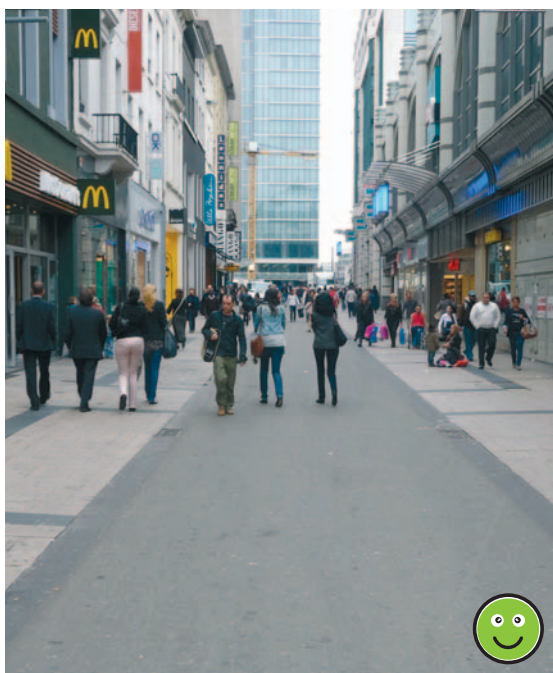
- 1 : Pavés
- 2 : Couche de pose
- 3 : Fondation
- 4 : Sous-fondation
- 5 : Bordure
- 6 : Couches bitumineuses existantes
- 7 : Revêtement en béton existant
- 8 : Joint de dilatation

3.4.2.3 Les filets d'eau longitudinaux ou transversaux

Les filets d'eau placés en section courante dans des aménagements piétons peuvent constituer un obstacle au bon cheminement de l'utilisateur.

Dans le cas où un filet d'eau doit être placé **longitudinalement** par rapport au sens de cheminement, cas de figure généralement rencontré en zone piétonne, un filet faiblement incurvé, voire plat, sera privilégié. Les filets d'eau en V ou les filets d'eau préfabriqués en béton à profil transversal concave de faible profondeur sont les types les plus acceptables pour les piétons. Pour remarque, il est important de noter que ces filets d'eau longitudinaux peuvent servir de ligne guide naturelle pour les personnes déficientes visuelles, leur utilisation n'est donc pas à abolir dans tous les cas.

Principalement en milieu urbain, certaines descentes de gouttières débouchent sur le trottoir au pied des façades d'habitation et les eaux collectées sont transférées vers la voirie par l'intermédiaire d'un filet d'eau placé **transversalement** au cheminement piéton. Ces filets d'eaux transversaux, parfois nombreux,



Double filet d'eau longitudinal adapté (filet d'eau plat) à la rue Neuve à Bruxelles

peuvent être dans certains cas particulièrement inconfortables pour les utilisateurs (filet d'eau ouvert en période de pluie, filet étroit avec concavité importante, etc.). Dans ce cas spécifique, les filets d'eau fermés seront privilégiés, ceux-ci permettant de maintenir une surface du revêtement piéton plane et continue, tout en évitant tout écoulement important d'eau en surface.



Évacuation d'eau inadaptée



Filet d'eau adapté

3.4.2.4 Les grilles et couvercles métalliques divers

Les grilles d'évacuation des eaux ou d'aération, les grilles d'arbres, les couvercles de regards d'inspection, les plaques métalliques disposées devant les soupiraux, etc. constituent des obstacles potentiels pour le piéton. En tout état de cause, il faut s'efforcer, lors de travaux de

réfection ou de construction, de les positionner en dehors de la zone circulée par les piétons.

Si cela s'avère impossible, le concepteur veillera à respecter les principes suivants :

- choisir des grilles avec des ouvertures suffisamment étroites et des couvercles de regards d'inspection plats ;
- prescrire de poser ces éléments au même niveau que la **couche de roulement** et les grilles avec les rainures perpendiculaires à l'axe de la chaussée de façon à ce que les roues d'une chaise roulante, d'une poussette, d'un roller, etc. ne s'y coincent pas ;



Grilles et couvercles disposés le plus possible hors de la zone circulée



Grille d'aération dégradée constituant un obstacle pour l'utilisateur

- veiller à une finition soignée, notamment du joint entre le pourtour de l'élément et le revêtement pour assurer une transition plane et éviter les affaissements dus à des infiltrations d'eau ;
- veiller au bon état de ces équipements dans le temps.

3.4.2.5 Les zones de protection au pied des arbres

Au pied des arbres plantés dans des aménagements piétons, il est important de prévoir une zone perméable protégée du piétinement. Celle-ci doit s'étendre sur une surface de minimum 2,25 m² et le système de protection au piétinement doit être placé au même niveau que la voie de circulation piétonne, lorsque l'intensité de la circulation piétonne (cf. 3.3.1) le justifie (extrait du RRU, titre VII, article 18) ou lorsque le cheminement piéton présente une largeur inférieure à 1,5 m⁽³⁾.

Les systèmes de protection perméables accessibles aux piétons sont entre autres les suivants :

- grilles métalliques (cf. 3.4.2.4) ;
- résines ;
- treillis étanches.



Zone de protection délimitée par des bordures surélevées constituant un obstacle pour l'utilisateur

(3) Même si le RRU impose une largeur minimale de libre passage de 1,5 m, la Région de Bruxelles-Capitale préconise sur voirie régionale une largeur minimale de libre passage de 2 m.

Pour éviter la création d'obstacles inopportuns, ces systèmes doivent donc impérativement être placés au même niveau que le revêtement piéton existant.

3.4.2.6 Les racines d'arbres

L'épaisseur généralement faible des espaces piétonniers les rend plus sensibles aux racines d'arbres. La condensation qui se forme à la face inférieure du revêtement attire les racines avec pour conséquence qu'à terme le revêtement se soulève et que des défauts d'uni et des fissures apparaissent, réduisant la sécurité et le confort des piétons. Il y a dès lors lieu d'étudier avec soin et dans tous les cas l'environnement végétal présent ou à mettre en place, afin d'éviter des détériorations importantes du revêtement à moyen terme.

Les espèces qui provoquent le plus de dégâts par l'intermédiaire de leur système racinaire (espèces à racines traçantes) sont dans la pratique les peupliers, les saules, les bouleaux,



Trottoir dégradé par un système racinaire aérien

les acacias, les robiniers, les cerisiers du Japon, etc. En revanche, les espèces à enracinement profond tels que les tilleuls, les frênes, les noisetiers, les érables, etc. posent moins de problèmes.

Les mesures permettant de limiter au maximum les risques de dégradation du revêtement par un système racinaire sont les suivantes :

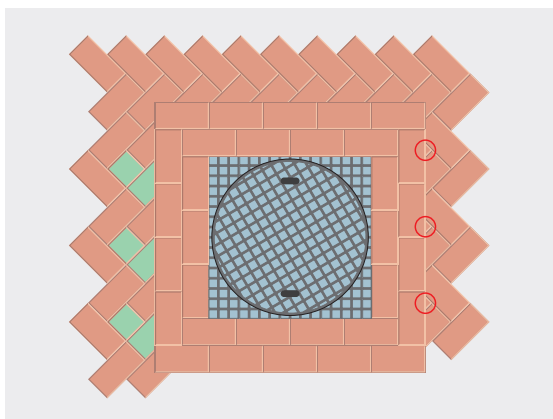
- Quand les arbres ne sont pas encore installés, il faut s'assurer lors du choix de l'essence que celle-ci est compatible avec un revêtement piéton. Pour connaître la compatibilité des essences avec les revêtements piétons, le lecteur est invité à consulter les multiples ouvrages consacrés aux arbres et à leur développement. Parmi ceux-ci, l'ouvrage intitulé *Van den Berk et les Arbres*⁽⁴⁾ renseigne, par type d'essence considérée, si celle-ci supporte le revêtement et le pavage. Cela permet notamment de pouvoir rapidement déterminer si l'essence prévue est compatible avec un cheminement piéton qui serait installé à proximité immédiate.
- Quand les arbres sont déjà existants, il convient de choisir une structure du revêtement qui soit la plus adaptée possible :
 - éviter les matériaux qui donnent de la condensation à leur face inférieure (par exemple, les enrobés denses ou les pavages non perméables). Le béton de ciment est moins sujet à la pression des racines ;
 - si l'on utilise un revêtement fermé, alors de préférence sur une fondation en empierement (d'environ 25 cm d'épaisseur) de **granularité** grossière et drainante. L'aspect drainant et «vide» de la fondation empêche la croissance des racines sous l'asphalte ;
 - compenser si nécessaire la légère perte de portance par une augmentation de l'épaisseur (si véhicules d'entretien, de déneigement) ;
 - placer une géogrille ou un **géotextile** sous la fondation pour répartir les pressions ;
 - utiliser sous la fondation du sable contenant jusqu'à 5% de matières organiques pour favoriser la croissance des racines à cet endroit-là ;
 - ne pas utiliser de sable entre la fondation et l'asphalte.

(4) Voir <http://www.vdberk.fr>

3.4.3 Les matériaux de revêtements piétons et les obstacles : évaluations et recommandations

3.4.3.1 Les revêtements modulaires

Les revêtements modulaires sont **sensibles aux racines**. Ce problème peut toutefois être contré en choisissant une fondation adéquate, en rehaussant le niveau du trottoir ou en choisissant des essences d'arbres à l'enracinement profond.



Finitions autour d'éléments ponctuels

En milieu urbain, de nombreux éléments ponctuels sont inévitablement présents dans les revêtements : trapillons, taques, grilles, etc. Une attention particulière doit être consacrée :

- à la mise en œuvre et au compactage suffisant des matériaux de fondation et de couche de pose autour de ces obstacles ;
- aux travaux de découpe des pavés ou dalles autour de ces obstacles (tout élément dont la taille après découpe est inférieure à la moitié d'un élément entier doit être écarté) ;
- au remplissage correct des joints autour de ces points singuliers ;
- à la bonne vibration des pavages autour de ces points singuliers.

3.4.3.2 Les revêtements en béton

Les revêtements en béton coulé en place sont **insensibles aux racines**.

Lors de l'incorporation d'éléments ponctuels (trapillons, taques, grilles, etc.) dans les revêtements en béton, une attention particulière doit être consacrée à la maîtrise de la fissuration. Le calepinage des joints de retrait doit être adapté de manière à éviter toute fissuration par retrait empêché. En outre, à certains endroits singuliers (obstacles fixes, dalles de forme particulière, présence d'angles aigus, etc.), il peut être nécessaire d'armer localement le béton de manière à éviter l'apparition de fissures erratiques.

3.4.3.3 Les revêtements bitumineux

Les enrobés à chaud

Les enrobés à chaud sont **plus sensibles** aux déformations dues à la poussée des racines d'arbres. On peut y remédier en mettant en œuvre une fondation adaptée, en surélevant le niveau du trottoir ou en plantant des espèces à enracinement profond.

Les voiries en milieu urbain sont souvent dotées de divers dispositifs comme par exemple des taques d'égout. Ces obstacles potentiels sont positionnés si possible en dehors du tracé du revêtement. Si cela n'est pas possible, il est préférable de placer ces éléments après la pose et le compactage mécanique du revêtement,

dans un espace dégagé par sciage. Le compactage à la machine garantit une meilleure qualité du revêtement bitumineux qu'un placement manuel (meilleur compactage et pourcentage de vides inférieur, ce qui augmentera la **durabilité**). Aussi, il est important d'avoir un aperçu de la quantité de taques d'égouts et d'obstacles que l'on rencontrera sur le trottoir avant d'opter pour un revêtement bitumineux. Quand on a des zones avec plusieurs couvercles de regards d'inspection qui se suivent d'assez près (de 0,5 m à 2 ou 3 m), il est plutôt déconseillé d'utiliser de l'enrobé à chaud dans cette zone. Il faudra alors trop de travail manuel autour de ces couvercles lors de la pose, avec pour conséquence que la **couche de roulement** en enrobé sera peut-être trop ouverte et trop sensible à l'eau. Dans ce cas, la **durabilité** du revêtement sera mauvaise. Ici, il est préférable d'opter pour un revêtement en asphalté coulé ou pour un revêtement modulaire.



Revêtement piéton en enrobé à chaud en bordure de végétation

L'asphalté coulé

L'utilisation d'asphalté coulé constitue une alternative à la mise en œuvre manuelle d'enrobé à chaud. Étant donné que l'asphalté coulé ne nécessite aucun compactage, et qu'il est généralement placé manuellement, ce type de revêtement **se prête donc particulièrement bien** aux géométries compliquées. En revanche, tout comme dans le cas des enrobés à chaud, l'asphalté coulé est **sensible aux racines**.

Les enduits superficiels et les MBCF

Le traitement superficiel à l'aide d'un enduit ou d'un MBCF peut s'appliquer sans trop de difficultés dans des zones où il y a déjà des couvercles de regards d'inspection ou d'autres obstacles dans le trottoir. Quand on décide de recouvrir ces couvercles avec le traitement de surface, il faut alors recouvrir les bords des couvercles avec du papier kraft ou du sable par exemple. Le bitume de l'enduit superficiel ou la **couche d'accrochage** du MBCF n'adhérera alors pas à cet endroit et pourra être enlevé après les travaux. On obtient alors un aspect bien égal du trottoir. Si l'on veut que les couvercles restent visibles, il faudra recouvrir totalement ces couvercles de papier kraft avant le traitement.



Protection du couvercle d'un équipement d'utilité publique avant traitement superficiel

3.4.3.4 Les revêtements utilisés en zone verte

Béton désactivé

Le béton désactivé ne constituant qu'une variante des revêtements en béton pour laquelle un traitement de surface spécifique est réalisé, ce type de revêtement est **insensible aux racines**. Les prescriptions mentionnées au 3.4.3.2 restent d'application.

Enrobés écologiques

Les enrobés écologiques ne se distinguent des enrobés classiques que par l'utilisation de liants végétaux naturels au lieu de liants à base de bitume. Pour les obstacles, les mêmes recommandations que pour les mélanges classiques sont d'application.

Matériaux non stabilisés

Les matériaux non stabilisés ne sont pas suffisamment rigides pour offrir une résistance à la pression exercée par les racines des arbres et sont donc des revêtements **très sensibles** à ce genre de problème.

Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques

Les matériaux stabilisés aux liants hydrauliques sont des matériaux dont la rigidité **dépend du pourcentage de liant**. Leur sensibilité à l'action de la pression des racines des arbres est donc différente d'un matériau à l'autre. Lorsque leur rigidité est importante, ils sont insensibles aux racines d'arbres.

3.5 L'évacuation des eaux

3.5.1 L'importance d'une bonne évacuation des eaux

Un revêtement confortable, attractif et sécurisant pour les piétons passe inévitablement par l'absence de toute accumulation d'eau en surface. Le drainage, la collecte et l'évacuation des eaux sont donc des éléments essentiels pour assurer la sécurité et le confort du piéton ainsi



Évacuation des eaux de surface déficiente

que la bonne tenue dans le temps de l'aménagement (cf. également critère de **durabilité** au 4.1). En effet, outre le fait que les chaussures, chaussettes et/ou bas du pantalon deviennent sales et mouillés, l'eau influe également sur les revêtements à de multiples niveaux :

- **glissance** : qu'elle s'écoule ou stagne, l'eau qui s'accumule entre la semelle et le revêtement peut rendre n'importe quel revêtement glissant. Aussi, dans des zones d'exposition humide prolongée comme par exemple des zones vertes mais également le long d'avenues arborées, à proximité de parcs, des mousses peuvent apparaître et mettre à mal les paramètres de glissance d'un revêtement. Enfin, en cas de gel, des plaques de verglas peuvent également apparaître aux zones d'accumulation d'eau ;
- **dégradation** : une mauvaise évacuation des eaux influe sur le comportement du revêtement et peut être la cause de dégradations (fissurations, nids de poule, affaissements) ou en accélérer le processus ;
- **visibilité** : les marquages au sol, principalement dans le cas des traversées piétonnes, sont moins visibles et peuvent aussi devenir glissants. Pour y remédier, le placement de particules de microbilles réfléchissantes et/ou l'usage de marquages thermoplastiques plutôt que de simple peinture, permet d'améliorer cette visibilité.

De manière générale, dans le cadre d'aménagements piétons réalisés en Région de Bruxelles-Capitale, le revêtement de surface doit présenter **une pente transversale de 2%** pour permettre un bon écoulement de l'eau, comme d'ailleurs référencé dans le RRU. En deçà des 2%, l'écoulement sera peu performant et au-delà, la force transversale qui sera exercée sur l'usager utilisant par exemple une chaise roulante sera particulièrement pénalisante pour son déplacement. D'autres paramètres tels que la hauteur de pose des filets d'eau et avaloirs, leur nombre suffisant et leur bon positionnement constituent également des éléments importants pour assurer une bonne évacuation des eaux. Enfin, dans le cas où aucun filet d'eau n'est présent, les abords du revêtement doivent être aménagés de façon à ne pas retenir l'eau, un drain pouvant être placé pour faciliter cette évacuation.

3.5.2 L'évacuation des eaux par les différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations

De manière générale, plus la **macrotecture** du revêtement est grande, mieux l'eau s'évacue en surface. Toutefois, une forte **macrotecture** va à l'encontre du confort de roulement et surtout renforce l'agressivité du revêtement en cas de chute, comme déjà précisé précédemment.

3.5.2.1 Les revêtements modulaires

De par la présence de nombreux joints entre les éléments, le **risque d'infiltration d'eau dans la structure** est **plus important** que pour les revêtements continus. Pour éviter les effets négatifs de l'eau sur la structure, il est primordial :

- de limiter autant que possible la pénétration de l'eau à travers les joints ;
- d'évacuer aussi vite que possible l'eau infiltrée afin d'éviter qu'elle ne stagne dans la couche de pose.

Les revêtements en pavés et dalles de béton

Pour les revêtements en pavés et dalles de béton, les joints sont classiquement remplis de matériaux granulaires. Afin de limiter au maxi-

mum l'infiltration dans la structure, il faudra veiller :

- au remplissage correct des joints, à l'aide de matériaux dont la granulométrie est adaptée à la largeur des joints à remplir ;
- à assurer une évacuation rapide des eaux de surface, en prévoyant une pente transversale suffisante (2%), des avaloirs et/ou caniveaux en nombre suffisant et correctement implantés.

Dans le cas particulier des pavés drainants, l'infiltration d'eau dans la structure est favorisée par l'utilisation de pavés poreux, à ouvertures de drainage ou à joints élargis. L'eau infiltrée dans la structure s'évacue ensuite par infiltration dans le sol ou par des drains prévus dans la structure du trottoir.

En principe, l'utilisation des pavages drainants est à éviter en milieu urbain ancien afin d'éviter l'inondation des caves adjacentes non prévues pour résister à ces infiltrations.

Les revêtements en pavés et dalles de pierre naturelle

Dans le cas des pavés et dalles de pierre naturelle, les joints peuvent être remplis de matériaux granulaires ou de matériaux liés. La cohérence entre la couche de pose et le type de joint doit toujours être respectée, en choisissant l'un des deux concepts suivants :

- structure rigide et étanche ;
- structure souple et perméable.

Si les joints sont du type rigide (matériau lié hydrauliquement et donc, normalement, imperméable), il est primordial que la couche de pose le soit également (sable stabilisé ou mortier), afin d'éviter que les joints ne se fissurent suite aux légers tassements subis par les couches non liées sous-jacentes. Dans ce cas, l'évacuation des eaux de ruissellement se fait par le filet d'eau existant de la voirie.

Si, par contre, les joints sont perméables (joints au sable par exemple), il est primordial que les couches sous-jacentes soient également perméables afin de permettre l'évacuation des eaux de la structure.

Les revêtements en pavés de terre cuite

Les recommandations formulées pour les pavés en béton restent d'application.

3.5.2.2 Les revêtements en béton

L'évacuation des eaux des aménagements en béton se fait par **évacuation latérale** (pente transversale de 2%) vers un filet d'eau ou des avaloirs.

3.5.2.3 Les revêtements bitumineux

Les enrobés à chaud

L'évacuation des eaux doit être assurée par une **pente transversale** de l'ordre de **2%** et au minimum 1,5%.

En outre, le revêtement bitumineux doit toujours être correctement dimensionné et reposer sur de bonnes fondations pour éviter la formation de trous, d'**ornières** et de tassements, surtout sous l'action du trafic lourd (cf. 2.3.1.2).

L'asphalte coulé

Étant donné que le reprofilage n'est pas possible avec l'asphalte coulé et que la surface de l'asphalte coulé est imperméable à l'eau, les pentes nécessaires à l'évacuation des eaux de surface doivent déjà être prévues dans le **support**. La pente nécessaire est ici aussi de 2%. Pour des pentes supérieures à 6%, on veillera à adapter la composition du mélange afin d'en améliorer la stabilité.

Un gravillonnage peut favoriser le drainage en surface.

Bien que cette technique ne soit presque plus appliquée de nos jours, le drainage en surface peut également être réalisé par impression d'un motif en surface (ex.: gaufrage).

Les enduits superficiels

Du fait de la forte **macrotecture** d'un enduit superficiel, cette méthode procurera une bonne collecte et évacuation des eaux.

La pente devra être réalisée par le **support** existant, étant donné qu'un enduit superficiel

ne permet pas de procéder à un reprofilage ou d'adapter des niveaux.

Les MBCF

Un MBCF, du fait de sa faible **macrotecture**, assure un stockage moindre par rapport à un enduit superficiel. Il est important de créer une bonne évacuation des eaux en réalisant une pente suffisante dans le **support** même (la pente transversale nécessaire est de 2%).

3.5.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte

Béton désactivé

Dans le cas des bétons désactivés, les eaux de ruissellement sont également **évacuées latéralement** grâce à une pente transversale suffisante (2%). Dans le cas spécifique des zones vertes, un filet d'eau n'est pas systématiquement présent en bordure du cheminement piéton. Cela ne pose pas de problème, sauf si l'évacuation ou l'infiltration des eaux ne peut se faire correctement.

Matériaux non stabilisés

Ces matériaux ne constituent pas une solution adaptée dans les milieux humides ou difficilement drainables. Les revêtements sont



Problématique de ravinage sur des revêtements non stabilisés

sensibles à l'érosion générée par les eaux de ruissellement.

Enrobés écologiques

Les enrobés écologiques ne se distinguent des enrobés classiques que par l'utilisation de liants végétaux naturels au lieu de liants à base de bitume. Si on leur applique les mêmes conseils que pour les mélanges classiques, ils permettent d'obtenir une évacuation tout aussi **bonne** des eaux de ruissellement.

Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques

Ces matériaux sont drainants pour autant que la teneur en fines ne soit pas trop importante, auquel cas le matériau peut être pratiquement imperméable. Pour que la structure soit drainante, l'assise et le sol doivent également être perméables.

3.6 La lisibilité-visibilité

Un aménagement piéton est « lisible » quand, par les informations visuelles qu'il contient (ex. : coloration), il permet à ses usagers d'identifier rapidement les lieux et de comprendre l'agencement qui existe entre cet espace piéton et les autres espaces présents.

3.6.1 L'importance d'une bonne lisibilité-visibilité

Même si un trottoir est confortable et de qualité, il est parfois possible que l'usager puisse confondre l'espace qui lui est réservé avec un espace destiné à accueillir d'autres usagers. Ce risque est d'autant plus élevé dans le cas spécifique des personnes malvoyantes qui ont généralement de grandes difficultés à se repérer dans l'espace environnant, et pour lequel le critère de lisibilité-visibilité est donc très important.

Si la lisibilité-visibilité de l'espace piéton est relativement claire entre un trottoir et la voirie compte tenu de la différence de niveau existant entre les deux, elle sera moins évidente en présence par exemple d'une piste cyclable en trottoir. Pour pallier ceci, le code du gestion-

naire précise que la séparation entre ces deux modes actifs peut être réalisée notamment par l'intermédiaire d'une différence de revêtement y compris une différenciation de coloration (bien contrastée vu la problématique d'atténuation des couleurs avec le temps).

De manière générale, le type de matériaux de revêtements (aussi bien continus que modulaires) ainsi que les colorations qui peuvent être apposées sont deux éléments qui influent sur le niveau de lisibilité-visibilité de l'aménagement piéton. La teinte des matériaux utilisés permet aussi d'accentuer la continuité d'un itinéraire ou d'un réseau piéton.



Bonne lisibilité de l'espace piéton et cycliste grâce à une coloration et des pavés en béton différenciés

3.6.2 La lisibilité-visibilité des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations

3.6.2.1 Les revêtements modulaires

De par les différents formats et coloris disponibles sur le marché, et les différents **appareillages** de pose possibles, les revêtements modulaires sont **particulièrement indiqués**

pour améliorer la lisibilité de l'espace public.

En effet, en combinant divers coloris et **textures**, il est possible d'indiquer et de délimiter les zones de différentes fonctions.

3.6.2.2 Les revêtements en béton

Le recours à des revêtements colorés peut **améliorer nettement la lisibilité et la visibilité** de l'aménagement. Le béton peut être coloré durablement en ajoutant des pigments, et éventuellement des **granulats** colorés dans le cas des bétons désactivés.

3.6.2.3 Les revêtements bitumineux

Les revêtements bitumineux sont davantage associés au trafic automobile qu'aux piétons. Aussi, on peut utiliser des revêtements bitumineux colorés pour guider les piétons vers la zone de cheminement qui leur est destinée. Les revêtements bitumineux colorés peuvent aussi être utilisés pour délimiter visuellement certaines parties de la route et ainsi augmenter la visibilité et la lisibilité de la répartition de la voirie.

Ce qui suit ne s'applique qu'aux produits bitumineux colorés «dans la masse».

Enrobé à chaud coloré

L'enrobé à chaud 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 (incolore) ou un liant synthétique pigmentable (incolore) (éventuellement modifié aux polymères).

Les divers moyens cités ci-dessus peuvent être combinés de manière à se rapprocher le plus possible de la couleur voulue.

L'efficacité de la coloration est d'autant meilleure et durable que les **granulats** entrant dans

la composition de l'enrobé sont choisis dans une teinte plus proche de la couleur à obtenir, ou à défaut neutre et peu contrastée. En effet, avec le temps, la teinte du gravillon devient prépondérante dans la teinte globale de l'enrobé (parce que la couche supérieure de liant s'use et que les pierres sont dénudées).

On utilise les pigments suivants pour obtenir la couleur correspondante :

Couleur	Pigment
<i>rouge</i>	<i>oxyde de fer</i>
<i>brun</i>	<i>oxyde de fer</i>
<i>jaune, orange</i>	<i>oxyde de fer</i>
<i>blanc</i>	<i>oxyde de titane</i>
<i>vert</i>	<i>oxyde de chrome</i>
<i>bleu</i>	<i>oxyde de cobalt</i>

Il faut noter que la fabrication et la mise en œuvre de ces mélanges nécessitent beaucoup de soin et un certain nombre de dispositions particulières pour éviter les pollutions ou les simples variations de teinte (ex. : réalisation des zones en enrobé noir d'abord, avant de passer aux zones colorées afin d'éviter une pollution des zones colorées avec des traits noirs).

Il convient toujours 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 ;
- la température de fabrication de l'enrobé bitumineux aura une incidence sur certaines couleurs. Par exemple, pour la couleur jaune, la température de malaxage à la centrale d'enrobage doit être bien maîtrisée afin qu'elle n'augmente pas trop. À partir de 175°C, l'oxyde de fer utilisé pour le jaune, l'orange et le brun (mélange de jaune, de rouge et de noir) va se transformer et donner une couleur rouge.



Revêtement piéton bitumineux coloré

Asphalte coulé coloré

L'asphalte coulé coloré est préparé selon les mêmes procédés que ceux utilisés pour le béton bitumineux coloré. Toutefois :

- le liant est souvent un liant synthétique pigmentable résistant aux températures élevées (jusqu'à 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 désirée). Pour du jaune, au lieu de l'oxyde de fer, on utilisera par exemple du ferrite de zinc vu la température élevée du mélange lors de sa pose, sinon l'oxyde de fer changera de couleur.

Les revêtements en asphalte coulé coloré sont durables.

Quoique leur **durabilité** soit excellente, leur prix (environ deux fois plus cher qu'un asphalte coulé noir) fait que cette solution est actuellement peu utilisée. Comparativement aux enrobés bitumineux, la différence de prix par rapport au mélange noir est encore plus importante, vu la teneur plus haute en liant.

Enduits colorés

Le choix de la couleur des gravillons permet la réalisation de surfaces colorées de façon naturelle et durable.

Compte tenu qu'il s'agit de gravillons non classiques, il convient d'examiner leur compatibilité (notamment l'adhésivité) avec le bitume utilisé (voir norme produit pour les enduits superficiels NBN EN 12272, et plus particulièrement l'essai Vialit).

Les gravillons ne peuvent pas être pré-enrobés au bitume.

MBCF colorés

En combinaison avec des **granulats** colorés naturels, l'émulsion de liant pigmentable (éventuellement modifiée aux polymères) colorée avec des pigments constitue un MBCF coloré « dans la masse » (cf. enrobé à chaud coloré).

3.6.2.4. Les revêtements utilisés en zone verte

Béton désactivé

Le recours à des revêtements colorés peut **améliorer nettement la lisibilité et la visibilité de l'aménagement**. Le béton désactivé peut être coloré durablement en ajoutant des pigments, et éventuellement des **granulats** colorés.

Enrobés écologiques

Le liant est assez incolore et donc pigmentable, ce qui fait que l'enrobé adopte la couleur des **granulats** et contribue ainsi à donner un **bel aspect au revêtement**.

Pour des applications d'enrobé écologique, les mêmes conseils sont d'application que pour les enrobés bitumineux classiques.

Matériaux non stabilisés

Les matériaux non stabilisés présentent une **bonne intégration visuelle** dans tout type de site par un choix multiple dans la couleur des **granulats**.

Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques

Tout comme les matériaux non stabilisés, les matériaux stabilisés présentent une **bonne intégration visuelle** dans tout type de site par un choix multiple dans la couleur des **granulats**.

3.7. La propreté

3.7.1. L'importance d'un revêtement propre pour le piéton

La propreté des aménagements piétons n'est pas un élément à négliger. En effet, un revêtement qui présente une surface propre sera d'autant plus attractif pour l'utilisateur, tout en augmentant son confort et sa sécurité. À l'inverse, un manque de propreté induira parfois un sentiment d'insécurité subjective. Un entretien du revêtement visant à enlever les saletés susceptibles de rendre celui-ci glissant ou peu praticable doit donc être mené régulièrement.

Les déjections canines, au même titre que les chewing-gums et autres éléments divers, influent sur la propreté de l'espace piétonnier. Cette problématique n'est pas à mettre directement en relation avec le type de revêtement



Revêtement sale, dangereux et peu attractif

utilisé mais doit néanmoins faire l'objet d'une attention particulière pour éviter que les efforts réalisés en faveur d'un revêtement attractif soient détruits par un manque de propreté de celui-ci.

Par ailleurs, la chute des feuilles en automne et leur accumulation sur le revêtement peut réduire l'adhérence de ce dernier ou masquer des irrégularités dans celui-ci, mettant à mal la sécurité offerte à l'utilisateur. De même, en hiver, en cas d'averse de neige, le dégagement des espaces piétonniers est également important pour garantir la sécurité des usagers.

Si certaines communes assurent elles-mêmes le nettoyage de leurs aménagements piétons tout au long de l'année, il revient aux riverains de prendre en charge un certain entretien de l'espace piétonnier qui jouxte leur habitation.

Enfin, lors du choix de la couleur d'un revêtement, il faut tenir compte du fait que généralement les produits qui risquent de salir les voiries sont plutôt «sombres» et donc plus visibles sur les matériaux «clairs». Par exemple, les trottoirs traversants auront tendance à se salir davantage que les trottoirs non empruntés par des véhicules motorisés. Il est donc inutile de prévoir un revêtement clair à ces endroits sans penser à un nettoyage approprié. Plus la **texture** superficielle sera grossière et le revêtement poreux, plus la saleté aura tendance à s'accumuler.

3.7.2. La propreté des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations

3.7.2.1 Les revêtements modulaires

Les revêtements modulaires sont **peu sensibles aux salissures**. En revanche, la végétation indésirable (ex. : mauvaises herbes) a tendance à s'installer plus facilement dans les joints de pavages et dallages que dans des revêtements monolithiques. Un petit entretien peut éventuellement être réalisé, pour lutter contre ces mauvaises herbes, mais en général lorsqu'il s'agit d'un trottoir assez fréquenté ce problème se présente en moindre proportion.

3.7.2.2 Les revêtements en béton

Les revêtements en béton sont **peu sensibles aux salissures**. Un petit entretien peut éventuellement être réalisé, pour lutter contre la pousse des mauvaises herbes, mais en général lorsqu'il s'agit d'un trottoir assez fréquenté ce problème se présente en moindre proportion.

3.7.2.3 Les revêtements bitumineux

Souillures, mousse ou autre végétation s'installent plus facilement dans des revêtements bitumineux à **texture** grossière et/ou ouverte. C'est pourquoi, pour des revêtements de trottoirs, il est recommandé d'opter pour un béton bitumineux (qui a une **texture** fermée) ou un asphalte coulé.

La facilité d'entretien des différents types de revêtements bitumineux est traitée au 4.4.2.3.

3.7.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte

Béton désactivé

Le béton désactivé ne constituant qu'une variante des revêtements en béton pour laquelle un traitement de surface spécifique

est réalisé, la sensibilité aux salissures mentionnée au 3.7.2.2 reste d'application.

Enrobés écologiques

Les enrobés écologiques ne se distinguent des enrobés classiques que par l'utilisation de liants végétaux naturels au lieu de liants à base de bitume. Les mêmes conseils que pour les mélanges classiques sont d'application.

Matériaux non stabilisés

Les revêtements non stabilisés génèrent de la poussière par temps sec et deviennent boueux par temps de pluie. Le nettoyage de ces matériaux se fait par un balayage léger, les salissures n'adhérant en général pas à ceux-ci. Les semences de mauvaises herbes germeront par temps humide lorsqu'elles tomberont sur un revêtement en gravillons, surtout s'il s'agit de pierres calcaires.

Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques

Le nettoyage de ces matériaux se fait par un balayage léger, les salissures n'adhérant en général pas à ceux-ci. La mise en place d'un **géotextile** permet de lutter contre l'installation de la végétation.



4- Les critères propres au gestionnaire et les matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations spécifiques

Les critères qui influencent le choix du concepteur et du gestionnaire sont relatifs à la **durabilité**, aux aspects environnementaux et de santé publique, aux exigences et restrictions liées à l'exécution et l'entretien, au coût et à l'intégration spatiale.

Tout comme pour le chapitre précédent, une structure de travail similaire est proposée pour chaque critère. D'une part, le critère est analysé en détail selon les critères propres au gestionnaire et d'autre part, les différents matériaux de revêtements piétons énoncés au chapitre 2 sont évalués selon le critère envisagé.

4.1 La durabilité

Le critère de **durabilité** d'un matériau se définit ici comme la capacité qu'a ce matériau à conserver ses performances dans le temps.

4.1.1 La durabilité comme critère du gestionnaire

Il est primordial, pour tout gestionnaire de voirie, que les nouveaux aménagements conservent leurs performances le plus longtemps possible, avec un coût d'entretien minimal.

Dans le cas d'un aménagement piéton, pour qu'il soit durable, il faut notamment que sa portance, que les caractéristiques de surface du revêtement ainsi que l'écoulement des eaux satisfassent aux exigences minimales pendant toute sa durée de vie. En outre et de manière indirecte, l'utilisation de matériaux durables aura un effet bénéfique sur la santé publique et l'environnement (cf. 4.2).

Les critères principaux régissant la **durabilité** des aménagements piétons sont détaillés ci-dessous.

La portance

L'aménagement piéton doit être suffisamment résistant et rigide: s'il n'est pas assez résistant, il se dégradera; s'il n'est pas assez rigide, des déformations permanentes apparaîtront, engendrant des défauts d'uni. À terme, c'est généralement la stabilité et la planéité de celui-ci qui pourront être altérées.

La portance d'un tel aménagement est déterminée notamment par sa structure. Il est important de bien dimensionner celle-ci, via un dimensionnement horizontal (largeur des éléments)⁽⁵⁾ et vertical (épaisseur des différentes couches) adapté. Pour réaliser un dimensionnement vertical correct, il convient de tenir compte des éléments suivants :

- les facteurs environnementaux (caractéristiques du sous-sol, climat, etc.);
- les matériaux et leurs caractéristiques;
- les sollicitations (nombre, amplitude, durée d'application de la charge).

Dans le cas des sollicitations induites par exemple par un trafic motorisé, il est en effet important que celles-ci soient prises en compte dans le dimensionnement vertical de l'aménagement piéton. Les zones les plus exposées à ce type de sollicitations sont les suivantes :

- les trottoirs traversants;
- les accès aux parkings publics ou aux parkings privés à caractère public présentant de nombreux va-et-vient;
- les accès à des habitations privatives (cour arrière, entrée de garage, etc.);
- les zones piétonnes dans lesquelles la circulation et/ou les livraisons sont autorisées, même temporairement;
- les abords des abribus (présence de véhicules d'entretien);
- etc.

(5) Le dimensionnement horizontal sort du cadre de cet ouvrage.

Les structures des revêtements piétons telles que décrites au chapitre 2 par type de revêtement, proposent des dimensionnements verticaux variables selon le type de sollicitations rencontrées.



Zone de sollicitation importante où le revêtement a été modifié

Aussi, le RRU autorise en cas de surcharge prévisible de l'infrastructure piétonne, de renforcer ses fondations et d'augmenter l'épaisseur du revêtement, ou même de modifier le type de revêtement pour autant qu'il n'y ait pas de changement de couleur⁽⁶⁾.

Pour remarque, citons le cas spécifique des zones résidentielles et de rencontres : de par leur vocation à accueillir un trafic régulier, celles-ci doivent systématiquement respecter les mêmes impositions en termes de portance que celles prescrites pour une chaussée traditionnelle.

Les caractéristiques de surface

Pour offrir une rugosité, une planéité et une stabilité durables de la surface du revêtement, les matériaux doivent résister :

- aux influences mécaniques (charroi lourd régulier ou occasionnel, véhicules stationnés en infraction) ;
- aux influences météorologiques (gel, dilatation, rayons UV, etc.) ;
- aux influences chimiques (sel de déverglaçage, produits de nettoyage, essence, huile, etc.).

L'évacuation des eaux

Une mauvaise évacuation des eaux influence aussi le comportement du revêtement et par conséquent sa **durabilité**. Les eaux de ruissellement qui stagnent sur le trottoir (flaques d'eau) ou qui s'infiltrent par les joints ou les fissures peuvent déstabiliser complètement celui-ci. Les revêtements qui présentent une mauvaise évacuation des eaux et qui sont perméables retiennent l'eau et risquent de ce fait d'être moins durables que les revêtements imperméables.

La mise en place d'une pente adéquate et d'un drainage approprié dans, sous et à côté de la structure permet de limiter fortement les conséquences des infiltrations d'eau et les dégâts qui y sont associés. En outre, les prescriptions émises au 3.5 doivent être respectées.

4.1.2 La durabilité des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations

4.1.2.1 Les revêtements modulaires

Une **bonne** durabilité peut être atteinte si les revêtements modulaires sont :

- *correctement conçus* : choix et nature des matériaux, épaisseur des différentes couches de la structure, choix des éléments (dalles/pavés), **appareillage** de pose, **contrebutage**, évacuation des eaux ;

(6) RRU, titre VII «La voirie, ses accès et ses abords», section 2, article 6.

- *correctement mis en œuvre*: matériaux et épaisseurs conformes, découpes soignées, etc.;
- *correctement entretenus*: remplissage correct des joints, gestion de la végétation indésirable (ex.: mauvaises herbes), réparations locales éventuelles, etc.

En fonction de l'intensité et de la nature du trafic, de la résistance à l'usure de la roche et des conditions d'entretien, la surface d'un revêtement en pierre naturelle va s'user plus ou moins vite et subir un polissage. Cette diminution de la rugosité va réduire l'adhérence des piétons au revêtement. Pour garantir le confort et la sécurité des piétons, il faut redonner une **texture** de surface suffisamment rugueuse au revêtement. Cette technique de rebouchardage est assez coûteuse.

4.1.2.2 Les revêtements en béton

Les revêtements en béton, de par leurs caractéristiques intrinsèques, permettent de garantir une durée de vie de **30 ou 40 ans, voire plus** avec un entretien limité au strict minimum à condition que les revêtements soient :

- *correctement conçus*: épaisseur du revêtement et présence d'une éventuelle fondation en fonction des sollicitations attendues, composition du béton conforme au CCT 2011, etc.;
- *correctement exécutés*: épaisseur du revêtement et composition du béton conformes, mise en œuvre suivant les règles de l'art, protection du béton frais, sciage des joints de retrait correctement implantés, suffisamment profonds et dans le délai imparti.

4.1.2.3 Les revêtements bitumineux

Enrobé à chaud et asphalte coulé

Pour atteindre la durée de vie fixée (**par défaut 20 ans**):

- la structure doit être correctement dimensionnée (cf. 2.3.1.2);
- le revêtement doit avoir les caractéristiques prescrites (résistance aux influences mécaniques, chimiques et climatiques);

- les aménagements nécessaires à une bonne évacuation des eaux doivent être présents;
- la structure sous-jacente, en particulier la fondation, doit être continue pour les surfaces plus petites (également aux raccords).

La durabilité de l'enrobé dépend également de l'exécution et du matériel utilisé pour la pose. Il importe de bien compacter l'enrobé pendant la pose pour éviter que la **couche de roulement** ne soit trop vite abîmée par les conditions météorologiques et l'eau.

À hauteur des joints, il est recommandé de toujours utiliser une bande bitumineuse pour joint ou de refermer le joint par la suite à l'aide d'un produit de scellement de joints bitumineux pour empêcher l'infiltration d'eau.

Il est aussi conseillé d'utiliser des bandes de contrebutage, de manière à pouvoir mieux compacter l'enrobé aux bords du revêtement bitumineux, et d'éviter ainsi que les bords ne s'effritent.

Recommandation

La **couche de roulement** du revêtement bitumineux doit toujours être posée avec une épaisseur constante (l'épaisseur nominale du type d'enrobé). Si on ne peut pas mettre en œuvre la **couche de roulement** à une épaisseur constante, on aura automatiquement des différences dans la **couche de roulement** lors du compactage et par conséquent une durabilité variable de cette couche. Pour favoriser la **durabilité**, les reprofilages nécessaires doivent se faire au niveau de la **couche de liaison**.

Enduits et MBCF

De tels traitements superficiels bitumineux ont intrinsèquement une durée de vie plus limitée. Sous l'effet du trafic, elle est généralement de l'ordre de **5 à 10 ans**. Cette constatation est également valable aux accès où le trafic est dense sur le trottoir (par exemple, accès à des entreprises ou parkings de grandes surfaces). Cependant, appliqués sur des trottoirs non soumis au trafic routier, ces traitements superficiels auront une durée de vie plus longue.

4.1.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte

Béton désactivé

Les revêtements en béton désactivé, de par leurs caractéristiques intrinsèques, permettent de garantir une **excellente** durabilité avec un entretien limité au strict minimum à condition que les revêtements soient :

- *correctement conçus* : épaisseur du revêtement et présence d'une éventuelle fondation en fonction des sollicitations attendues, composition du béton conforme au CCT 2011, etc. ;
- *correctement exécutés* : épaisseur du revêtement et composition du béton conformes, mise en œuvre suivant les règles de l'art, protection du béton frais, sciage des joints de retrait correctement implantés, suffisamment profonds et dans le délai imparti, etc.

Enrobés écologiques

L'enrobé écologique ne se distingue des revêtements bitumineux ordinaires que par l'utilisation de liants végétaux naturels au lieu de liants à base de bitume. Les mêmes conseils que pour les enrobés bitumineux ordinaires sont d'application en matière de conception et d'exécution. Cependant, à plus long terme, les études sur la durabilité de tels enrobés bitumineux écologiques et sur le comportement des liants utilisés sont encore insuffisantes pour pouvoir se prononcer clairement à ce sujet. Cette durabilité est aussi en grande partie déterminée par le comportement au vieillissement du liant utilisé.

Matériaux non stabilisés

Une durabilité **acceptable** peut être atteinte si les matériaux granulaires ont une bonne tenue vis-à-vis de l'effritement. Pour conserver les propriétés mécaniques des matériaux granulaires, ceux-ci ne peuvent s'effriter au risque de former des **fines** . La qualité de ces matériaux (roche dure) est donc importante. Les roches douces sont plus poreuses, ce qui peut entraîner le développement de végétation. La mise en place d'un **géotextile** permet de lutter contre l'installation de la végétation.

Les semences de mauvaises herbes germeront par temps humide lorsqu'elles tomberont sur un revêtement en gravillons, surtout s'il s'agit de pierres calcaires.

Leur durabilité peut être fort compromise si la pente est fortement supérieure à 2% étant donné qu'ils sont très sensibles aux eaux de ruissellement. Ils sont aussi sensibles aux cycles de gel/dégel pouvant entraîner des dégradations en surface. Un entretien régulier permet de pallier cet inconvénient. Ces matériaux ne constituent pas une solution adaptée dans les milieux humides ou difficilement drainables.

Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques

Une **bonne** durabilité peut être atteinte si le dosage en liant est compris entre 3,5% et 8%. La durabilité des matériaux stabilisés aux liants hydrauliques dépend du dosage en liant. Selon ce dosage, ces matériaux sont plus ou moins sensibles à l'agressivité du trafic et des eaux de ruissellement. Ces matériaux présentent une meilleure résistance aux actions de l'eau (érosion) et du gel que les matériaux non stabilisés. Toutefois, ils y sont également sensibles, mais un entretien régulier permet de réparer les dégradations. À l'heure actuelle, de nouveaux matériaux apparaissent qui permettent d'obtenir des stabilisés plus stables et moins sensibles aux aléas de la météo. Leur couleur est en général stable.

4.2 Les aspects environnementaux et de santé publique

4.2.1 Les aspects environnementaux et de santé publique comme critères du gestionnaire

Pour le choix des matériaux et des techniques dans le cadre d'aménagements piétons, il faut tenir compte des exigences en matière d'environnement et de santé publique comme pour tout autre aménagement. Ces exigences se rapportent aux éléments suivants :

- le traitement et l'émission de substances susceptibles de nuire à la qualité de l'air, du sol et/ou de l'eau ;
- la santé et la sécurité des exécutants ;
- la production de déchets (déchets d'emballage, terrassements et débris de construction) ;
- la consommation d'eau, d'énergie et de matières premières neuves, non renouvelables ;
- le recyclage et l'utilisation de matériaux recyclés.

La directive européenne *Produits de construction (DPC) 89/106/CEE* et son successeur, la *Réglementation Produits de Construction (305/2011/CE)* sont applicables pour beaucoup de matériaux de construction et donc aussi pour certaines des matériaux de revêtements piétons. Elles demandent d'évaluer ces matériaux en tenant compte de leur contribution aux exigences essentielles de l'ouvrage dans lequel ces matériaux ont été intégrés, à savoir l'économie d'énergie, la sécurité pour l'utilisateur, l'environnement, la santé, la résistance aux feux, la stabilité et enfin l'utilisation intelligente des ressources naturelles. L'aspect environnemental et de santé publique y est donc bien présent.

Pour remarque, un produit ne peut être mis sur le marché et y circuler librement que lorsque les procédures de normes européennes harmonisées (quand elles existent) ont été suivies (montré par le marquage CE).

Un autre aspect qui suscite de plus en plus d'intérêt : la capacité à réfléchir les rayons lumineux et l'absorption de chaleur des matériaux utilisés en tant que revêtements.

La capacité à réfléchir les rayons lumineux (et donc l'énergie) est déterminée par l'**albédo** d'une surface. L'albédo représente le pourcentage de l'énergie réfléchi par rapport à l'énergie incidente : plus le pourcentage est élevé, plus la quantité d'énergie renvoyée dans l'atmosphère est importante. En mettant en œuvre des revêtements dont l'albédo est faible, on diminue l'albédo moyen de la terre (35%). Par conséquent, la température de la terre augmente proportionnellement, ce qui a pour effet d'accélérer le réchauffement. Il est donc

intéressant, de ce point de vue, de mettre en œuvre davantage de surfaces réfléchissantes à la surface de la terre.

L'absorption de chaleur plus faible des surfaces claires contribue également à la diminution du réchauffement qui se manifeste principalement dans les grandes villes (*heat island effect*).

4.2.2 Les aspects environnementaux et de santé publique des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations

4.2.2.1 Les revêtements modulaires

Les pavés et les dalles de béton sont **écologiques par essence**. Ils présentent une longue durée de vie et **peuvent être réutilisés** après avoir été démontés ou être recyclés en tant que **granulats** de débris de béton.

La durée de vie des pavés et des dalles en pierre naturelle **est en soi très élevée**, ce qui explique leur réemploi massif dans les projets routiers.

Les pavés en terre cuite ne contiennent pas d'éléments nuisibles à l'environnement : ils sont cuits dans un matériau naturel, sans ajout de colorants. Leur production a lieu dans des fours tunnels, solution économique d'un point de vue énergétique. L'utilisation de gaz naturel limite les émissions. Les pavés en terre cuite **peuvent être recyclés** après avoir été démolis.

4.2.2.2 Les revêtements en béton

Longévité et impact sur l'environnement

Il apparaît assez rapidement qu'en ce qui concerne un revêtement en béton d'une durée de vie de **30 ou 40 ans, voire plus**, qui ne nécessite quasiment aucun entretien ou rénovation, le bilan relatif à l'environnement est assez positif en raison des économies qu'il est permis de réaliser à long terme en matières premières, transport et énergie.

Utilisation de « ciment basse énergie »

Il est souvent affirmé que la production d'une tonne de ciment correspond à l'émission d'une tonne d'équivalent CO₂. Cette approche fort simpliste est inexacte :

- en ce qui concerne le ciment produit au sein de l'Union européenne, la proportion atteint, en moyenne, une tonne de ciment pour 750 kg d'équivalent CO₂. Ceci est dû au fait que, outre le produit de base (le clinker), de nombreuses matières premières secondaires sont également utilisées (cendres volantes, laitiers de haut-fourneau, filler calcaire, etc.) dans la production de ciment ;
- en Belgique, et surtout dans le secteur de la construction routière, la situation est même plus avantageuse. Ainsi, pour la construction de revêtements routiers, c'est principalement le ciment de haut-fourneau CEM III/A 42,5 N LA qui est utilisé. Pour ce type de ciment, environ la moitié de la quantité de clinker est remplacée par du laitier de haut-fourneau. Or, c'est précisément la production de clinker qui demande beaucoup d'énergie et produit du CO₂.

Réduction globale du CO₂ par la valorisation de déchets industriels

L'utilisation de déchets industriels tels que des pneus de voiture, des solvants, des huiles usagées, des boues provenant du traitement des eaux, des peintures, etc. en tant que combustibles de substitution dans les fours à ciment contribue également sensiblement à la réduction des émissions globales de CO₂ (puisque'il faudrait éliminer ces déchets par la combustion classique s'ils n'étaient pas utilisés dans le processus de fabrication de ciment).

Fixation du CO₂ par le béton

Lors de la fabrication du ciment, du CO₂ est libéré à la suite du processus de décarbonatation. Pendant le cycle de vie du béton, ce dernier peut absorber du CO₂ à la suite du processus inverse, à savoir la carbonatation. Ce phénomène peut être une des causes probables des dégâts engendrés au béton armé lorsque l'enrobage des aciers est insuffisant. Toutefois, pour les revêtements piétons en

béton, ce problème ne se pose pas car les revêtements (discontinus) en dalles de béton ne sont pas armés et le processus de carbonatation n'est pas considéré comme nuisible.

Inoffensif en termes de lixiviation

En raison de l'utilisation de sous-produits industriels lors de la production de ciment (cendres volantes, laitiers de haut-fourneau, etc.), il est parfois affirmé que le béton peut relarguer des métaux lourds et ainsi polluer le sol.

La lixiviation est un terme qui recouvre la libération d'éléments chimiques d'un matériau solide lors du contact avec de l'eau (potable, de pluie, de mer, etc.). Une étude sur le sujet a été menée par le Centre national de Recherches scientifiques et techniques pour l'Industrie Cimentière (CRIC). Les résultats ont montré que le comportement à la lixiviation d'un béton de revêtement routier typiquement belge, tant du béton riche que du **béton maigre**, fabriqué à l'aide de différents ciments belges, est totalement inoffensif pour l'environnement. En effet, les quantités de métaux lourds lixiviés étaient moins importantes que les quantités de métaux lourds présentes dans les eaux de consommation courante telles que des eaux issues du réseau de distribution et des eaux minérales commerciales.

Recyclage

Le béton est un matériau inerte qui peut être recyclé à 100%. Les revêtements démantelés peuvent être envoyés vers des centres de concassage et de criblage et les gravats de béton peuvent ensuite être réutilisés dans les couches de sous-fondation et de fondation en tant qu'empierrements liés ou non liés, **béton maigre** ou béton sec compacté.

Plus importante réflexion lumineuse et plus faible réchauffement climatique dans les zones urbaines

La plus grande réflexion lumineuse des revêtements clairs comme les revêtements en béton permet le recours à des systèmes d'éclairage d'intensité et de consommation moindres.

L'absorption de chaleur plus faible des surfaces claires telles que le béton contribue à la diminution du réchauffement qui se manifeste principalement dans les grandes villes.

4.2.2.3 Les revêtements bitumineux

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 :

- l'emploi de matériaux sûrs pour l'homme et l'environnement ;
- la diminution de la quantité de déchets ;
- le recours à des produits et techniques innovants.

Matériaux sûrs pour l'homme et l'environnement

Les enrobés ne peuvent pas contenir de matériaux renfermant du goudron (liant ou **granulats** de débris bitumineux).

Diminution de la quantité de déchets : utilisation de granulats bitumineux

Le recyclage présente trois avantages écologiques :

- il diminue la quantité de déchets qui au final doivent être évacués (vers une décharge ou un centre d'enfouissement technique) ;
- il permet d'éviter que des matières premières neuves, non renouvelables (comme le sable et les pierres) doivent être extraites ;
- il permet de diminuer le transport des matières premières.

La réutilisation de granulats bitumineux peut aussi bien avoir lieu lors de travaux d'entretien que lors de la fabrication de revêtements bitumineux neufs.

Recours à des produits et techniques innovants

Différentes techniques innovantes sont disponibles pour produire des enrobés à des températures inférieures et épargner ainsi de l'énergie et/ou du pétrole, et limiter les émissions de CO₂ :

- les *enrobés à froid* ressemblent 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 ;

- les *enrobés tièdes* ou *asphaltes coulés tièdes* demandent une température de pose moins élevée.

4.2.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte

Béton désactivé

Le béton désactivé est **respectueux de l'environnement** en raison de sa durée de vie et par le fait qu'il peut être réutilisé comme matériau de fondation ou comme **granulat** dans du béton neuf.

Enrobés écologiques

L'enrobé écologique contient un liant exclusivement à base d'huile ou de résine végétale. L'enrobé peut être fabriqué à des températures plus basses (cf. 2.4.2) et permet ainsi d'épargner de l'énergie et/ou du pétrole, et de limiter les émissions de CO₂.

Matériaux non stabilisés

Ce matériau est **plus écologique que d'autres** en raison de sa composition et de la température de fabrication. En effet, les mélanges naturels ont l'avantage d'offrir un impact plus faible sur le plan environnemental que les bétons et enrobés.

Ces matériaux sont drainants pour autant que la teneur en **fines** ne soit pas trop importante, auquel cas le matériau peut être pratiquement imperméable. Pour que la structure soit drainante, l'assise et le sol doivent également être perméables. Dans ce cas la structure peut jouer un rôle très bénéfique dans le cadre de la gestion durable de l'eau.

Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques

À l'heure actuelle, de nouveaux matériaux apparaissent qui permettent d'obtenir des stabilisés plus stables et moins sensibles aux aléas de la météo. Ils ont des qualités esthétiques indéniables (aspect «chemin de campagne») dans les zones où les contraintes environnementales rendent inimaginable l'usage des enrobés ou du béton. Tout comme les matériaux non stabilisés, les matériaux stabilisés

aux liants hydrauliques présentent une bonne intégration visuelle dans tout type de site par un choix multiple dans la couleur des **granulats**. À noter que les stabilisés sont également utiles dans des zones – comme les forêts par exemple – où les enrobés vieillissent mal par manque de soleil.

4.3 La mise en œuvre

4.3.1 La mise en œuvre comme critère du gestionnaire

À l'inverse des interventions en chaussée qui nécessitent bien souvent une fermeture partielle ou complète des bandes de circulation, la réalisation d'aménagements piétons concerne bien souvent des espaces rectilignes le long de façades et d'emprise limitée sur la voie publique. De ce fait, selon la technique et le type de revêtement utilisés, les répercussions sur la chaussée adjacente peuvent être limitées et les nuisances sur la mobilité ainsi réduites. En parallèle, les nuisances occasionnées aux riverains devront également être prises en compte dans cette réflexion.



Photo : asbl Gamah

Les spécificités de l'exécution peuvent influencer le choix du revêtement, par exemple la facilité de placement d'éléments podotactiles

Les spécificités relatives à la mise en œuvre de certains matériaux peuvent par conséquent influencer dans certains cas sur le type de revêtement à utiliser. Les facteurs qui influencent l'exécution sont les suivants :

- la température ambiante ;
- la durée maximale de mise en œuvre ;
- le temps d'attente minimum pour l'ouverture à la circulation ;
- le placement obligatoire d'une bande de **contrebutage**, de joints transversaux et/ou longitudinaux ;
- la facilité de placement d'éléments podotactiles sur ou dans le revêtement ;
- la qualité et nature du **support** ;
- la disponibilité de matériel adapté ;
- la possibilité d'application mécanisée ou la nécessité d'une application manuelle.

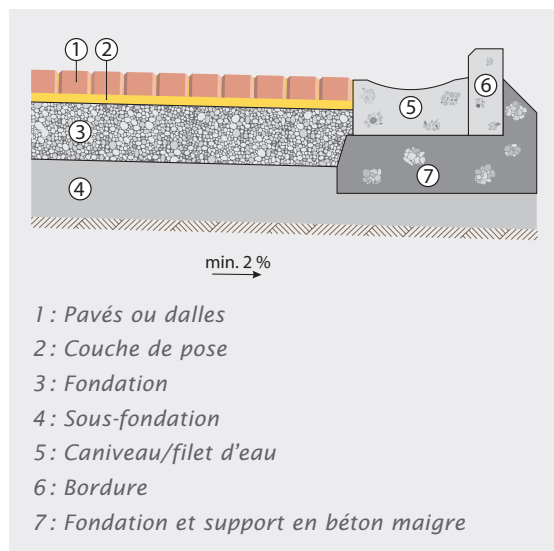
4.3.2 La mise en œuvre des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations

4.3.2.1 Les revêtements modulaires

Une mise en œuvre correcte est le point de départ d'une longue durée de vie. Les règles suivantes de bonne pratique s'appliquent à tous les types de revêtements modulaires et doivent pour cela être suivies :

- une exécution soignée de la structure selon la conception et les règles de bonne pratique ;
- un bon **contrebutage** afin d'éviter le déplacement des éléments. Le **contrebutage** est constitué de bordures (et éventuellement d'un caniveau ou d'un filet d'eau) qui sont fixées dans la fondation à l'aide d'un **support** en **béton maigre** (cf. 5 et 6 de la figure 9 en page 77) ;
- un bon compactage des éléments, en même temps que de la couche de pose et du garnissage des joints ;
- des joints toujours bien garnis afin que le revêtement puisse fonctionner comme un tout.

Figure 9 – Exemple de structure en pavés ou dalles de béton présentant un bon contrebutage



4.3.2.2 Les revêtements en béton

La bonne mise en œuvre des aménagements piétons en béton est à la base d'une longévité importante. L'utilisation d'une machine à **coffrages** glissants de largeur adaptée permet une mise en œuvre très rapide et de bonne qualité des aménagements.

Préparation et réalisation du fond de coffre

Le fond de coffre doit être réalisé avec soin, c'est-à-dire qu'il faut :

- éliminer toute trace de boue et de matières organiques ;
- évacuer les eaux superficielles. Il ne peut plus y avoir de flaques d'eau ;
- compacter soigneusement le sol à l'aide d'un rouleau vibrant de taille adaptée. La largeur supplémentaire à compacter dépend du mode de mise en œuvre. Si on utilise une machine à **coffrages** glissants, il faut compacter une surlargeur d'au moins 60 cm de part et d'autre, afin de constituer un chemin de roulement plan pour la machine de pose. Si la machine à **coffrages** glissants est réglée à côté du fond de coffre, la surlargeur est limitée à 20 cm au minimum de part et d'autre de l'aménagement ;
- contrôler le profil du fond de coffre, par rapport à la tolérance admise à la règle de 3 m

dans le CCT 2011. Une tolérance de 25 mm mesurée à la règle de 3 m est permise ;

- éliminer les **frayées** des véhicules et machines qui ont roulé sur le fond de coffre. Il est recommandé de combler les **frayées** avec un matériau granulaire que l'on compacte ;
- humidifier le fond de coffre avant le bétonnage (s'il y a un risque que le sol absorbe une partie de l'eau de gâchage du béton).

Exécution du revêtement en béton

Un revêtement en béton n'est pas une surface continue, mais est mis en œuvre de manière continue. Les dalles de béton ne sont en principe pas **goujonnées**. Le béton est directement versé sur le fond de coffre ou sur la fondation.

Les caractéristiques géométriques des dalles de béton sont les suivantes :

- une épaisseur nominale minimale de 16 cm ;
- une pente transversale vers un côté de 2% ;
- un joint transversal tous les 4 m. Cette distance est fonction de l'épaisseur et de la largeur des dalles. Pour un revêtement classique, la longueur de la dalle ne peut pas dépasser une fois et demie la largeur de la dalle. En l'absence de trafic lourd sur l'aménagement, cette règle ne doit pas être strictement respectée ;
- aucun joint longitudinal n'est nécessaire pour les aménagements dont la largeur est inférieure à 4,5 m.

La mise en œuvre du béton est habituellement réalisée à l'aide de machines à **coffrages** glissants, même pour de faibles largeurs (ex. : 1,75 m). En milieu urbain, cette technique ne peut pas être utilisée dans toutes les situations, notamment lorsqu'il s'agit d'un trottoir en contact avec les façades des immeubles ou autres constructions. Son avantage est qu'elle garantit un excellent profil longitudinal tout en permettant de réaliser un tracé sinueux, le tout à un haut rendement, ce qui réduit les coûts de construction.

Si les **aiguilles vibrantes** de la machine à **coffrages** glissants ne peuvent pas suffisamment être dirigées vers l'extérieur, le béton frais est compacté manuellement avec une **aiguille vibrante** à hauteur des joints de début et de fin de journée et sur les côtés.

Si la mise en œuvre ne peut pas être réalisée à l'aide de machines à **coffrages** glissants, elle peut être réalisée entre **coffrages** fixes. Dans ce cas, le béton est compacté à l'aide d'une **poutre vibrante**. Les côtés sont eux compactés avec des **aiguilles vibrantes**.

Pour le confort, le CCT 2011 impose des valeurs limites en ce qui concerne les irrégularités de surface relevées à la règle de 3 m.

Immédiatement après bétonnage, le béton doit être protégé contre la dessiccation, soit au moyen d'une membrane étanche, soit au moyen d'un **produit de cure**.

Les joints de retrait doivent être réalisés le plus vite possible, c'est-à-dire au moment où le béton est déjà assez durci (afin que les bords des joints ne soient pas abîmés lors du sciage) et avant l'apparition de fissures libres. Surtout à des températures plus élevées, ou en cas de vent, le sciage des joints doit avoir lieu assez vite.

Enfin, il est possible d'effectuer un des traitements de surface parmi les trois types décrits au 2.2.3.

4.3.2.3 Les revêtements bitumineux

Enrobé à chaud

La mise en œuvre se fera principalement au **finisseur** et sera suivie d'un compactage au compacteur lourd à pneus ou à jantes lisses. Les enrobés sont peu adaptés à l'emploi en petites quantités. La mise en œuvre manuelle est toujours à déconseiller et n'est réservée qu'aux espaces non ou faiblement circulés. La période d'exécution est assez large et couvre une bonne partie de l'année. La réouverture à la circulation peut avoir lieu dès que la couche est suffisamment refroidie. Le délai dépend du degré d'ensoleillement, de la vitesse du vent, de l'épaisseur de la couche et du moment de la mise en œuvre. Le compte rendu de recherche CRR CR42/06 *Évolution de la température d'une couche d'enrobé bitumineux nouvellement posée* présente une méthode de calcul des temps d'attente en fonction de ces différents paramètres.

Les dispositions pour un enrobé bitumineux coloré sont les mêmes que pour un enrobé bitumineux standard, avec la contrainte supplémentaire d'utiliser un matériel parfaitement propre afin d'éviter des souillures de noir (gâchée à vide pour le nettoyage de la centrale, compacteurs et **finisseurs** parfaitement propres, etc.).

Lors de la mise en œuvre de tous les revêtements bitumineux (donc également dans le cas des aménagements piétons), des dispositions importantes sont à respecter :

- bien prendre en compte les différences de niveau pour éviter les dénivellations au niveau des raccords entre différents revêtements ;
- éviter la mise en œuvre sur de petites superficies ;
- réaliser une **couche d'accrochage** soignée avant l'application de l'enrobé ;
- veiller au respect des conditions de mise en œuvre (température, conditions météorologiques, etc.) ;
- dans le cas d'un aménagement mixte (revêtement ordinaire + revêtement coloré) : réaliser en premier les travaux à base de bitume ordinaire et terminer par les revêtements colorés en vue de limiter leur souillure ;
- éviter de positionner des joints de reprise au-dessus d'autres joints et dans les zones de passage d'essieux lourds ;
- en cas de fraisage de matériaux bitumineux, laisser au moins 4 cm de ces matériaux au-dessus des interfaces antifissures ;
- respecter le délai de réouverture à la circulation : attente du refroidissement de la couche d'enrobé.



Mise en œuvre en faible largeur

Dans le cas des aménagements piétons, il y a lieu de tenir compte d'un certain nombre d'aspects particulièrement importants.

Planéité de la surface

La planéité de surface constitue une caractéristique essentielle pour le piéton. À aucun moment cet élément primordial ne peut être négligé. Dès lors, avant le compactage déjà, il y a lieu de veiller aux aspects suivants (hormis ceux déjà mentionnés ci-avant) (cf. 3.1.3.3).

Revêtement à poser en faible largeur

Une limitation de largeur peut avoir une influence sur le choix du type d'enrobé. Si l'approvisionnement de l'enrobé et son déversement dans le **finisseur** sont fortement compliqués par une limitation de largeur, l'alimentation de la machine sera plus compliquée. Il est donc recommandé de choisir un enrobé dont la qualité du revêtement mis en œuvre souffrira moins des arrêts à prévoir.

Une accessibilité limitée peut même empêcher totalement une mise en œuvre au **finisseur** (la largeur de travail minimale des **finisseurs** est de l'ordre de 0,9 m). 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 AC-Surf4-x, un AC-6,3Surf5-x ou un AC-Surf8-x. 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.

Si les couches de revêtement doivent être posées en faible largeur entre deux rebords,



Finisseur à faible largeur de travail

les engins d'approvisionnement, de pose et de compactage doivent être choisis en fonction de la largeur disponible. Plusieurs solutions existent :

- pose avec un **finisseur** dont la table vibrante est en déporté. L'alimentation est réalisée à partir de camions à l'avant du **finisseur** ;
- pose avec un **finisseur** de faible largeur. Le déversement peut se faire directement à partir de camions ou l'alimentation peut être réalisée au moyen d'une grue à grappin. L'utilisation de petits engins de chargement n'est pas conseillée, car il faut déverser au préalable les enrobés sur le sol, ce qui accélère leur refroidissement ;
- pose avec une épandeuse circulant sur le revêtement adjacent et équipée d'une lame en déporté réglable en hauteur. Les enrobés sont répartis de façon assez uniforme sur le coffre au moyen d'une grue à grappin. Dans le cas de la **couche de roulement**, il peut y avoir des difficultés de maintenir la largeur de pose et des risques de déborder sur le revêtement adjacent (par exemple en béton de ciment) et de le salir ;
- si le trottoir se trouve au même niveau que la chaussée, pour la pose de la **couche de roulement**, on peut aussi travailler avec un **finisseur** de largeur classique, mais alors on ne réalise pratiquement pas de précompactage, de crainte de vibrer sur le revêtement adjacent et d'endommager la table.

Pose manuelle

Si l'enrobé doit être mis en œuvre manuellement (aires très petites, géométrie complexe, nombreuses taques d'égout dans le trottoir, etc.), son déversement se fera par petits tas. On travaille en petite largeur (maximum 3 m), afin de pouvoir compacter avant le refroidissement du matériau.

Cependant, cela aura toujours une influence sur la **durabilité** de la **couche de roulement** bitumineuse vu que celle-ci aura un degré de compactage inférieur, ainsi que sur la planéité du trottoir. Dans ce cas, on pourrait aussi opter pour de l'asphalte coulé.

Les arbres et les trottoirs

Un chemin piéton entouré d'arbres (par exemple dans des parcs de promenade) a ses propres aspects méritant une attention particulière.

Il est évident que l'espace occupé par les branches (en hauteur et en largeur) a un impact sur l'accessibilité. Un élagage préalable peut souvent résoudre bien des problèmes.

Les arbres ont souvent une grande influence sur la surface sur laquelle il faut travailler.

La surface d'un revêtement usagé à recouvrir sèche difficilement à l'abri des arbres, surtout quand ce n'est pas l'été. Cela complique fortement la mise en œuvre et le bon fonctionnement d'une **couche d'accrochage** et cela peut aussi avoir une influence sur la programmation des travaux (éviter les intersaisons) et le choix du revêtement. Si le trafic le permet, et certainement dans le cas de trottoirs, l'application d'enrobés plus faciles à travailler (comme du AC-Surf4-x ou AC-6,3Surf5-x), avec une teneur en liant (éventuellement) un peu plus élevée, donne une couche d'enrobé plus fermée, dont la durée de vie sous les arbres sera plus longue.

Asphalte coulé

De par sa composition plus riche en mastic que le béton bitumineux, l'asphalte coulé ne nécessite pas de pose à la machine, ni de compactage. Une pose à la machine peut toutefois être envisagée pour des questions de rentabilité et si les conditions de pose le permettent (grandes largeurs et longueurs, géométrie non compliquée).

La fabrication de l'asphalte coulé s'effectue dans des centrales d'enrobage spécialisées. Toutefois, la durée de malaxage en centrale est insuffisante. Un temps de malaxage complémentaire de deux heures au moins est encore nécessaire, temps de transport compris.

Le transport s'effectue dans des malaxeurs chauffés automoteurs ou tractés, avec régulation automatique du système de chauffe et renvoi des indications en cabine. Lorsque l'accès au point de déversement est difficile pour le camion-malaxeur, l'asphalte coulé peut être transvasé dans des «dumpeurs» (petits malaxeurs mobiles), avant d'être étalé. La mise en œuvre s'effectue généralement à la main (éventuellement au **finisseur**) sur **support** propre et sec. Les **supports** ne doivent pas pré-

senter de déformation permanente supérieure à la valeur prescrite dans le CCT 2011. La mise en œuvre est prohibée si la température ambiante est inférieure à +2°C ou par temps de pluie.

L'asphalte coulé offre l'avantage d'une facilité de mise en œuvre manuelle en petites quantités sur des surfaces réduites et inaccessibles aux véhicules. L'asphalte coulé se prête donc particulièrement bien aux zones d'un trottoir aux formes diverses, ou là où il y a plusieurs taques d'égout l'une près de l'autre; des zones moins appropriées pour un enrobé à chaud.

Le temps d'attente avant l'ouverture au trafic dépend de la température, de l'intensité du vent et de l'ensoleillement au moment de la pose. Lorsqu'il est posé à une température de 250°C et que l'ouverture au trafic peut se faire quand le mélange atteint la température de 30°C, on peut estimer que le temps d'attente est de l'ordre de 30 (en hiver) à 90 minutes (en été) plus long que pour un enrobé bitumineux qui aurait été posé à 170°C.

Dans le cas d'une pose en plusieurs couches, il est également nécessaire d'attendre un refroidissement suffisant de la couche inférieure avant la pose de la couche supérieure afin d'éviter le phénomène de ségrégation des **granulats**, ce qui entraînerait un enrichissement en mastic de la partie supérieure du revêtement, et donc un manque de stabilité.

Enduits superficiels

La nature et l'état du **support** ont un effet prépondérant sur la qualité de l'enduit superficiel. L'assise doit présenter un bon uni, cette technique ne permettant pas comme le béton bitumineux un rattrapage de planéité. La surface doit être suffisamment homogène et ne peut pas présenter d'**orniérage**, sinon une préparation, voire un reprofilage, préalable est indispensable.

Après nettoyage du **support**, l'émulsion est répandue, suivie de gravillons. Un compactage au compacteur lourd, généralement à pneus, est ensuite réalisé.



Épandage de gravillons sur la couche d'émulsion

Les abords de chaussée (caniveaux, bordures, trottoirs) doivent être protégés afin d'éviter les salissures durant la mise en œuvre.

Il convient de ne pas mettre en œuvre les enduits superficiels en arrière-saison, c'est-à-dire par de mauvaises conditions atmosphériques, temps pluvieux et/ou froid, ce qui a pour effet d'augmenter beaucoup, et de façon aléatoire, la température de rupture de l'émulsion, et de gêner l'évacuation de l'eau de rupture d'émulsion.

Les enduits superficiels peuvent être rapidement rouverts à la circulation, mais sont extrêmement sensibles aux forces tangentielles pendant une courte période juste après leur mise en œuvre. La mise en œuvre de cette technique est assez délicate et nécessite un savoir-faire confirmé (contrairement aux idées reçues). La mise en œuvre manuelle est proscrite.

Ressuage et **plumage** sont possibles. Le ressuage peut avoir lieu pour les enduits superficiels sur des trottoirs principalement par des journées chaudes, avec pour conséquence que le liant peut rester collé aux chaussures des piétons. Pour éviter une telle situation, il faut adapter les quantités d'émulsion à utiliser en fonction des conditions de chantier (le **support** est-il dans une section ombragée ou exposé à un ensoleillement, poreux ou non, etc.). Pour un complément d'information, consultez la

publication CRR R71/01 *Code de bonne pratique pour les enduits superficiels* au 3.6.

Les réserves de garantie liées aux marchés publics ne pourront être levées qu'après une année complète (hiver + été) en service. Un enduit superficiel qui a été mis en œuvre de manière incorrecte commencera à montrer des dégradations directement après la pose ou au cours du premier printemps après celle-ci.

MBCF

Les abords de chaussée (caniveaux, bordures, trottoirs) doivent être protégés afin d'éviter les salissures durant la mise en œuvre.

Les restrictions liées à la mise en œuvre et à la remise en circulation évoquées ci-dessus pour les enduits superficiels valent également pour les MBCF.

4.3.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte

Béton désactivé

Le béton désactivé est obtenu par pulvérisation d'un désactivant qui retarde en surface la prise du béton fraîchement coulé. Une fois la surface du béton lavée au jet d'eau à haute pression, les **granulats** de couleur apparaissent.

Enrobés écologiques

Contrairement à un enrobé classique – lié avec du bitume provenant du raffinage du pétrole – l'enrobé écologique contient un liant exclusivement à base d'huile et de résine végétale. Le liant est donc écologique en raison de sa composition et permet en outre de fabriquer l'enrobé à une température sensiblement moins élevée (120°C) que dans le cas d'un enrobé classique (160°C). L'enrobé écologique est fabriqué dans une centrale d'enrobage classique et posé avec du matériel classique. Étant donné que le liant doit durcir, il faut attendre plusieurs jours après le refroidissement de l'enrobé pour autoriser la réouverture au trafic.

Matériaux non stabilisés

Les matériaux non stabilisés sont constitués d'un mélange d'eau et d'un ou de plusieurs sables ou de **graves**. Leur choix est conditionné entre autres par la couleur exigée par le projet à réaliser.

L'épaisseur de mise en œuvre est fonction de la qualité du sol **support** et du trafic supporté par la voie. Pour les **graves**, une épaisseur de mise en œuvre de 10 cm au moins est recommandée, afin d'en faciliter la pose. Pour le sable, une épaisseur de mise en œuvre de 4 cm au moins est recommandée.

Pour conserver les propriétés mécaniques des matériaux granulaires, la qualité de ces matériaux (roche dure) est très importante.

L'humidification de ces matériaux se fait soit in situ, soit en centrale. La mise en œuvre est généralement mécanique et le compactage est réalisé avec un rouleau à jante lisse vibrant à faible amplitude de vibration et (ou) avec un rouleau à pneus. Pour obtenir un état de surface correct, la finition sera effectuée par le rouleau à jante lisse. Ces matériaux étant très sensibles aux variations de leur dosage en eau, les chantiers devront être réalisés hors intempéries.

Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques

Les matériaux stabilisés aux liants hydrauliques offrent une solution intermédiaire entre un matériau non stabilisé et un revêtement en dur.

Il s'agit de mélanges de sables ou de **graves** de faible **granularité**, d'eau, de liant hydraulique et éventuellement d'un retardateur de prise. Une «cohésion» est fournie à moyen terme par la prise hydraulique. Il est nécessaire d'étudier le matériel de mise en œuvre pour obtenir l'uni souhaité sans avoir à effectuer un réglage fin par apport de matériau (risque de feuilletage). Dès la fin du compactage, on protégera le matériau par répandage d'un **produit de cure** (comparable à celui qui est utilisé sur le béton) de manière à éviter la décohesion provoquée par une dessiccation superficielle. Le choix

des **granulats**, outre les caractéristiques mécaniques souhaitées, sera conditionné par la couleur exigée par le projet à réaliser. Le dosage du liant hydraulique est compris entre 3,5 et 8%. Il s'agit généralement de ciment. Le liant peut également contenir du laitier de hauts-fourneaux, des cendres volantes silico-alumineuses, des cendres volantes hydrauliques, de la chaux aérienne et d'autres pouzzolanes.

Si ce matériau est mis en œuvre en épaisseur assez forte (jusqu'à 40 cm), il peut jouer le rôle d'assise et de **couche de roulement**. Sinon, il faut une fondation en **graves**. En fonction de l'usage auquel on le destine, un matériau stabilisé aux liants hydrauliques se met en œuvre en couches de 6 à 15 cm d'épaisseur.

Les matériaux stabilisés aux liants hydrauliques sont généralement confectionnés en centrale, mais un malaxage sur site est également envisageable pour de petites surfaces. Ils sont mis en œuvre manuellement et compactés au cylindre vibrant. Un arrosage est nécessaire afin de favoriser la prise du liant. Un délai pour éviter des dégradations de surface sera respecté avant toute mise en service. Ces matériaux étant très sensibles aux variations de leur dosage en eau, les chantiers devront être réalisés hors intempéries.

4.4 L'entretien

4.4.1 L'entretien comme critère du gestionnaire

L'entretien est sans nul doute un facteur décisionnel important dans le choix d'un revêtement piéton. En effet, vu les besoins spécifiques des piétons et PMR en matière de revêtement, tout problème de dégradation du revêtement ou de manque de propreté de celui-ci, généralement consécutif à un manque d'entretien ou de remise en état après travaux, engendrera bien souvent des problèmes pour les usagers, tant en termes de sécurité que de confort. Un aménagement piéton de qualité nécessite donc une gestion et un entretien efficaces. Les exigences qui en découlent peuvent jouer un rôle dans le choix d'un revêtement.

Les éléments déterminants dans les choix techniques en matière de structure, de matériaux et de traitement de surface sont :

- **la facilité d'entretien** : les revêtements choisis devront permettre un entretien aisé (propreté, déneigement, etc.) et relativement peu onéreux sous peine que celui-ci ne soit pas réalisé, réduisant l'attrait et la durabilité de l'aménagement. Les caractéristiques intrinsèques de certains matériaux les rendent faciles d'entretien ou particulièrement indiqués pour rétablir l'adhérence ou encore réparables sans qu'il faille pour cela rehausser le niveau de l'aménagement ;



La remise en état du revêtement après intervention des impétrants est primordiale

- **l'accessibilité des câbles et conduites et la facilité de réparation** : les câbles et conduites doivent être facilement et rapidement accessibles. Comme pour d'autres interventions telles que l'installation de mobilier urbain ou des réparations du revêtement, l'aménagement doit pouvoir être remis dans son état d'origine, sans que le confort du piéton soit mis à mal. Certains matériaux sont bien adaptés à ces problèmes alors que d'autres sont difficiles à remettre en place ou ne peuvent pas être fabriqués et mis en œuvre en petites quantités. En outre, il est parfois difficile de retrouver la même couleur ou de maintenir les caractéristiques initiales telles que la résistance, la planéité, etc.

La durabilité exigée détermine à la fois la fréquence et l'ampleur de l'entretien (ainsi que son coût). Un entretien efficace et régulier augmente la durée de vie de l'aménagement et le confort du piéton.

4.4.2 L'entretien des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations

4.4.2.1 Les revêtements modulaires

Pour garantir une bonne **durabilité**, les joints doivent être remplis en permanence. Ils doivent également être inspectés régulièrement (deux fois par an) et être rechargés aussi souvent que nécessaire de matériau approprié. Les affaissements doivent être remis à niveau. L'eau stagnante peut progressivement pénétrer dans la structure à travers des joints vides ou endommagés et nuire à la stabilité.

Des joints bien remplis permettent également de lutter contre l'apparition de mauvaises herbes, tout comme une utilisation intensive des aménagements. Enfin, certaines techniques d'entretien telles que le brossage, le brûlage, le nettoyage à la vapeur, etc. peuvent être appliquées pour empêcher les mauvaises herbes d'envahir les joints des revêtements modulaires. Il est déconseillé d'utiliser un nettoyeur haute pression pour éviter que le matériau de remplissage des joints ne soit emporté et aspiré par l'eau, ce qui rendrait les pavés plus poreux et plus sensibles à la formation de mousse.

Les pavés et les dalles en béton résistent bien aux agents chimiques (tels que les hydrocarbures). Selon la porosité et la **texture** superficielle, les éléments sont plus ou moins sensibles à l'apparition de mousse ou d'algues et la saleté adhèrera plus ou moins facilement à la surface. Un traitement préventif peut éventuellement être appliqué pour lutter contre ces phénomènes et faciliter l'entretien.

Dans le cas des revêtements modulaires en pierre naturelle, il est possible de choisir le matériau de jointolement de sorte qu'il puisse

résister à l'aspiration lors de nettoyages avec des balayeuses de voiries.

Les revêtements en pavés de terre cuite sont faciles d'entretien. Si les joints sont remplis de sable, il suffit de les remplir régulièrement et de brosser la surface. Lorsqu'ils sont rejointoyés au mortier, ils doivent être traités environ tous les trois ans avec de l'eau sous haute pression et du potassium.

4.4.2.2 Les revêtements en béton

L'entretien de revêtements en béton peut se limiter à remplir régulièrement les joints de construction et de dilatation d'un produit de scellement élastique afin d'éviter que les mouvements horizontaux de la dalle de béton ne provoquent l'encrassement, et donc le blocage, des joints.

En principe, les joints de retrait n'étant pas remplis d'une masse de scellement, le nombre de joints à entretenir est très restreint.

4.4.2.3 Les revêtements bitumineux

Enrobé à chaud

L'enrobé à chaud présente des besoins en entretien **limités**. Les charges sur le trottoir ne sont pas de nature à user l'enrobé. Il peut toutefois arriver qu'un enrobé qui a été moins bien compacté s'altère plus rapidement (fissuration, **plumage**) sous l'influence d'infiltrations d'eau. Une telle dégradation engendrera tout d'abord des nuisances pour les piétons (pierres qui se détachent et qui peuvent faire glisser les gens, dégradation accélérée de l'enrobé). Quand l'enrobé commence à montrer de tels signes de dégradation, il est recommandé de rendre la surface imperméable le plus vite possible. Pour ce faire, on nettoiera d'abord très bien la surface avant de la recouvrir d'un enduit superficiel ou d'un MBCF. Sans conséquence par rapport au niveau des zones adjacentes, cela refixera les pierres détachées et sera bénéfique pour la durée de vie du revêtement bitumineux.

Il en va de même pour les joints le long des bords et aux raccords du revêtement bitumi-

neux. Les joints doivent être inspectés régulièrement et le cas échéant remplis avec du produit de scellement de joints pour éviter l'infiltration d'eau.

Des interventions d'entreprises d'utilité publique par exemple dans un trottoir en béton bitumineux sont tout à fait réalisables d'un point de vue technique. Référez-vous aux dispositions du CCT 2011 (L.4.4). Quand on a de petites surfaces à réparer, il faudra préférer l'utilisation d'asphalte coulé à une mise en œuvre manuelle d'un béton bitumineux de type AC-Surf4-x, vu que l'on obtiendra un meilleur compactage. L'inconvénient est qu'on obtiendra un aspect de patchwork.

De plus, chaque intervention engendrera l'apparition dans la surface de joints supplémentaires qu'il faudra réaliser avec tout le soin nécessaire (par exemple, produit de scellement de joints) pour éviter à nouveau des infiltrations d'eau.

Indépendamment des règles d'entretien normales propres à tous les enrobés, un entretien spécifique peut s'avérer nécessaire pour les revêtements bitumineux à chaud colorés. Sur les aménagements piétons à revêtement clair soumis au trafic automobile, des traces de pneus sont plus vite visibles que sur de l'enrobé noir. L'utilisation d'eau sous pression permet généralement de nettoyer sans causer une perte de **durabilité** notoire. Les réparations locales à l'aide d'autres enrobés sont généralement peu esthétiques vu la difficulté de reproduire des enrobés de teintes identiques.

Asphalte coulé

L'asphalte coulé présente des besoins en entretien **limités**. C'est un revêtement à longue durée de vie, du fait de son étanchéité, et de son vieillissement lent. Il constitue des surfaces faciles à nettoyer, hormis dans le cas de rugosité élevée. Les caractéristiques à surveiller sont la rugosité et le garnissage des joints de pose. L'asphalte coulé est facile à réparer à l'aide d'un produit de même nature. La fabrication est possible en petites quantités et sur place, en pétrin mobile.

Le point délicat de la réparation est le nouveau joint ainsi créé à la surface de l'asphalte coulé. On veillera donc à effectuer ces réparations dans des conditions météorologiques favorables.

Les considérations propres aux enrobés à chaud colorés décrites ci-dessus valent également pour les asphaltes coulés colorés.

Enduits superficiels

Les enduits superficiels ont une longévité plus faible que les enrobés à chaud ou les asphaltes coulés. Leur réparation à l'aide de produits identiques ne pose pas de problème particulier, mais le nettoyage des enduits colorés à l'aide d'eau sous pression est plus problématique, dans la mesure où cette technique peut accélérer le [plumage](#).

MBCF

Les besoins en entretien d'un MBCF concernent essentiellement le maintien de la rugosité de la couche. Cette opération peut être réalisée par l'apport d'une nouvelle couche de MBCF, ce qui se fait aisément. Le risque de [plumage](#) par des opérations de nettoyage est moindre que pour les enduits superficiels et est fonction de la [texture](#) du MBCF.

4.4.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte

Béton désactivé

Les revêtements en béton désactivé ne constituent qu'une variante des revêtements en béton, leur entretien est identique à celui des revêtements en béton classique. Toutefois, les bétons désactivés de teinte claire peuvent éventuellement être traités à l'hydrofuge de surface pour en limiter les salissures dans le temps.

Enrobés écologiques

L'enrobé écologique ne se distingue des revêtements bitumineux ordinaires que par l'utilisation de liants végétaux naturels au lieu de liants à base de bitume. Les mêmes conseils que pour les enrobés bitumineux [ordinaires](#) sont d'application en matière d'entretien.

Matériaux non stabilisés

Les matériaux non stabilisés requièrent un entretien régulier par sablage et recompactage, surtout après des périodes de gel/dégel. Selon la fréquence de passage d'engins motorisés, il est nécessaire de passer une lame de réglage tous les trois à cinq ans environ. Les réparations d'ornières ou de sillons sont faciles à réaliser par apport et compactage de matériau neuf.

Le nettoyage de ces matériaux se fait par un balayage léger, les salissures n'adhérant en général pas à ceux-ci. La couleur est stable.

Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques

Les matériaux traités aux liants hydrauliques nécessitent un entretien annuel. Les réparations d'ornières ou de sillons sont réalisables en décaissant et en purgeant la zone dégradée. L'aspect de surface sera respecté si l'on dispose des mêmes matériaux.

Le nettoyage de ces matériaux se fait par un balayage léger, les salissures n'adhérant en général pas à ceux-ci. La couleur est stable. La mise en place d'un [géotextile](#) permet de lutter contre l'installation de la végétation.

4.5 Le coût

4.5.1 Le coût comme critère du gestionnaire

Dans le calcul du coût final de l'aménagement, il faudra prendre en compte l'intégralité du coût sur le cycle de vie :

- le coût d'investissement pour la construction : démolition de l'aménagement piéton s'il existe et reconstruction du nouvel aménagement (infrastructure, revêtement, drainage) ;
- le coût d'entretien fonctionnel et structurel ;
- les coûts environnementaux et de recyclage ;
- le coût social engendré par les gênes à la circulation des différents types d'utilisateurs, y compris les riverains.

En parallèle à ces coûts globaux, le gestionnaire ne doit pas négliger les bénéfices générés par la réalisation d'un nouvel aménagement, notamment au niveau social. En effet, si ceux-ci sont

difficilement quantifiables financièrement, les bénéfices engendrés par une pratique accrue de la marche sont généralement considérés comme importants et doivent également peser dans la balance qui justifie la nécessité de réaliser ces aménagements à destination des piétons.

4.5.2 Le coût des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations

4.5.2.1 Les revêtements modulaires

Les bandes de **contrebutage** sont indispensables à la durabilité des pavages et des dallages en béton, qui représentent un coût important. En outre, la pose exige une main-d'œuvre relativement intensive.

Une pierre naturelle de bonne qualité est onéreuse. Les pavages ou les dallages en pierre naturelle et en terre cuite requièrent une certaine expertise et une main-d'œuvre importante. Le **contrebutage** est toujours indispensable et explique également le coût élevé.

4.5.2.2 Les revêtements en béton

Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement initiaux plus élevés pour les aménagements en béton peuvent être limités :

- si le béton peut être mis en œuvre directement sur un sol dont la portance est suffisante ;
- si l'épaisseur du revêtement peut être limitée à 16 cm, comme dans le cas de trottoir où la circulation de trafic est très faible ou inexistante ;
- car les bords du béton ne s'effritent pas, ce qui permet d'épargner sur les frais de bandes de **contrebutage**.

Coûts d'entretien

L'entretien des aménagements en béton est peu coûteux, car seuls les joints de dilatation et de construction requièrent un entretien. En particulier dans le cas des trottoirs où il n'y a aucun trafic lourd, la **texture** superficielle sera conservée pendant tout le cycle de vie.

4.5.2.3 Les revêtements bitumineux

Coûts d'investissement

Des prix indicatifs pour la pose de différents types de revêtements bitumineux sont donnés dans les fiches techniques du *Code de bonne pratique pour le choix du revêtement bitumineux lors de la conception ou de l'entretien des chaussées* (R 78/06) du CRR.

La coloration des revêtements 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.

Coûts d'entretien

Les coûts d'entretien relativement faibles des revêtements bitumineux compensent une durée de vie globalement moindre que celle des revêtements en béton.

Ils peuvent être déterminés à l'aide des prix indicatifs des fiches techniques de la publication CRR R 78/06 mentionnée ci-dessus. Ces fiches donnent également des valeurs indicatives pour la **durabilité** des différents revêtements bitumineux.

De façon générale, l'on peut dire que les enrobés ont un bon rapport coût/**durabilité**. Les prix restent peu élevés comparativement à des solutions en béton ou d'enrobé de synthèse. Les coûts engendrés par un enrobé coloré sont de deux fois supérieurs à un enrobé classique.

4.5.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte

Béton désactivé

Le coût de mise en œuvre est **plus élevé que celui des revêtements en béton classiques** de par le fait du traitement en surface puisque cela requiert une certaine expertise et une main-d'œuvre supplémentaire.

Enrobés écologiques

Le revers de la médaille est le prix : le nouveau liant écologique est environ sept à huit fois plus cher que le bitume classique. À épaisseur de couche égale, l'enrobé sera **2,5 à 5 fois plus cher qu'un enrobé classique**.

Matériaux non stabilisés

Le prix de revient de ces matériaux est peu élevé.

Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques

Le prix de revient de ces matériaux est peu élevé.

4.6 L'intégration et les réglementations spatiales

4.6.1 L'intégration et les réglementations spatiales comme critères du gestionnaire

Le choix du revêtement est influencé par la réglementation environnementale, urbanistique et/ou patrimoniale régissant l'espace concerné. Outre le respect de ces impositions, l'intégration spatiale du matériau est également un critère de choix à prendre en compte lors de la conception de l'aménagement. Dans ce contexte, il se peut que certains types de matériaux et/ou couleurs soient prescrits ou, à l'inverse, proscrits pour le revêtement, ou du moins la surface de celui-ci. Dans le cas où ces impositions ne sont pas optimales du point de vue de la sécurité, du confort du piéton ou de l'entretien, il est indispensable qu'une discussion ouverte soit organisée entre l'ensemble des acteurs et services concernés afin qu'un compromis puisse être trouvé (aspects fréquentations, type d'insécurité, etc.). Il est néanmoins toujours recommandé que l'aspect sécurité du piéton prime, y compris sur l'aspect esthétique.

4.6.2 L'intégration des différents matériaux de revêtements piétons : évaluations et recommandations

4.6.2.1 Les revêtements modulaires

Les différents formats et coloris disponibles sur le marché rendent l'intégration des pavés et dalles de béton adaptée à toute situation.

En Région de Bruxelles-Capitale, pour des sites à caractère historique ou patrimonial, les éléments en pierre naturelle sont souvent privilégiés.

Les pavés en terre cuite, éventuellement posés sur chant, peuvent également contribuer au caractère d'un site particulier.

4.6.2.2 Les revêtements en béton

La possibilité de teinter le béton dans la masse et les différentes finitions de surface (brossé, désactivé, imprimé, etc.) permettent aux revêtements en béton de répondre à toutes les attentes. La technique du béton imprimé permet en outre d'imiter l'aspect esthétique des revêtements modulaires tout en offrant la résistance et la **durabilité** des revêtements en béton.

4.6.2.3 Les revêtements bitumineux

Les revêtements bitumineux colorés sont aussi fréquemment utilisés pour leurs qualités esthétiques. La volonté de mieux intégrer le revêtement dans son environnement, d'un point de vue esthétique, peut en effet pousser à choisir un revêtement de couleur spéciale lors de l'établissement du projet (cf. 3.6.2.3).

Lorsque, pour des raisons d'intégration urbanistique (par exemple site historique), seuls des pavés en pierre naturelle peuvent être utilisés, il est intéressant d'aménager une bande confort en béton bitumineux pour les piétons, pour autant que ce type de couche et la structure sous-jacente soient compatibles avec le trafic (cf. 2.3.1.2).

4.6.2.4 Les revêtements utilisés en zone verte

Béton désactivé

La possibilité de teinter le béton dans la masse et la grande diversité (teinte, calibre, etc.) de pierres disponibles sur le marché permettent aux revêtements en béton de répondre à toutes les attentes. Ils offrent en outre une très bonne intégration paysagère.

Enrobés écologiques

Les mêmes recommandations que pour les enrobés bitumineux ordinaires sont d'application.

Matériaux non stabilisés

Ces matériaux offrent une bonne intégration visuelle dans tout type de sites par un choix multiple dans la couleur des [granulats](#).

Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques

Ces matériaux offrent une bonne intégration visuelle dans tout type de sites par un choix multiple dans la couleur des [granulats](#).

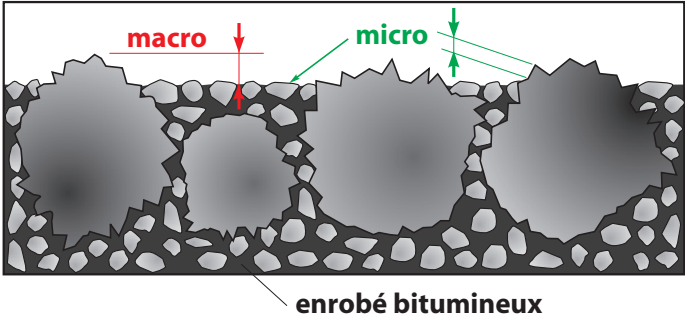


5- Glossaire

Aiguille vibrante	<i>Aiguille placée dans le béton fraîchement coulé et permettant de compacter celui-ci par l'intermédiaire de vibrations qui sont transmises directement dans le matériau.</i>
Appareillage	<i>Manière dont les pavés ou dalles sont posés les uns par rapport aux autres.</i>
Béton maigre	<i>Béton à faible teneur en ciment et donc de résistance mécanique restreinte.</i>
Catégorie de trafic	<i>Classe déterminée par la catégorie d'une route et les intensités de trafic (lourd) attendues sur cette route; elle sert de base au dimensionnement du revêtement.</i>
Charge de trafic	<i>Nombre de passages d'essieux standard par voie de circulation et par unité de temps.</i>
Coefficient de frottement longitudinal	<i>Coefficient qui caractérise la résistance au dérapage dans le sens longitudinal d'une chaussée, généralement exprimé en fonction d'une vitesse.</i>
Coefficient de frottement transversal	<i>Coefficient qui caractérise la résistance au dérapage dans le sens transversal d'une chaussée, exprimé par le rapport entre la force (N) perpendiculaire au plan de rotation d'une roue et la réaction normale du sol (R) due à la charge sur cette roue, la roue faisant un angle («angle d'envirage») avec le sens de déplacement.</i>
Coefficient de polissage accéléré (CPA)	<i>Coefficient qui caractérise la résistance au polissage d'un gros granulat pour couches de roulement sous l'effet du trafic.</i>
Coffrage	<i>Moule dans lequel le béton frais est mis en œuvre; on distingue les coffrages fixes (mise en œuvre manuelle) et les coffrages glissants (mise en œuvre à la machine).</i>
Compacité	<i>Densité = masse par unité de volume; aussi: masse volumique.</i>
Contrebutage	<i>Dispositif situé sur le bord du revêtement en surface de la chaussée et servant à contenir le revêtement (bande de contrebutage), à protéger et à renforcer le bord du revêtement (bordure de trottoir) ou à collecter et évacuer l'eau du revêtement (filet d'eau).</i>
Couche d'accrochage	<i>Enduit bitumineux destiné à assurer un collage entre deux couches d'enrobé superposées.</i>

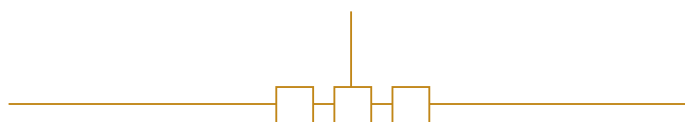
Couche de liaison	<i>Couche d'enrobé située entre la fondation et la couche de roulement; la structure comporte une ou plusieurs couches de liaison.</i>
Couche de reprofilage	<i>Couche d'épaisseur variable appliquée sur une couche ou surface existante pour assurer un profil permettant la mise en œuvre de couches d'épaisseur régulière.</i>
Couche de roulement	<i>Couche supérieure du revêtement en contact direct avec le trafic.</i>
Défaut d'uni	<i>Irrégularités de surface d'un revêtement routier de dimensions horizontales supérieures à 500 mm et de dimensions verticales dépassant la tolérance établie par le projet. Le défaut d'uni est généralement identifié sous deux formes: longitudinale ou transversale. La première est liée au confort de roulement; la seconde à l'orniérage.</i>
Durabilité	<i>La durabilité constructive d'une structure correctement dimensionnée et entretenue ou d'une couche intégrée dans cette structure, est le nombre d'années entre la pose et le remplacement de cette construction (ou couche) pour cause de dégradations. On distingue:</i> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>durabilité faible: inférieure à 10 ans;</i> ▪ <i>durabilité moyenne: entre 10 et 20 ans;</i> ▪ <i>durabilité élevée: supérieure à 20 ans.</i>
Essai de chargement à la plaque	<i>Essai réalisé sur chantier afin de déterminer la portance d'un sol support, d'une plate-forme ou d'une chaussée; il consiste à charger une plaque circulaire disposée sur le support et à mesurer son déplacement vertical sous la charge appliquée.</i>
Faïençage	<i>Réseau dense ou maillé de fissures se produisant dans les couches de surface, donnant un indice de rupture.</i>
Fatigue	<i>Détérioration des caractéristiques d'un matériau suite à de multiples chargements répétés.</i>
Filler	<i>Granulat fin, dans un mélange lié, composé principalement de particules < 63 µm, qui est ajouté pour conférer certaines caractéristiques à un produit.</i>
Fines	<i>Classe granulaire passant à un tamis normalisé de 0,06 à 0,08 mm selon le pays (ex.: 0,063 en normalisation européenne).</i>
Finisseur	<i>Machine servant à l'épandage et au précompactage d'une couche d'enrobé bitumineux.</i>
Frayée	<i>Trace formée par les véhicules à la surface d'une voie dont le revêtement n'est pas assez dur.</i>
Géotextile	<i>Matériau naturel ou synthétique tissé ou non tissé utilisé dans les structures de terrassements et de routes.</i>
Goujon	<i>Barre en acier qui est posée à hauteur des joints dans le béton et qui a pour fonction première de transférer les forces transversales verticales afin de limiter le glissement des éléments.</i>

Granularité	Répartition dimensionnelle des grains d'un matériau granulaire.
Granulat	Matériau granulaire utilisé dans les couches de la structure.
Grave	Mélange reconstitué ou naturel de granulats de différentes classes granulaires.
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.
Macrotecture	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. On distingue : <ul style="list-style-type: none"> ▪ forte macrotecture: si Mean Texture Depth (MTD) \geq 0,5 mm, ce qui correspond à un calibre maximal \geq 10 mm; ▪ fine macrotecture: si MTD $<$ 0,5 mm, ce qui correspond à un calibre maximal $<$ 10 mm. (cf. aussi texture)
Maniabilité (ouvrabilité)	Aptitude d'un mélange à être mis en œuvre.
Mégatecture	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 macrotecture hétérogène, soit de dégradations (nids de poule) ou d'un défaut de mise en œuvre (vagues, etc.).
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. (cf. aussi texture)
Module de compression	Le module de compression indique la compressibilité ou la portance du sol, de la surface du sol ou du revêtement et peut être mesuré à l'aide de l'essai de chargement à la plaque.
Orniérage	Déformation permanente longitudinale créée par le passage des véhicules.
Ouvrabilité	Cf. maniabilité.
Overlay	Couche(s) de revêtements posée(s) en surépaisseur sur le revêtement existant.
Plumage	État de la surface après arrachement du granulat.
Poutre vibrante	Poutre placée sur la surface du béton fraîchement coulé et permettant de compacter et de lisser celui-ci par l'intermédiaire de vibrations qui sont transmises dans le matériau.

Principe STOP	Le principe STOP est une nouvelle manière d'appréhender la mobilité. Dans un premier temps, l'attention doit se tourner vers les piétons (S tappers), les cyclistes (T rappers), puis les transports en commun (O penbaar vervoer), puis seulement vers les voitures personnelles (P ersonenwagen). L'idée est de ne s'intéresser aux voitures qu'une fois que les trois premières alternatives ont été abordées.
Produit de cure	Verni liquide qui crée à la surface du revêtement une membrane imperméable destinée à réduire l'évaporation d'eau et la dessiccation du béton; il est généralement à pigmentation blanche ou métallisée.
Résistance à la compression	Contrainte maximale dans un élément soumis à une charge de compression jusqu'à la rupture.
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.
Teneur en liant	Masse de liant par rapport à 100% en masse des agrégats secs (respectivement en masse du mélange). On distingue : <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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%).
Texture	Irrégularités de surface d'un revêtement routier de dimensions horizontales («longueurs d'onde») comprises entre 0 et 500 mm; la texture est répartie en microtexture, macrotexture et mégatexture.
	
Valeur CBR	CBR est l'abréviation de California Bearing Ratio (indice portant californien). L'essai CBR permet de déterminer la résistance du sol ou du revêtement d'une route. Cette résistance est exprimée sous la forme d'un nombre, la valeur CBR.

Abréviations utilisées

AC	Béton bitumineux (<i>Asphalt Concrete</i>)
ANLH	Association Nationale pour le logement des Personnes Handicapées
CE	Conformité européenne
CERTU	Centre d'Études sur le Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions routières
CRIC	Centre national de Recherches scientifiques et techniques pour l'Industrie Cimentière
CRR	Centre des recherches routières
EN	<i>European Norm</i> (norme européenne)
Gamah	Groupe d'action pour une meilleure accessibilité aux personnes handicapées
MBCF	Matériaux bitumineux coulés à froid
NBN	Bureau de Normalisation
PMR	Personne à mobilité réduite
PTV	Prescriptions techniques
RPC	Réglementation Produits de Construction (successeur de la Directive Produits de Construction – DPC)
RRU	Règlement régional d'urbanisme
SMA	<i>Splittmastixasphalt</i>
TRB	<i>Transportation Research Board</i>
UV	Ultraviolet
VTT	Vélo tout terrain



6- Tableau de synthèse des différents types de revêtements évalués en fonction des besoins des usagers et des critères du gestionnaire

	Besoins propres à l'usager						
	Planéité	Stabilité	Rugosité (adhérence)	Absence d'obstacles	Évacuation des eaux	Lisibilité/visibilité	Propreté
Les revêtements modulaires							
Pavés et dalles de béton	Moyenne (dépend de la dimension des éléments, de l'appareillage, de la présence et du type de chanfrein, de la largeur des joints)	Bonne (si dimensionnement adapté aux sollicitations attendues)	Bonne (dépend du traitement superficiel choisi)	Sensibles aux racines	Bonne (mais risque d'infiltration d'eau dans la structure)	Bonne (texture et couleurs variées, multiples appareillages de pose)	Peu sensibles aux salissures, sauf pour les éléments de teinte claire
Pavés et dalles de pierre naturelle	Moyenne pour les pavés sciés, à mauvaise pour les pavés non sciés (dépend de la taille des éléments, de l'appareillage et de la largeur des joints)	Bonne (si dimensionnement adapté aux sollicitations attendues)	Variable (dépend de la face supérieure, de la nature de la roche, du nombre et de la largeur des joints)	Sensibles aux racines	Bonne (mais risque d'infiltration d'eau dans la structure si utilisation de matériaux non liés)	Bonne (teinte de la pierre, multiples appareillages de pose)	Peu sensibles aux salissures
Pavés en terre cuite	Moyenne	Bonne (si dimensionnement adapté aux sollicitations attendues)	Bonne	Sensibles aux racines	Bonne (mais risque d'infiltration d'eau dans la structure)	Bonne (teinte naturelle, multiples appareillages de pose)	Peu sensibles aux salissures
Les revêtements en béton							
Béton	Excellente (dépend du nombre et de l'implantation des joints, de la composition et de l'approvisionnement en béton, etc.)	Excellente (si dimensionnement adapté aux sollicitations attendues)	Bonne (dépend du traitement superficiel choisi)	Insensible aux racines	Bonne (s'il existe une pente suffisante pour l'évacuation latérale de l'eau en surface)	Bonne (texture et couleurs variées)	Peu sensible aux salissures, sauf dans le cas (rare) des bétons blancs

Critères propres au gestionnaire					
Durabilité	Aspects environnementaux et de santé publique	Mise en œuvre	Entretien	Coûts	Intégration spatiale
Bonne si le revêtement est correctement conçu, exécuté et entretenu	Durables, réutilisables et recyclables comme matériau secondaire	Contrebutage indispensable. Main-d'œuvre relativement intensive. Faciles à démonter et à replacer. Marquage difficile à cause des joints (possibilité de marquages avec pavés)	Variable selon la couleur choisie et l'environnement. Remplissage régulier des joints.	Coût élevé (contrebutage indispensable et onéreux, pose exigeant une main-d'œuvre relativement intensive)	Bonne intégration dans de nombreux environnements (vaste gamme de textures, couleurs, formats, appareillages)
Bonne si le revêtement est correctement conçu, exécuté et entretenu	Durables, réutilisables et recyclables comme matériau secondaire	Contrebutage indispensable. Main-d'œuvre spécialisée et relativement intensive. Faciles à démonter et à replacer. Marquage difficile à cause des joints et mauvaise adhérence du marquage au revêtement	Remplissage régulier des joints	Coût élevé (pierre naturelle onéreuse, contrebutage indispensable et onéreux, pose exigeant une main-d'œuvre relativement intensive et expérimentée)	Très bonne intégration dans de nombreux environnements (vaste gamme de textures, couleurs, formats, appareillages)
Bonne si le revêtement est correctement conçu, exécuté et entretenu	Durables et réutilisables	Contrebutage indispensable. Main-d'œuvre spécialisée et relativement intensive. Faciles à démonter et à replacer. Marquage difficile à cause des joints	Remplissage régulier des joints	Coût élevé: (contrebutage indispensable et onéreux, pose exigeant une main-d'œuvre relativement intensive et expérimentée)	Bonne intégration dans de nombreux environnements (vaste gamme de couleurs, formats, appareillages, pose sur chant)
Excellente (30 à 40 ans voire plus) si correctement conçu et exécuté	Recyclage du béton concassé comme matériau secondaire en fondation ou pour la production de béton frais. Économies d'éclairage car plus visible la nuit grâce à la couleur plus claire.	Adapté à la mise en œuvre en petites quantités. Contrebutage non nécessaire. Revêtement adapté pour le marquage.	Peu d'entretien	Coûts d'investissement initiaux plus élevés compensés par une longue durée de vie et un entretien peu coûteux	Intégration harmonieuse tant en zone verte qu'en milieu urbain (choix multiples de textures et de colorations)

Besoins propres à l'usager

	Planéité	Stabilité	Rugosité (adhérence)	Absence d'obstacles	Évacuation des eaux	Lisibilité/visibilité	Propreté
Les revêtements bitumineux							
Enrobés à chaud	Excellente car revêtement d'une seule pièce (si pose au finisseur)	Bonne à excellente (si dimensionnement adapté aux sollicitations attendues)	Bonne (dépend de la formulation)	Moyennement sensibles aux racines (dépend de l'épaisseur du revêtement et de la fondation)	Bonne (s'il existe une pente suffisante pour l'évacuation latérale de l'eau en surface)	Bonne (possibilité d'employer des enrobés à chaud colorés)	Sensibles aux salissures
Asphalte coulé	Excellente (dépend de la planéité du support)	Moyenne à bonne (risque de déformation par température élevée, problématique des charges poinçonnantes)	Moyenne (peut être augmentée par un gravillonnage en surface)	Moyennement sensible aux racines (dépend de l'épaisseur du revêtement et de la fondation)	Bonne (s'il existe une pente suffisante pour l'évacuation latérale de l'eau en surface)	Bonne (possibilité d'employer aisément de l'asphalte coulé coloré)	Peu sensible aux salissures
Enduits superficiels	Dépend de la planéité du support	Dépend de la stabilité du support	Très bonne	Dépend du support sur lequel l'enduit a été posé	Très bonne (évacuation latérale de l'eau en surface fonction de la macrotexture présente, le support doit aussi avoir une pente suffisante)	Faible (limitée en fonction des granulats colorés disponibles)	Plus sensibles aux salissures (présence d'une forte macrotexture)
MBCF	Dépend de la planéité du support	Dépend de la stabilité du support	Moyenne à très bonne	Dépend du support sur lequel l'enduit a été posé	Bonne (le support existant doit aussi avoir une pente suffisante pour l'évacuation de l'eau)	Très bonne	Sensibles aux salissures

Critères propres au gestionnaire					
Durabilité	Aspects environnementaux et de santé publique	Mise en œuvre	Entretien	Coûts	Intégration spatiale
Bonne (+/-20 ans) si correctement dimensionnés, avec évacuation d'eau performante et présentant les caractéristiques prescrites	Recyclage comme matériau secondaire en fondation ou pour la production d'enrobé neuf. Enrobés tièdes disponibles également.	Adapté pour des trottoirs présentant des longueurs importantes, même si la largeur est limitée. Faible aptitude à l'emploi en très petites quantités. Pose manuelle possible, mais non recommandée. Le revêtement convient pour la pose de marquages routiers.	Peu d'entretien et à relativement faibles coûts	Bon rapport coût/durabilité. Le prix des enrobés colorés est significativement plus élevé que celui des enrobés classiques.	Qualité esthétique pouvant être améliorée par de la coloration
Bonne (+/-20 ans) si correctement dimensionné, avec évacuation d'eau performante et présentant les caractéristiques prescrites	Recyclage comme matériau secondaire en fondation ou pour la production d'enrobé neuf	Bien adapté à l'emploi en petites quantités. Contrebutage utile, voire nécessaire. Très bien adapté aux géométries complexes et aux faibles largeurs. Le revêtement convient pour la pose de marquages routiers.	Peu d'entretien et à relativement faibles coûts	Coûteux. En utilisant de l'asphalte coulé coloré, le prix augmente.	Qualité esthétique pouvant être améliorée par de la coloration
Longévité plus faible (5 à 10 ans) que les enrobés ou asphaltes coulés, mais il s'agit d'une technique d'entretien	Pas de recyclage	Nécessitent un savoir-faire confirmé. Mise en œuvre manuelle et par mauvais temps proscrite. Le revêtement convient pour la pose de marquages routiers.	Peu d'entretien et à relativement faibles coûts	Peu coûteux	Peu adapté
Longévité plus faible (5 à 10 ans) que les enrobés ou asphaltes coulés, mais il s'agit d'une technique d'entretien	Pas de recyclage	Nécessitent un savoir-faire confirmé. Mise en œuvre par mauvais temps proscrite. Le revêtement convient pour la pose de marquages routiers.	Peu d'entretien et à relativement faibles coûts	Peu coûteux	Facile pour des répartitions (en couleur) sur des zones piétonnes et des places

Besoins propres à l'usager

	Planéité	Stabilité	Rugosité (adhérence)	Absence d'obstacles	Évacuation des eaux	Lisibilité/visibilité	Propreté
Les revêtements utilisés en zone verte							
Béton désactivé	Bonne à excellente (comparable à la planéité des revêtements en béton, dépend des moyens d'exécution utilisés)	Excellente (identique à la stabilité des revêtements en béton)	Très bonne	Insensible aux racines	Bonne (évacuation latérale de l'eau en surface)	Bonne (dépend du choix de la couleur des granulats, de leurs dimensions et des mélanges)	Peu sensible aux salissures
Enrobé écologique	Excellente car revêtement d'une seule pièce (si pose au finisseur)	Bonne à excellente (si dimensionnement adapté aux sollicitations attendues)	Bonne (dépend de la formulation)	Moyennement sensible aux racines (dépend de l'épaisseur du revêtement et de la fondation)	Bonne (s'il existe une pente suffisante pour l'évacuation latérale de l'eau en surface)	Bonne (liant incolore pigmentable)	Sensibles aux salissures
Matériaux non stabilisés	Faible (inadaptés aux utilisateurs de rollers, ainsi qu'aux PMR)	Mauvaise (inadaptés aux utilisateurs de rollers, ainsi qu'aux PMR)	Bonne	Très sensibles aux racines	Mauvaise. Risque important d'érosion via les eaux de ruissellement (sauf si la structure est rendue drainante).	Bonne (choix multiple dans la couleur des granulats)	Insensibles aux salissures (attention à la poussière et la boue pour l'usager)
Matériaux stabilisés aux liants hydrauliques	Faible (inadaptés aux utilisateurs de rollers, ainsi qu'aux PMR)	Moyenne (dépend du dosage en liant)	Moyenne (risque de dérapage si légère dégradation du matériau en surface)	Dépend du dosage du liant	Moyenne (matériau non drainant nécessitant une évacuation latérale des eaux)	Bonne (choix multiple dans la couleur des granulats)	Insensibles aux salissures (attention à la poussière et la boue pour l'usager)

Critères propres au gestionnaire					
Durabilité	Aspects environnementaux et de santé publique	Mise en œuvre	Entretien	Coûts	Intégration spatiale
<i>Très bonne</i>	<i>Recyclage des débris de béton comme matériau secondaire en fondation ou pour la production de béton frais. Économies d'éclairage car plus visible la nuit grâce à la couleur plus claire.</i>	<i>Adapté à la mise en œuvre en petites quantités. Contrebutage non nécessaire. Nécessite une pulvérisation d'un désactivant en surface et un lavage au jet d'eau à haute pression.</i>	<i>Peu d'entretien</i>	<i>Coûts d'investissement initiaux plus élevés compensés par une longue durée de vie et un entretien peu coûteux</i>	<i>Très bonne intégration paysagère</i>
<i>Pas d'information disponible sur la durabilité des enrobés écologiques à moyen et long terme</i>	<i>Liant végétal et température de fabrication moins élevée que celle d'un enrobé classique. Recyclable.</i>	<i>Faible aptitude à l'emploi en très petites quantités. Pose manuelle non recommandée. Le revêtement convient pour la pose de marquages routiers.</i>	<i>Peu d'entretien et à relativement faibles coûts</i>	<i>Liant huit fois plus cher que le bitume classique. Couche finie 2,5 à 5 fois plus chère.</i>	<i>Qualité esthétique pouvant être améliorée par de la coloration</i>
<i>Faible à moyenne</i>	<i>Impact environnemental plus faible que le béton et les enrobés</i>	<i>À réaliser hors intempéries. Aisée sur chemins sinueux.</i>	<i>Requièrent un entretien régulier. Sensibles aux eaux de ruissellement et au gel/dégel</i>	<i>Coûts de mise en œuvre peu élevés</i>	<i>Bonne intégration visuelle dans tout type de sites par un choix multiple dans la couleur des granulats</i>
<i>Moyenne, mais plus importante que celle des matériaux non stabilisés</i>	<i>Impact environnemental plus faible que le béton et les enrobés</i>	<i>À réaliser hors intempéries</i>	<i>Requièrent un entretien régulier mais sont plus résistants que les matériaux non stabilisés</i>	<i>Coût faible, mais plus élevé que celui des matériaux non stabilisés</i>	<i>Bonne intégration visuelle dans tout type de sites par un choix multiple dans la couleur des granulats</i>



7- Références bibliographiques

1. *Cahier des charges type relatif aux voiries en Région de Bruxelles-Capitale (CCT 2011) et Standaardbestek 250 voor de Wegenbouw (SB 250 – Vlaanderen)*
2. *Code de bonne pratique pour le dimensionnement des chaussées à revêtement hydrocarboné*, Recommandations CRR, R49/83, Centre de recherches routières, 1983
3. *Code de bonne pratique pour l'exécution des revêtements en béton*, Recommandations CRR, R75/05, Centre de recherches routières, 2005
4. *Code de bonne pratique pour le choix du revêtement bitumineux lors de la conception ou l'entretien des chaussées*, Recommandations CR, R78/06, Centre de recherches routières, 2006
5. *Code de bonne pratique pour la conception et l'exécution des revêtements en pavés de béton*, Recommandations CRR, R80/09, Centre de recherches routières, 2009
6. *Eléments pour un plan directeur des actions pour les piétons 2010-2014*, Bruxelles Mobilité, Administration de l'Équipement et des Déplacements, février 2010
7. *Evolution de la température d'une couche d'enrobé bitumineux nouvellement posée*, Compte-rendu de recherche, CR42/06, Centre de recherches routières, 2006
8. *Guide de bonnes pratiques pour l'aménagement de cheminements piétons accessibles à tous*, Références légales RW99 (version 2004), Les manuels du MET, n° 10, octobre 2006
9. *IRIS II*, Plan de Mobilité, Région de Bruxelles-Capitale, septembre 2010
10. *La voirie à faible trafic (1) – Les pistes cyclables en béton de ciment*, Bulletin I1, Fédération de l'Industrie Cimentière Belge (Febelcem), 2009
11. *Limiter la fissuration: condition indispensable à la durabilité des bétons*, Bulletin T3, Fédération de l'Industrie Cimentière Belge (Febelcem), novembre 2010
12. *Pierres naturelles – Conception et réalisation de voiries et d'espaces publics*, AITF (Association des ingénieurs territoriaux de France) et CTMNC (Centre technique de matériaux naturels de construction), France, octobre 2010
13. *Règlement régional d'urbanisme*, Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 21 novembre 2006
14. *Revêtements pour circulation de piétons*, fascicule 5 édition 2005, Office des asphaltes, France, 2005
15. *Structures et revêtements des espaces publics*, CERTU, France, 2001
16. *Vademecum personnes à mobilité réduite dans l'espace public*, Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale, janvier 2006
17. *Vademecum Vélo en Région de Bruxelles-Capitale – Revêtements des aménagements cyclables*, Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale – Centre de recherches routières, mai 2009
18. *Vademecum Voetgangersvoorzieningen*, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 2003

Réalisé par:



Centre de recherches routières
Bd de la Woluwe 42 – B-1200 Bruxelles
Tél.: 02 775 82 20 – E-mail: brrc@brrc.be
www.crr.be

À l'initiative de :

bruxellesmobilité
mobiëlbrussel 

Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale
Administration de l'Équipement et des Déplacements
Direction Stratégie

CCN – rue du Progrès 80 bte 1 – B-1035 Bruxelles
Tél.: 02/204.20.07 – Fax: 02/204.15.10
bruxellesmobilite@mrbc.irisnet.be
www.bruxellesmobilite.irisnet.be



La qualité des aménagements piétons détermine le succès ou l'échec de leur utilisation.

La sécurité, le confort, l'attrait et l'accessibilité des aménagements piétons constituent les quatre exigences principales des piétons en matière de qualité.



Ces exigences sont étroitement liées à la qualité du revêtement et de l'éclairage.

Le présent volet du vademecum vise à donner des recommandations basées notamment sur les besoins des usagers, pour la conception, la mise en œuvre et l'entretien des revêtements en vue de la réalisation d'aménagements piétons de qualité.

L'éclairage fait l'objet d'un volet distinct, rédigé par le même auteur.



MINISTÈRE DE LA RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE
MINISTERIE VAN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST

