



**Le vélo - Un mode de déplacement durable,
nécessitant des solutions techniques appropriées**



Dossier

Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées

Rédaction

X. Cocu : 010 23 65 26; x.cocu@brrc.be
F. Debelles: 010 23 65 21; f.debelles@brrc.be
O. Van Damme: 02 775 82 49; o.vandamme@brrc.be

Groupe de relecture

W. Debauche, O. De Myttenaere, M. Hindrijckx, B. Meert, C. Moraux, J.-P. Van De Winckel, A. Vanelstraete, H. Van Geelen.

Liste d'abréviations

BB-1, BB-4 et BB-5:	béton bitumineux de type 1, 4 et 5*
CBR:	indice portant californien (<i>California Bearing Ratio</i>)
CPA:	coefficient de polissage accéléré
E/C:	rapport eau-ciment
ED:	enrobé drainant*
MBCF:	matériaux bitumineux coulés à froid*
MPa:	Méga Pascal
RMD:	revêtement mince discontinu*
RMTO:	revêtement mince à texture ouverte*
RUMG:	revêtement ultra mince grenu*
SMA:	Split Mastic Asphalt*

* pour les spécifications relatives à ces revêtements, voir les Cahiers des charges types RW99, CCT2000 et SB250

► Avant-propos

Le développement durable est devenu un principe fondamental qui touche l'ensemble de la société actuelle. Il est centré sur un réaménagement de la société en tenant compte des besoins des générations actuelles et futures. Pour réaliser cette transition vers une société plus durable, il faut mener une politique visant à établir un équilibre entre trois enjeux ou piliers: les enjeux environnementaux, sociaux et économiques.

Le vélo, élément central de ce dossier, constitue un moyen important pour aider les politiques, et le monde en général, à tendre vers une société, une mobilité plus durable. En effet, la pratique du vélo, tant pour le loisir que pour le sport ou les déplacements quotidiens, influe de manière positive sur chacun de ces trois piliers.

L'enjeu social: la pratique du vélo est bénéfique pour la santé. Certaines études ont effectivement démontré qu'un usage régulier du vélo peut allonger l'espérance de vie. Par ailleurs, rouler à vélo n'implique aucune pollution sonore, celle-ci pouvant être néfaste pour la santé. Diverses études démontrent également que le développement du vélo n'est pas incompatible avec le développement durable du point de vue de la sécurité de l'utilisateur, même si, comme pour tout mode de déplacement, la pratique du vélo présente parfois un certain risque. Enfin, rouler à vélo est à la portée de tous et constitue un vecteur social non discriminant pour l'ensemble de la population.

L'enjeu environnemental: tout comme la marche, le vélo est un mode de déplacement «écologique». En effet, son usage influence peu la qualité de l'air. Les bénéfices environnementaux sont même doubles puisqu'en plus de réduire le nombre de déplacements polluants effectués en véhicule motorisé, la fluidité du trafic automobile est augmentée réduisant du même coup la pollution.

L'enjeu économique: le développement d'infrastructures et d'équipements cyclables par les gestionnaires de voiries représente des montants non négligeables qui sont injectés annuellement dans l'économie du pays.



Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées

Les activités qui se développent autour du vélo offrent également de multiples opportunités d'emploi (éducation, formation, points vélos, etc.). Enfin, la pratique du vélo, alternative aux véhicules motorisés pour les déplacements de courte distance, influence de manière indirecte la congestion automobile et par conséquent les temps de trajet des autres véhicules.

► Objectif du dossier

De manière générale, le vélo constitue donc un des outils du développement durable. Toutefois, si la bicyclette est un mode de déplacement économique, non bruyant et propre, il n'en reste pas moins que son usage nécessite des mesures spécifiques, en particulier en termes d'aménagement des voiries. La recherche routière se doit donc d'intégrer ces aspects dans toute étude liée aux infrastructures routières.

Conscient de ces enjeux en termes de mobilité et de sécurité, le Centre de recherches routières (CRR) s'est investi dans différents projets, études et publications relatifs à ce mode de déplacement. Citons notamment:

- une étude relative à l'aménagement et à la signalisation des intersections du RAVeL (Réseau autonome des voies lentes) avec le réseau routier motorisé;
- la réalisation de campagnes de mesure d'accélération verticales ressenties par un cycliste sur différents types de revêtements en pavés;
- la rédaction des volets *Revêtements des aménagements cyclables* (réf. 1) et *Marquages et éclairage des aménagements cyclables* (réf. 2) du Vademecum vélo en Région de Bruxelles-Capitale;
- la rédaction d'un *Guide de bonnes pratiques pour les aménagements cyclables en Région wallonne* (à paraître).

Nous avons considéré ce dossier spécial consacré au vélo comme une opportunité de faire le point après ces quelques études et publications confiées au CRR. Une occasion de revenir sur quelques questions majeures que se posent nombre de responsables de projets, maîtres d'ouvrages ou gestionnaires de voiries, à savoir:

1. Quelle est la place du cycliste sur la voirie?
2. Quels sont les besoins spécifiques des cyclistes?
3. Quels sont les principaux types d'aménagements cyclables?
4. Quels sont les critères de choix d'un revêtement et les structures les plus caractéristiques pour un aménagement cyclable?

Ces réflexions sont abordées dans la suite du présent document en quatre sections distinctes. Le lecteur notera que ce dossier n'a pas pour vocation de se substituer aux codes de bonnes pratiques et autres vademecum existants et qu'il ne dispense pas non plus de la consultation d'autres publications spécifiques et détaillées, comme celles mentionnées par la suite. Il s'agit ici principalement d'attirer l'attention des responsables de projets, des maîtres d'ouvrages ou des gestionnaires de voiries sur quelques questions fondamentales leur permettant d'intégrer au mieux le mode de déplacement cyclable dans les projets routiers.

► 1. Place du cycliste sur la voirie

Le vélo offre une alternative valable pour les trajets courts. Il constitue un mode de déplacement idéal pour les distances allant jusqu'à ± 7 km et mérite dès lors toute sa place sur la voirie.

Un itinéraire cyclable peut être constitué de plusieurs aménagements qui ne se limitent pas aux pistes cyclables. Ainsi, une zone 30, une aire piétonne ou une zone de rencontre présentant un aménagement cohérent assure par elle-même la circulation des cyclistes.

Aborder la question de la place du cycliste sur la voirie revient toutefois bien souvent à décider s'il faut intégrer ou non les cyclistes dans la circulation automobile. Dans ce contexte, deux critères essentiels guident la réponse: la **volume de circulation** et les **vitesse pratiquées**.

En clair, comme nous l'indiquons ci-après, plus le volume de circulation et les vitesses sont élevés, plus il est nécessaire, pour une question de sécurité, d'éloigner les cyclistes de la circulation motorisée. Le graphique ci-contre présente un schéma d'aide à la décision permettant d'effectuer rapidement un choix parmi les **trois grands principes d'aménagements cyclables**.

Outre ces considérations relatives au trafic et à la vitesse, il est évident que la catégorie fonctionnelle de la voirie et les caractéristiques de l'environnement traversé sont deux facteurs qui doivent être pris en compte au moment de la conception des aménagements. Des publications spécialisées traitent de ces questions.

La **mixité**: c'est le cas des zones à circulation apaisée comme les zones 30 et zones de rencontre. La chaussée est partagée par l'ensemble des usagers et l'intégration des vélos dans la circulation générale est bien adaptée.

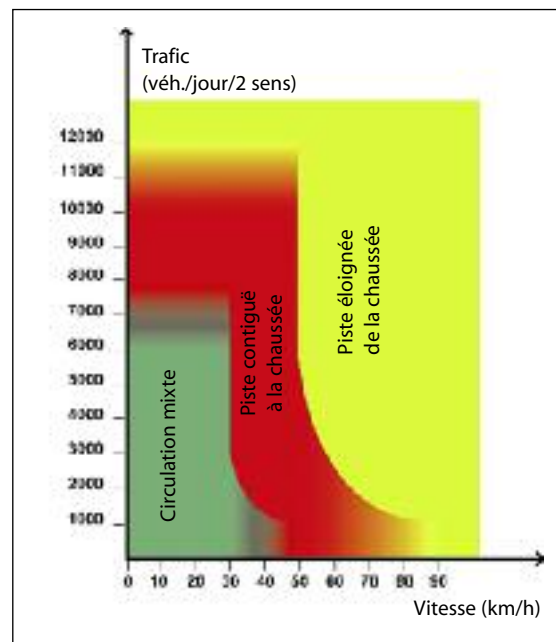


Schéma d'aide au choix d'un aménagement (réf. 3)



Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées

La **séparation**: on éloigne des véhicules motorisés les usagers dont les modes de déplacement sont différents au regard de la vitesse, de la vulnérabilité (piétons, cyclistes). La séparation se traduit pour la majorité des voies à 50 km/h, par un aménagement cyclable contigu à la chaussée (piste cyclable marquée), de manière à améliorer la perception réciproque des cyclistes et des usagers motorisés.



L'**éloignement** ou l'**exclusion**: dans le cas d'avenues ou de boulevards à flux de trafic important et vitesse limitée à 70 km/h, on procédera à l'éloignement. Pour les voies rapides, le gestionnaire appliquera l'exclusion: il devra prévoir des pistes cyclables séparées physiquement de la chaussée ou un itinéraire alternatif.



Dans ce type d'analyse, le volume de circulation est exprimé en nombre de véhicules/jour comptabilisés dans les deux sens de circulation. Il peut être obtenu par consultation des données de comptages généralement disponibles sur les axes routiers principaux. Pour les axes moins fréquentés (< 1 000 véhicules/jour), aucune donnée précise n'est nécessaire.

La vitesse du trafic quant à elle est habituellement caractérisée par son 85^{ème} percentile, soit la vitesse en dessous de laquelle 85 % des véhicules circulent (également nommée V85). Bien entendu, si certains excès de vitesse ponctuels, très néfastes pour la sécurité du cycliste, sont constatés dans l'étude d'un site, il sera probablement utile de prendre des mesures locales pour tenter de diminuer le risque individuel.

Il ressort de tout cela que l'approche «intégration» essaie de résoudre le problème d'incompatibilité entre le trafic motorisé (rapide) et le trafic non motorisé (piétons, cyclistes) en adaptant le comportement du conducteur aux circonstances. L'approche «ségrégation» essaie quant à elle de résoudre le problème en donnant aux modes incompatibles leurs propres territoires.

Chaque principe présente des spécificités propres qu'il est bien entendu important de confronter avec la réalité avant de sélectionner in fine le type d'aménagement à réaliser. Enfin, différents **critères complémentaires** tels que ceux repris ci-après, sont également susceptibles de modifier le choix d'aménagement.

- La **composition du trafic**: en présence de transports en commun et/ou de poids lourds, l'utilité de réaliser une séparation (visuelle ou physique) augmente (à défaut, on tentera d'agir sur la vitesse du trafic motorisé).
- Le **relief**: en cas de forte dénivellation, on privilégiera une séparation en montée compte tenu de la vitesse peu élevée du cycliste et donc du risque de louvoiement plus important.
- Le **stationnement**: en présence de stationnement, plusieurs problèmes apparaissent: manœuvres fréquentes des automobilistes, risque d'arrêt/stationnement en double file, ouverture de portières, etc.
- Le **gabarit de la route**: si la voirie est trop étroite pour créer une séparation physique ou visuelle, un compromis entre l'ensemble des modes de déplacement devra être trouvé.
- La **fréquence des carrefours**: le gain de sécurité qu'offrent théoriquement les pistes cyclables séparées peut être annulé par un surcroît de danger causé par la présence de nombreux carrefours et entrées/sorties de parkings et garages.
- Le **milieu, l'environnement**: en ville, la meilleure approche sera de privilégier la modération de vitesse partout où cela est possible pour permettre l'intégration des vélos dans la circulation: zone 30, réduction du nombre de voies et sens unique limité par exemple. Pour les voies interquartiers où la vitesse sera limitée à 50 km/h, on privilégiera les pistes marquées contiguës à la chaussée et de bonne largeur. Pour les voies plus importantes à 70 km/h, intercaler la piste entre le trottoir et le stationnement ou réaliser une piste sur le trottoir, s'il est assez large, sont des exemples d'aménagement.

A la campagne, les vitesses sont souvent supérieures à celles imposées, les configurations diverses de la route (pente, largeur, etc.) impliquent une étude presque au cas par cas. Une voirie à faible vitesse et avec un faible trafic peut être également dangereuse pour les cyclistes (manque de visibilité dans les courbes ou en côte par exemple). L'étude de mobilité des cyclistes est à prendre en compte dans sa globalité, sur l'ensemble d'un périmètre. Des voies alternatives (voies vertes par exemple) présentent notamment souvent un itinéraire acceptable et bien plus sécurisé qu'une voirie motorisée.

► 2. Besoins spécifiques des cyclistes

La conception d'aménagements cyclables doit bien entendu répondre aux attentes et aux besoins des cyclistes. Ces besoins se déclinent en cinq critères que l'on retrouve dans la plupart des manuels traitant des aménagements cyclables:

- **cohérence**: l'infrastructure cyclable doit former une unité cohérente et relier les points d'arrivée et de départ des cyclistes;
- **trajets directs**: l'infrastructure cyclable doit offrir en permanence aux cyclistes une route aussi directe que possible (réduisant les détours);
- **attractivité**: l'infrastructure cyclable est conçue et intégrée dans l'environnement de telle sorte que le cyclisme soit attractif;

Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées

- **sécurité**: l'infrastructure cyclable garantit la sécurité routière des cyclistes et des autres usagers;
- **confort**: l'infrastructure cyclable doit permettre au cycliste de circuler rapidement et confortablement.

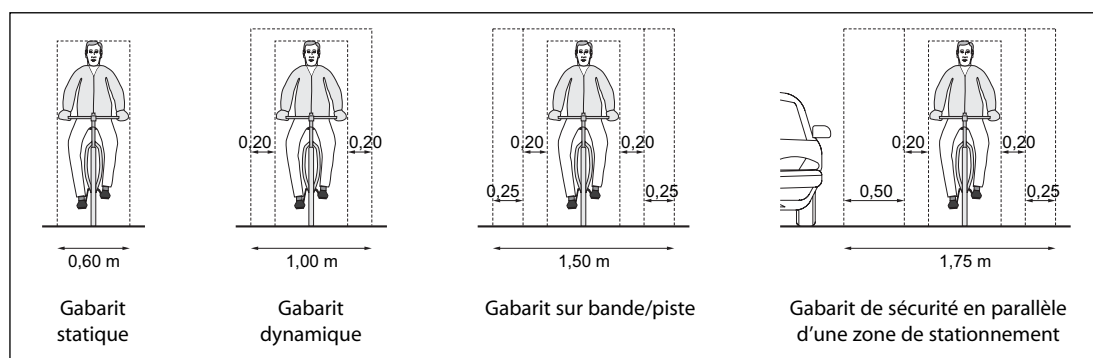
Les critères de cohérence et de trajet, bien que primordiaux, ont peu d'implications techniques. Ils sont étudiés dans la cadre de plans stratégiques de mobilité. Dans la dernière section, nous reviendrons sur l'influence du choix des revêtements sur quelques-uns de ces critères, en particulier les trois derniers. Mais d'autres paramètres ont également une incidence directe sur les caractéristiques techniques requises pour un aménagement cyclable. Ils sont liés aux caractéristiques de l'utilisateur et de son véhicule, mais également à la présence d'ouvrages particuliers. Ces aspects font l'objet des paragraphes suivants.

Le gabarit «dynamique» du cycliste et les caractéristiques du vélo

Le Code de la route (article 46) donne quelques informations sur les prescriptions techniques et notamment les largeurs maximales des cycles et leurs remorques. Néanmoins, pour définir au mieux les caractéristiques géométriques d'un aménagement cyclable, plusieurs paramètres doivent être pris en considération.

Le gabarit dynamique du cycliste

Il est obtenu à partir du gabarit statique de 60 cm de large d'un vélo auquel on ajoute une surlargeur de 20 cm de part et d'autre pour des raisons d'équilibre. Le gabarit dynamique d'un cycliste est donc de **1,00 m**. La largeur fréquemment préconisée dans les guides européens d'une piste cyclable varie entre 1,00 m et 1,50 m hors marquage.



Gabarits du cycliste (réf. 4)










Une surlargeur de 0,50 m à 0,80 m est habituellement conseillée dans les cas où la piste longe un mur (effet paroi) ou des places de stationnement (ouverture de portières). En descente, où la vitesse rend difficiles les corrections de trajectoire et en montée, où le cycliste a tendance à louvoyer, il est conseillé, si l'emprise le permet, d'augmenter la largeur de la piste.

Ces données chiffrées constituent un «standard universel» dont il faut tenir compte au moment d'un aménagement. Les différentes autorités belges, gestionnaires de voiries, les ont traduites dans différentes recommandations pratiques. Citons pour mémoire les documents suivants:

- *Vademecum Fietsvoorzieningen, Mobiel Vlaanderen* (versie mei 2008), (réf. 5);
- *Vademecum vélo de la Région de Bruxelles-Capitale, Bruxelles Mobilité* (volets 1 à 6, 2007 - 2009);
- *Guide de bonnes pratiques pour les aménagements cyclables en Région wallonne, SPW* (à paraître).

Les caractéristiques géométriques des cycles

Les dimensions des vélos les plus courants et de ceux qui influencent directement la géométrie des voies cyclables sont illustrées dans le tableau suivant.

		Dimensions hors tout (cm)			Hauteur des yeux (cm)	Particularités
		Longueur	Largeur	Hauteur		
Bicyclette		165 - 180	40 - 75	90 - 110	140 - 185	
Bicyclette d'enfant		100 - 150	40 - 50	60 - 90	90 - 140	Petite taille
Tandem		275	40 - 75	90 - 110	140 - 185	Longueur + poids chargé
Tricycle d'adulte		165 - 180	80	90 - 110	140 - 185	
Bicyclette position allongée		165 - 200	40 - 75	110 - 130	110 - 130	Hauteur
Vélo main		165 - 180	80	80 - 100	110 - 130	Rayon de braquage de 4,00 m
Bicyclette + remorque d'enfant		300	80	90 - 110	140 - 185	Longueur + poids chargé
Bicyclette + semi-vélo		300	40 - 75	90 - 110	140 - 185	Longueur + poids chargé
Bicyclette + siège de bébé		165 - 180	40 - 75	120 - 140	140 - 185	Centre de gravité plus élevé

Les dimensions indiquées en caractères gras présentent des défis particuliers en matière de conception géométrique des voies cyclables

Caractéristiques géométriques de différents types de cycles (réf. 6)

Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées

Le type et le taux de fréquentation

On vérifiera s'il s'agit d'adultes, de groupes scolaires, de familles en promenade, si l'aménagement est utilisé par d'autres usagers (rollers, piétons, cavaliers, etc.) et quel est le taux de fréquentation de l'aménagement cyclable.

Le concept d'aménagement adopté

La piste est-elle unidirectionnelle, bidirectionnelle, est-ce une voirie réservée aux véhicules non motorisés?

L'environnement

Il s'agit d'un facteur influant, par exemple: présence ou pas de stationnement latéral; environnement bâti, commercial; utilisation de la voirie adjacente par des poids lourds (effet d'aspiration).

La présence d'ouvrages particuliers

Différents ouvrages tels que des ponts routiers, des tunnels, des passerelles peuvent venir ponctuer un itinéraire cyclable. Ces structures impliquent d'autres contraintes en termes de dimensions de l'aménagement cyclable.

Les ponts routiers

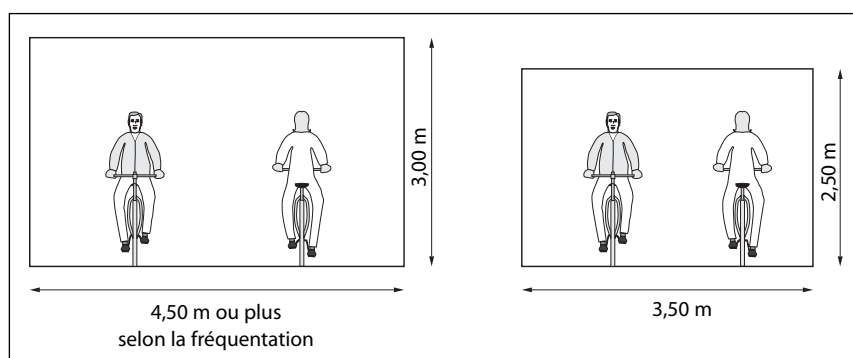
La traversée sur les ponts prévus pour la circulation automobile pose souvent des problèmes de sécurité. Généralement ils sont étroits, d'où l'impossibilité d'y aménager des sites propres, et supportent un trafic élevé (dont des poids lourds). Plusieurs solutions peuvent être envisagées pour atténuer l'impact sur la sécurité des cyclistes.

- La **réinsertion dans la circulation automobile**: il faut éviter de tracer des pistes cyclables étroites (moins de 1,20 m) car les véhicules auront la fausse impression que les cyclistes sont sur des voies protégées et seront tentés de dépasser même si l'espace n'est pas suffisant. Il peut dès lors être préférable de réintégrer les cyclistes dans la circulation automobile. La modération de la vitesse permettant de «pacifier» la circulation.
- Une **piste cyclable de large dimension**: la largeur de la piste cyclable devra être de 1,20 m au minimum. Il est parfois possible de réduire l'espace affecté aux véhicules motorisés pour allouer une place plus importante aux cyclistes.
- Les **pistes cyclistes/piétons** et **pistes séparées physiquement de la chaussée**: une piste cyclable séparée de la circulation motorisée accroît le confort des cyclistes qui empruntent un pont. Le type de séparation entre la piste cyclable et les autres voies de circulation dépend du volume de circulation automobile et de la vitesse sur le pont. On aura par exemple recours à l'utilisation de délinéateurs (potelets, etc.) sur une voirie à 50 km/h, de bordures infranchissables sur une voirie à 70 km/h ou d'un muret en béton sur une voirie où la vitesse autorisée est supérieure à 70 km/h.

Les tunnels

Les dénivellations en entrée et sortie de tunnel doivent être limitées, de sorte que l'extrémité soit visible depuis l'entrée. D'une manière générale, les tracés dans l'axe de la voie d'accès sont à privilégier. Les tunnels peuvent engendrer un sentiment d'insécurité s'ils sont longs, bas, et mal éclairés (artificiellement ou naturellement). A moins que l'ouvrage soit très court, rectiligne et peu dénivélé, l'éclairage apportera confort et sécurité. Un revêtement et un parement clairs sont préconisés. En outre, les angles saillants situés à l'entrée du souterrain sont à proscrire. Le cas échéant, ils seront signalés par des bandes rétro-réfléchissantes.

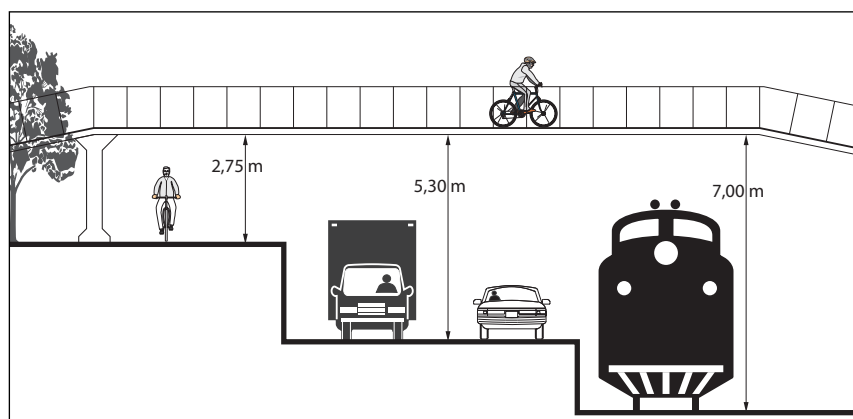
Si ceux-ci sont réservés aux circulations non motorisées, on aboutit aux recommandations suivantes (en recoupant différentes sources) pour les dimensions des tunnels cyclistes.



Dimensions recommandées (à gauche) et minimales (à droite) pour un tunnel cycliste

Les passerelles

La passerelle engendre généralement une dénivellation de la piste cyclable. Elle doit permettre un dégagement de minimum 4,50 m (réf. 5) au-dessus d'une route et de 7,00 m au-dessus d'une voie ferrée.



Exemple de dégagement sous une passerelle (réf. 6)

Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées

La conception de passerelles doit faire l'objet d'études spécifiques. Elles devront de toute façon respecter quelques principes:

- avoir une largeur d'au moins 3,00 m pour cyclistes seuls et de 4,00 m ou plus lorsque la circulation piétonne est importante;
- être dimensionnées de façon à supporter le passage de véhicules de secours et d'entretien;
- avoir un revêtement durable et non glissant;
- avoir des garde-corps de 1,10 m à 1,40 m de hauteur.

Pour permettre aux cyclistes d'accéder à la passerelle avec un minimum d'effort, on veillera à limiter les pentes des rampes d'accès; selon la littérature (réf. 5 et 6), les pentes maximales acceptables se situent entre 4 et 6 %.

Autres paramètres

D'autres paramètres sont encore à prendre en considération au moment de décider du tracé d'un itinéraire cyclable. La vitesse de conception est effectivement en relation non seulement avec la largeur mais aussi avec la **pente longitudinale** et la combinaison **rayon de courbure/dévers**.

Si la pente maximale acceptable varie suivant le type d'utilisateur, on peut constater que le cycliste «quotidien» est sensible au dénivelé présenté par son parcours. Sans vouloir entrer ici dans les détails, certaines références citent (réf. 7), ou permettent de déterminer (réf. 6), des valeurs seuils:

- pente de 3 %: pas de problème;
- pente de 5 % sur un maximum de 120 m;
- pente de 8 % sur un maximum de 45 m;
- pente de 10 % sur un maximum de 27 m;
- pente de 12 % sur un maximum de 18 m.

Evidemment, dans bien des cas, la marge de manœuvre en cette matière sera réduite et la pente longitudinale imposée par le profil de la voirie existante.

Pour garantir la sécurité des cyclistes et afin d'assurer l'évacuation des eaux de ruissellement, un dévers de 1 à 2 % doit être prévu. Comme pour tout véhicule, le comportement dynamique d'un vélo est physiquement limité dès lors que les paramètres géométriques de la piste (dévers) et physiques du contact pneu-revêtement (frottement) sont eux-mêmes limités. La combinaison rayon de courbure/taux de dévers peut être un facteur important dans certains environnements.

► 3. Principaux types d'aménagements cyclables








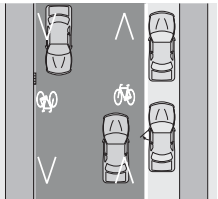
Rappel des concepts et aménagements de voirie en faveur de la circulation cycliste





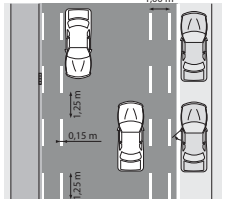



Comme nous l'avons déjà rappelé, un itinéraire cyclable peut être supporté par plusieurs types d'aménagements: pistes cyclables, zones 30, aires piétonnes ou zones de rencontre présentant un aménagement cohérent qui assure la circulation des cyclistes, etc.

Certains aménagements sont réservés aux cyclistes et disposent d'un statut réglementaire (c'est le cas de la piste cyclable marquée ou signalée par les signaux D7, D9 ou D10), d'autres sont «suggérés» et indiquent aux cyclistes la continuité d'un itinéraire cyclable, conseillent leur emplacement «idéal» sur la chaussée ou attirent l'attention de l'automobiliste sur la présence de cyclistes. Les marques suggérées ne sont pas réglementées et peuvent parfois être mal interprétées par les usagers de la voirie.












Les tableaux ci-après font la synthèse des concepts et aménagements de voirie en faveur de la circulation cycliste, en ce compris les références aux textes légaux, les mesures en matière de signalisation et d'aménagement. L'analyse complémentaire de la bibliographie existante permettra au lecteur de compléter et d'affiner sa réflexion.






Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées

	Zones apaisées			Bande cyclable suggérée (BCS)
	Zone piétonne	Zone résidentielle et de rencontre	Zone 30	
				
Signalisation	 F103 - F105	 F12a - F12b	 F4a - F4b	
Code de la route	art. 2.35 art. 22sexies art. 40 art. 71.2	art. 2.32 art. 22bis art. 40 art. 71.2	art. 22quater art. 71.2	non réglementé
Code du gestionnaire	art. 12.25	art.3.bis	art.12.1.bis	
Remarques	Accès autorisé aux cyclistes si logo vélo sur le signal.	Accès autorisé. Vitesse limitée à 20 km/h. AR 23/6/78. CM 23/6/78.	Vitesse limitée à 30 km/h. Adaptée à la circulation mixte. AR 9/10/98.	Ce n'est pas une «piste cyclable». Représentée par des logos, des chevrons ou une bande de coloris différenciés sans lignes discontinues.
	Pas de marquage spécifique pour cyclistes, privilégier les variations non linéaires de coloris ou de revêtements.			Possibilité de stationnement ou de circulation automobile sur le marquage.
	Règle de partage de l'espace en respect mutuel. Bonne sécurité (distance d'arrêt, angle de vision, contact visuel).			Risque d'être mal interprété. Eviter les surabondances.
	Mesures d'apaisement du trafic à étudier avec soin en tenant compte des cyclistes.			Marque la présence des cyclistes. Souligne un point conflictuel. Jalonne un itinéraire.
	Prévoir un revêtement adapté aux deux-roues. Parfois nécessité d'une bande confort.			

	Piste cyclable marquée (PCM)	Piste cyclable obligatoire	Partie de la voie réservée aux piétons et cyclistes	
				
Signalisation	<p>largeur minimale conseillée</p> 	 <p>D7</p>	 <p>D9</p>	 <p>D10</p>
Code de la route	art. 2.7, art. 9.1.2.1°, art. 9.7.1°, art. 12.4bis, art. 19.4, art. 24.2, art. 42, art. 69.3			
	art. 74			
Code du gestionnaire	art. 16	art. 10.4	art. 10.5	art. 10.6
Remarques	<p>Ne fait pas partie de la chaussée. Obligatoire pour le cycliste si praticable et située à droite de la chaussée. Piste située à gauche: interdite.</p>	Obligatoire pour le cycliste, hormis si elle est non praticable.		
	Une piste cyclable marquée sera toujours unidirectionnelle.	Peut être bidirectionnelle si la signalisation est établie pour permettre la circulation dans les deux sens.		Unidirectionnelle. D10 si l'espace exigé par D9 n'est pas suffisant.
	Pas de signal D7 sur une piste déjà marquée.	Généralement séparée de la chaussée par un terre-plein, une bordure, un filet d'eau ou une bande de stationnement.	Séparation piétons/cyclistes par une ligne blanche ou une différence de revêtement.	Conflit possible avec les piétons.
	Bonne visibilité réciproque.	Pistes cyclables très sûres en section courante s'il y a peu d'entrées ou de sorties de garages, mais dangereuses en intersection. A l'approche d'un carrefour: rapprocher la piste cyclable de la voirie ou l'éloigner davantage.		
	Risque d'accident le long du stationnement (ouverture de portières). Prévoir une surlargeur.	Si la piste est comprise entre des éléments infranchissables, la largeur de la piste dépendra également de la largeur des véhicules d'entretien ou de déneigement. Certaines machines utilisées pour broser les pistes cyclables ou en assurer le déneigement ont une largeur minimale de 1,75 m.		

Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées

	Voirie réservée			Sens unique limité (SUL)
				
Signalisation	 F99a - F101a	 F99b - F101b	 F99c - F101c	    F19/M4 - C1/M2
Code de la route	art. 2.34, art. 22quinquies et octies, art. 40			art. 68 AR 18/12/2002 AR 20/07/1990
Code du gestionnaire	art. 12.23	art. 12.24	art. 12.25bis	art.12.6 art. 9.1
Remarques	Non obligatoire pour le cycliste.			CM 30/10/1998
	Voie publique réservée à la circulation douce (piétons, cyclistes, rollers, etc.). Ce n'est pas une «piste cyclable».		Voirie réservée aux cyclistes, piétons, cavaliers et véhicules agricoles. Ce n'est pas une «piste cyclable».	Marquage au sol non obligatoire, mais conseillé dans certains cas.
	Circulation à l'abri de la circulation automobile, mais passage de certains véhicules autorisés. Les carrefours peuvent être dangereux.			Raccourcissement des trajets. Bonne visibilité des cyclistes.
	Signalisation spécifique pour les carrefours. Voir réf. 8.			Respecter la CM. Analyser l'éventuelle dangerosité de la situation.
				Marquer les entrées et sorties.

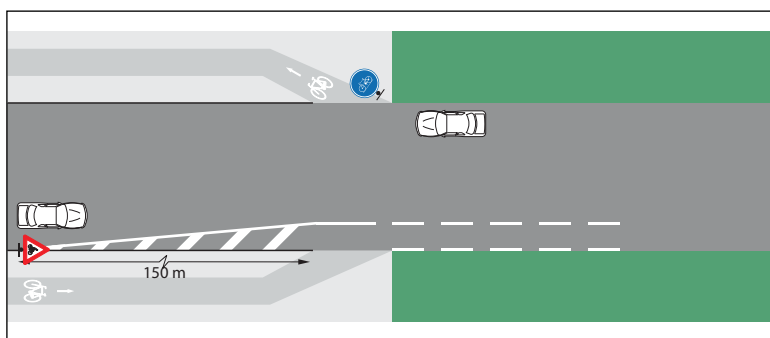
	Couloir bus/vélos	Sas vélo	Bypass vélo
			
Signalisation	 F17	 F14	
Code de la route	art. 71.2 art. 72.5	art. 77.6 art. 77.7	
Code du gestionnaire	art. 12.5	art. 19.5	
Remarques	Symbole de la bicyclette: - facultatif pour le marquage; - obligatoire pour le signal F17.	Facilite l'intégration et la visibilité des cyclistes aux carrefours. Facilite le virage à gauche.	Permet une réduction de vitesse des automobilistes tout en sécurisant les cyclistes.
	Etude spécifique au cas par cas en fonction des flux. Respecter une largeur adéquate.		Attention à la visibilité de l'aménagement. Signaler l'obstacle par D1c.

Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées

Aménagement des points singuliers

Le tableau précédent illustre des applications en section courante, il ne faut toutefois pas perdre de vue que des problèmes de sécurité peuvent surtout survenir en des points singuliers, comme lors de transitions entre types d'aménagements différents, au droit de traversées ou d'intersections avec d'autres voiries. Ce court paragraphe illustre cette question par le biais de trois exemples concrets.

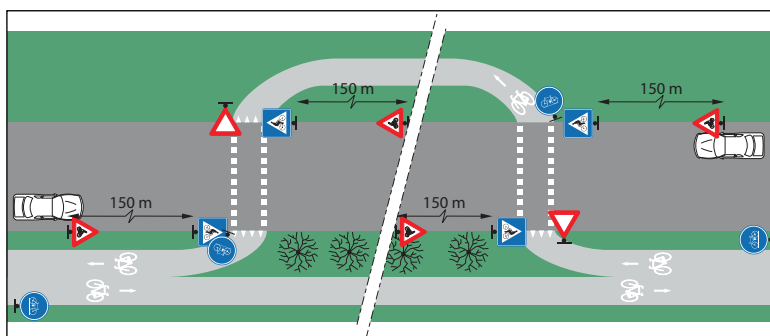
La réinsertion dans la circulation automobile



Exemple de réinsertion d'une piste D7 dans la circulation automobile

Le passage d'un aménagement séparé de la chaussée à un aménagement partagé avec les voitures peut s'avérer dangereux, spécialement pour les aménagements fortement écartés de la chaussée. Dans ces configurations, les automobilistes n'ont pas toujours un contact visuel permanent avec le cycliste et ce dernier peut aussi avoir sa vigilance relâchée sur un site propre. C'est pourquoi, il faut attirer leur attention sur la transition par la signalisation verticale et horizontale.

La traversée des pistes cyclables



Passage pour cyclistes

Hors carrefour, la traversée est matérialisée au sol par des lignes discontinues constituées de carrés ou de parallélogrammes d'environ 0,50 m de côté et espacés de 0,50 m. La largeur entre les lignes (hors marquage) doit être d'au moins 1,00 m.

En ces points singuliers, l'installation d'un éclairage artificiel adéquat sera bien souvent nécessaire. Cet éclairage devra permettre d'une part aux cyclistes de s'orienter et de percevoir à temps les obstacles se trouvant sur la chaussée, le marquage et la signalisation, et d'autre part aux automobilistes de percevoir à temps les cyclistes et correctement appréhender l'environnement routier.

Le croisement avec des voies vertes

Les intersections entre voies vertes et routes ordinaires posent souvent des problèmes de conflits entre les automobilistes et les usagers vulnérables comme les piétons et les cyclistes. Dans certains environnements, elles peuvent surprendre tant l'automobiliste que les usagers de la voie verte qui, circulant en section à l'abri de toute circulation automobile, peuvent avoir leur attention relâchée au moment d'aborder l'intersection.



Exemple d'aménagement (dévoisement) et de signalisation sur une voie verte à l'approche d'un carrefour



Zone de coloration rouge au carrefour



Signal de danger avec additionnel «traversée usagers faibles» sur la voirie motorisée

Pour améliorer la sécurité des usagers faibles, il convient d'aménager et de signaler les intersections de manière cohérente, homogène, visible et lisible pour les usagers tant de la route que de la voie verte, et bien entendu, en accord avec la législation routière. Le CRR a réalisé une étude pour identifier la manière d'aménager et de signaler ces intersections, en fonction du type de voirie, de ses dimensions, de l'intensité du trafic et des vitesses pratiquées ainsi que de l'environnement. Cette étude a donné lieu à un guide technique qui détaille la signalisation horizontale et verticale à mettre en place à l'approche et au droit du croisement (réf. 8). Ce guide peut être téléchargé gratuitement à partir du site web du CRR (www.crr.be/pdf/15/carrefour%20RAVeL.pdf).

Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées

► 4. Critères de choix du revêtement et structures caractéristiques

Critères de choix du revêtement

Les revêtements possibles sont nombreux, avec des avantages et des inconvénients qui leur sont propres. La qualité du revêtement est un critère important pour l'utilisateur cycliste tant pour des raisons de sécurité que de confort. La surface doit être agréable, roulante, sans défauts d'uni (trous, ressauts, etc.) et suffisamment adhérente.

Les exigences relatives à la sécurité et au confort sont en grande partie déterminées par le revêtement (y compris les raccordements, l'absence d'obstacles, etc.), les marquages et l'éclairage⁽¹⁾.

Outre les exigences des cyclistes, l'auteur de projet et le gestionnaire doivent prendre en considération toute une série d'autres paramètres pour arriver au choix du revêtement judicieux dans la situation en présence.

- **L'adhérence:** la rugosité du revêtement doit permettre une adhérence correcte et ainsi éviter le glissement des usagers sans altérer le confort de roulement et sans être agressive en cas de chute.
- La **planéité de surface:** pour garantir un bon confort de roulement, la surface du revêtement ne doit pas comporter de défauts d'uni. Ceux-ci sont à imputer à une macrotexture irrégulière, à des dégradations (par exemple des nids de poule) ou à une mauvaise exécution (ondulations).
- **L'évacuation des eaux:** pour permettre un bon écoulement de l'eau, le revêtement de surface doit avoir une pente transversale d'au moins 2 %. Les eaux seront de préférence récoltées dans un filet d'eau et évacuées vers un avaloir. La hauteur de pose des filets d'eau et avaloirs, leur nombre suffisant et leur bon positionnement constituent également des éléments importants pour une bonne évacuation, ainsi que pour la sécurité et le confort des usagers.
- **L'absence d'obstacles:** il convient d'être attentif aux aménagements de détail dès leur conception afin de ne pas constituer d'obstacles sur l'itinéraire du cycliste (transition dans le revêtement, bordures de trottoir, filet d'eau, grilles d'évacuation, signalisation, végétation, etc.).
- La **lisibilité et la visibilité:** la coloration du revêtement, les revêtements différenciés et les marquages (réf. 9) sont autant d'éléments qui peuvent contribuer à renforcer la lisibilité des espaces. Les matériaux peuvent être colorés dans la masse ou en surface (par emploi de pigments ou de pierres colorées ou encore les deux). Divers aspects sont possibles par traitement de surface. Les revêtements



Obstacles pour le cycliste

⁽¹⁾ Dans le cadre du Vademecum vélo de la Région de Bruxelles-Capitale, le CRR a rédigé deux volets concernant d'une part les revêtements et d'autre part les marquages et l'éclairage des aménagements cyclables. Ils visent à présenter aux prescripteurs, concepteurs, décideurs, les principes de conception ainsi que les règles de l'art relatives à la construction des pistes cyclables. Plusieurs éléments de cette section s'en inspirent. Ces deux documents (réf. 1 et 2) sont téléchargeables gratuitement à partir du site web du CRR (www.crr.be/crr/f10-d07.php).

et marquages doivent en outre être correctement visibles de jour comme de nuit.

- La **propreté**: pour assurer la propreté, la surface de roulement nécessite un entretien fréquent de façon à éliminer toutes les saletés susceptibles de gêner le cycliste et de rendre le revêtement glissant. Plus la texture superficielle sera grossière, plus la saleté aura tendance à s'accumuler.



Revêtement coloré

- La **durabilité**: la chaussée doit être durable, c'est-à-dire que sa portance, les caractéristiques de surface du revêtement et l'écoulement des eaux doivent remplir des exigences minimales pendant toute la durée de vie.
- La **qualité de l'espace et les restrictions**: le choix du revêtement sera aussi influencé par le souci de l'intégration harmonieuse dans l'environnement et de son adéquation par rapport à la réglementation environnementale, urbanistique ou patrimoniale. Dans ce contexte, il se peut que certains matériaux et/ou couleurs soient prescrits ou, à l'inverse, interdits pour le revêtement, ou du moins la surface de celui-ci.

- Les **aspects environnementaux et de santé publique**: pour le choix des matériaux et des techniques dans le cadre d'aménagements cyclables, il faut tenir compte des exigences en matière d'environnement et de santé publique comme pour toute autre chaussée.



Intégration de la voie cyclable dans l'environnement

- Les **exigences et restrictions liées à l'exécution**: des spécificités relatives à la mise en œuvre de certains matériaux et certaines circonstances locales peuvent influencer le choix du revêtement, comme la largeur limitée du chantier et des véhicules de chantier, la durée de mise en œuvre d'un revêtement et celle de la gêne à la circulation, la qualité et la nature du sol support, la possibilité d'application manuelle, etc.

- Les **exigences et restrictions liées à l'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. Les caractéristiques intrinsèques de certains matériaux les rendent faciles



Mise en œuvre

Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées

d'entretien ou particulièrement indiqués pour rétablir l'adhérence. En cas d'intervention pour les impétrants ou l'installation de mobilier urbain, la chaussée doit pouvoir être remise dans son état d'origine, sans que le confort du cycliste soit mis à mal.

- Les **coûts**: 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 la route existante ou construction d'un tracé, construction de la chaussée (infrastructure, revêtement, marquage, drainage et éclairage) et signalisation;
 - coût d'entretien fonctionnel et structurel;
 - coût environnemental et coût de recyclage;
 - coût social engendré par les gênes à la circulation et avantages sociaux découlant d'une utilisation accrue du vélo.

Le lecteur de ce dossier sera bien avisé d'également consulter les brochures Revêtements des aménagements cyclables (réf. 1) et Marquages et éclairage des aménagements cyclables (réf. 2) du Vademecum vélo de la Région de Bruxelles-Capitale. Il y trouvera entre autres un tableau de synthèse pour les différents types de revêtements en fonction des différents critères mentionnés ci-avant.

Structures caractéristiques

Le choix d'une structure pour une piste cyclable, comme dans le cas d'une chaussée classique, dépend de plusieurs facteurs:

- la **portance du terrain**: à mesurer sur place pour chaque segment de parcours. Une portance faible nécessitera le traitement du sol en place ou la mise en place d'une couche d'empierrement pour stabiliser la structure. Une très bonne portance nécessitera juste une fine couche de réglage;
- l'**usage de la voie** (et en particulier le passage d'engins lourds): le niveau de contrainte dépend de la masse des véhicules et de leur fréquence de passage. Doivent être pris en compte: le passage de voitures en cas de partage de route; le passage de véhicules d'entretien ou de secours dans tous les cas; le passage d'engins agricoles; le passage de véhicules de chantier, pour les travaux de réalisation de la voie et les travaux ultérieurs d'entretien;
- le **revêtement choisi**.

La conception et le dimensionnement des pistes créées sur une route existante et qui ne sont séparées du trafic automobile que par un marquage au sol, sont analogues à ceux de cette route. En effet, il est important dans ce cas que la structure soit la même car ces pistes doivent pouvoir supporter les véhicules utilisant la voirie principale et qui sont susceptibles de faire un écart ou de stationner au-delà des marquages sur la piste cyclable.

La structure des pistes cyclables séparées peut par contre présenter des spécificités propres, dont certaines sont exposées dans la suite.

Types de revêtement

Pistes cyclables à revêtement en béton de ciment

Choix du béton

Le béton utilisé pour un aménagement cyclable 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 gravillons concassés, de ciment, de sable, d'eau et d'adjuvants. Sa composition devra satisfaire à différentes prescriptions techniques des cahiers des charges, parmi lesquelles:

- le calibre nominal maximal: 20, voire 14 mm;
- pour les granulats, un coefficient de polissage accéléré (CPA) inférieur à 50 est autorisé pour les pistes à faible trafic;
- teneur en ciment $\geq 350 \text{ kg/m}^3$ de béton coulé pour une résistance suffisante et une durabilité plus longue;
- facteur eau-ciment (E/C): $< 0,50$;
- pour le béton dénudé à texture superficielle fine, il faut utiliser une forte proportion de gravillons 4/8 (au minimum 25 %). Les gravillons peuvent être colorés, auquel cas la couleur et le type de gravillon doivent être spécifiés de manière univoque.

Le béton peut être coloré (déterminer le bon type et la bonne quantité de pigments – 3 à 5 % de la masse de ciment – et de gravillons colorés).



Piste cyclable en béton coloré, séparée de la chaussée

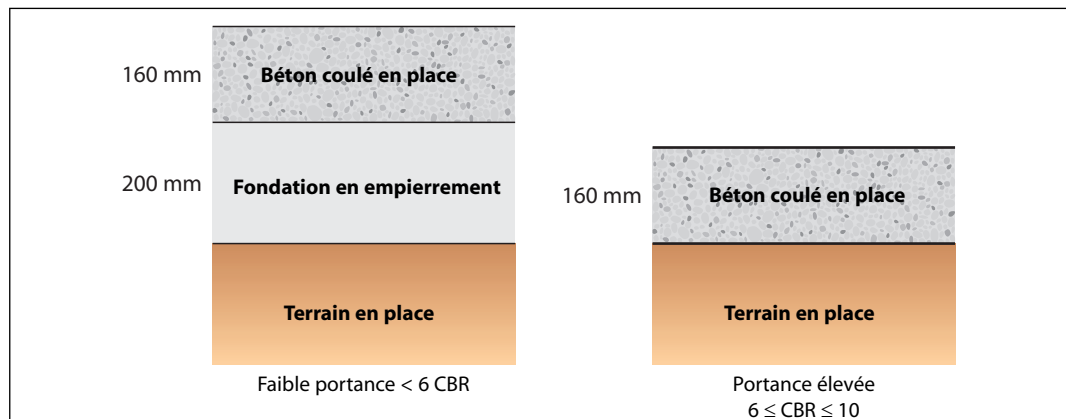
Les documents d'adjudication mentionnent les exigences performantielles minimales pour la résistance à la compression, l'absorption d'eau par immersion et la résistance aux sels de déverglaçage.

Exemple de structure des revêtements en béton de ciment coulé en place

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.

Le revêtement en béton a une épaisseur minimale de 16 cm pour supporter un trafic lourd occasionnel. 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 portant, il faut poser une couche d'empierrement d'au moins 20 cm ou recourir à des techniques d'amélioration des sols.

Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées



Exemples de structures recommandées pour des pistes cyclables en béton coulé en place

Les caractéristiques géométriques des dalles de béton sont les suivantes:

- une épaisseur nominale minimale de 16 cm;
- une pente transversale unique 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 demi la largeur de la dalle);
- aucun joint longitudinal n'est nécessaire pour les aménagements dont la largeur est inférieure à 4,5 m.

Mise en œuvre et exécution

La mise en œuvre du béton est habituellement réalisée à l'aide de machines à coffrages glissants, même pour de faibles largeurs (p. ex. 1,75 m). Cette technique 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 la mise en œuvre est réalisée entre coffrages fixes, le béton est compacté à l'aide d'une poutre vibrante. Les côtés sont eux compactés avec des aiguilles vibrantes.

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 et avant l'apparition de fissures libres. Le schéma d'implantation des joints détermine fortement la durabilité du revêtement. Il faut prêter une attention particulière aux points singuliers, virages, raccords, etc.

Dans la plupart des cas, on recourra à un traitement superficiel du béton afin de lui conférer de bonnes qualités de confort et d'adhérence pneu/surface. On distingue trois techniques principales: le **brossage**, qui génère une microtexture



Résultat typique d'un dénudage

transversale ou longitudinale; le **traitement à la toile de jute** tirée derrière la machine à coffrages glissants, qui permet d'obtenir une microtexture longitudinale; et le **dénudage** afin de mettre à nu les granulats.

Le code de bonne pratique CRR consacré à l'exécution des revêtements en béton (réf. 10) détaille toutes ces techniques.

Pistes cyclables à revêtement bitumineux

Choix du type de revêtement bitumineux

Les types de revêtements bitumineux généralement utilisés pour les aménagements cyclables sont décrits ci-après. En fonction de l'épaisseur de la couche, on distingue les **enrobés à chaud**, les **asphaltes coulés** (≥ 15 mm) et les **traitements superficiels** (< 15 mm). Les traitements superficiels sont principalement utilisés comme mesure d'entretien d'anciens revêtements ou pour modifier la couleur d'un revêtement existant.

Enrobés à chaud

Les couches de roulement les plus largement utilisées sont les enrobés à chaud. Ils sont constitués d'un mélange de pierres, de sables, de filler, d'un liant (un bitume modifié ou non) et d'éventuels additifs (fibres, pigments, etc.). Ils sont fabriqués 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 des couches d'épaisseur comprise entre 15 et 80 mm selon le type d'enrobé et le calibre maximal du granulat utilisé.

Parmi les enrobés à chaud, on distingue:

- les **enrobés à squelette sableux et à granularité continue** (béton bitumineux - BB). Les bétons bitumineux pour couche d'usure, comme les BB-1, BB-4 et BB-5 conviennent, du point de vue du confort de roulement et de la facilité d'exécution, particulièrement bien aux aménagements cyclables;



Béton bitumineux BB-1B



Béton bitumineux BB-4C



Béton bitumineux BB-5D

- les **enrobés à squelette pierreux et à granularité discontinue** (RUMG, RMD, RMTO, ED et SMA). Les enrobés à squelette pierreux sont ouverts. Les ED conviennent moins bien aux aménagements cyclables en raison du risque d'encrassement externe pouvant entraîner un phénomène de glissance.

Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées

Asphaltes coulés

Les asphaltes coulés sont des enrobés à chaud, à squelette de filler. Ils sont constitués d'un mélange en proportions variables de sables, gravillons et de fortes teneurs en fines et en bitume (ou bitume modifié). Ils sont fabriqués et mis en œuvre à très haute température (> 200 °C) et ne nécessitent aucun compactage. Ils sont généralement mis en œuvre manuellement. 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.

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.

Traitements superficiels

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) et d'au moins une couche de gravillons (2/4, 4/6 ou 6/10) à l'aide de matériel d'épandage spécifique. L'enduit superficiel doit ensuite être compacté. On distingue les enduits monocouches et les enduits bicouches.



Enduit monocouche

Les enduits superficiels sont bon marché et peuvent être appliqués en couches fines. Ils sont sujets au plumage (les gravillons roulants entraînent une perte de la résistance au glissement) et présentent une macrotexture prononcée (ce qui augmente le risque de blessure en cas de chute). Ils sont donc moins appréciés des cyclistes 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) pour la couche de l'enduit.

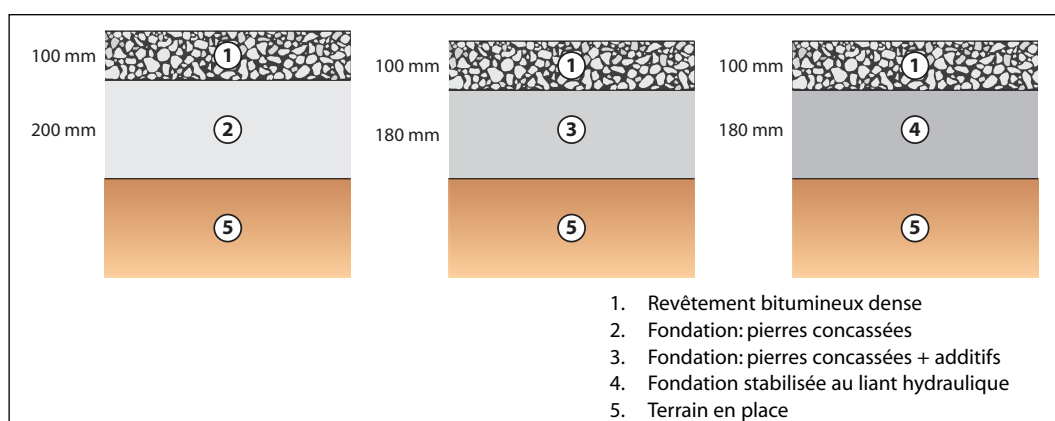
Matériaux bitumineux coulés à froid

Les MBCF sont obtenus par l'application en une seule passe d'un mélange contenant des granulats, du filler, une émulsion de bitume et divers adjuvants éventuels. Une machine spéciale met en œuvre le mélange (centrale mobile de malaxage à froid). La composition du matériau permet son application par coulée. Lorsque le MBCF n'est pas soumis au trafic automobile (cas de la plupart des pistes cyclables séparées), il est préférable de le compacter.

Les MBCF sont presque toujours de type 0/4 pour les pistes cyclables (pour la sécurité et le confort des cyclistes), tandis que pour les carrefours, ils sont de type 0/4 ou 0/6,3 pour offrir une meilleure résistance à l'usure.

Les codes de bonne pratique CRR consacrés au choix du revêtement bitumineux (réf. 11) et aux enduits superficiels (réf. 12) détaillent également ces techniques (mise en œuvre, entretien, coût).

Exemple de structures des revêtements bitumineux pour pistes cyclables séparées



Exemples de structures recommandées pour des pistes cyclables en revêtement bitumineux dense

Pistes cyclables à revêtement modulaire

Choix du revêtement

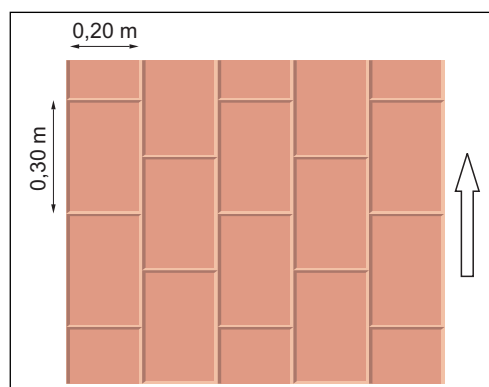
Pour les aménagements cyclables, différents types de revêtements modulaires peuvent être utilisés: des **pavés en béton**, des **dalles en béton**, des **pavés en pierre naturelle** et **en terre cuite** ainsi que des **dalles de pierre naturelle**. Ils ont tous leurs avantages et leurs inconvénients et posent des exigences particulières en matière de conception, de structure et d'exécution. Les solutions modulaires rendent les câbles et les canalisations facilement accessibles, car ils peuvent être enlevés et remis en place en petite quantité.

Pavés et dalles de béton

Les pavés et les dalles de béton offrent une large palette de couleurs, textures et formats adaptés à la construction de pistes cyclables. Ces différentes options permettent de distinguer la piste cyclable des zones de circulation adjacentes destinées aux autres usagers de la route.

Les pavages bien conçus (joints étroits, petits chanfreins, dimensions et appareillages adaptés) offrent aux cyclistes un bon confort de roulement (des joints ne dépassant pas 2 mm de large ne nuisent en rien au confort du cycliste). Sur des pavés avec chanfreins (biseaux en projection horizontale de moins de 2 mm), le cycliste n'éprouve pas de gêne tant qu'il n'y a que de petites différences de niveau entre les pavés.

Le format et l'appareillage des pavés doivent être tels que les pavages présentent un



Appareillage recommandé (les joints continus sont placés dans le sens longitudinal afin de limiter leur nombre)

Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées

minimum de joints transversaux afin d'optimiser le confort des cyclistes. Des pavés de grandes dimensions, carrés ou rectangulaires, posés suivant un appareillage à joints alternés sont les plus aptes à répondre à cette condition (selon une étude réalisée par le CRR avec un vélo équipé d'un appareil de mesure des vibrations). Une disposition des joints en oblique impose au cycliste de croiser plus de joints.

Une mise en œuvre correcte est le point de départ d'une longue durée de vie. Les règles de bonne pratique sont rappelées dans le très récent code de bonne pratique du CRR pour la conception et l'exécution de revêtements en pavés de béton (réf. 13).

Pavés et dalles de pierre naturelle

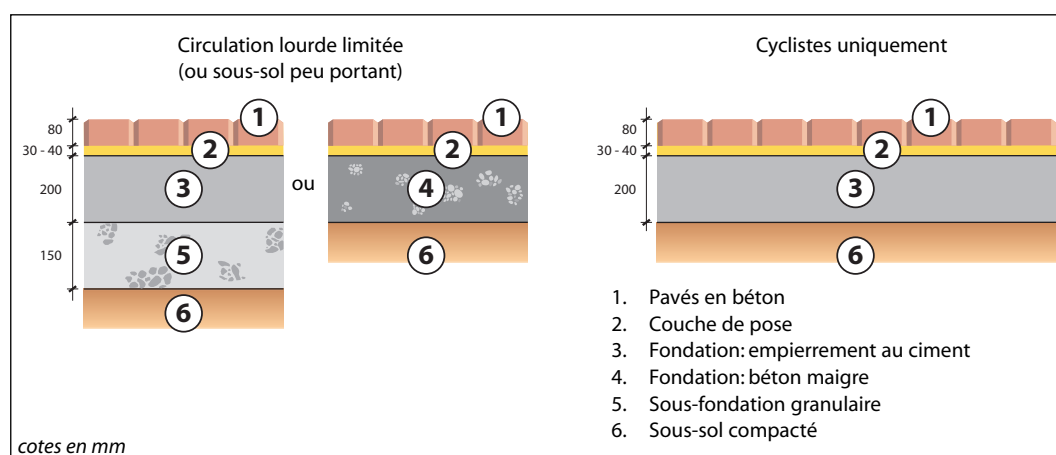
Les revêtements en pavés et en dalles de pierre naturelle n'offrent pas un confort de roulement optimal. Dès lors, il n'est pas préconisé d'y avoir recours pour des aménagements cyclables.

Cependant, pour les cas où il n'est pas possible d'utiliser d'autres matériaux, une description et des recommandations générales se trouvent notamment dans le volet «Revêtements des aménagements cyclables» (réf. 1) du Vademecum vélo de la Région de Bruxelles-Capitale.

Pavés en terre cuite

Les pavés en terre cuite sont des éléments de pavage cuits au four à très haute température et constitués de différents types d'argile de qualité supérieure. De par leurs forme et 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 NBN EN 1344) 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.

Exemple de structure en pavés de béton



Exemples de structures recommandées pour des pistes cyclables en pavés de béton

Matériaux pour zones vertes

D'autres types de matériaux sont plus adaptés à la mise en place d'**aménagements cyclables dans les zones vertes**. Dans ce cas, ils s'agira bien souvent de trouver le meilleur compromis entre les exigences des divers usagers en matière de confort et de sécurité et celles relatives à l'intégration paysagère de la voie et la préservation de la nature.

On distingue les familles de matériaux suivantes:

- revêtements en dur (béton désactivé et enrobé à liant d'origine végétale);
- matériaux non stabilisés ou stabilisés aux liants hydrauliques;
- matériaux stabilisés aux liants polymères (stabilisation de matériaux naturels à l'aide d'une émulsion à base de polymères permettant la réalisation de revêtements de voirie légère tout en conservant la couleur et l'aspect naturels du matériau);
- matériaux stabilisés à l'aide de dalles synthétiques présentant une structure alvéolaire.

► Conclusion

Les quatre questions abordées dans ce dossier démontrent à souhait combien est difficile la tâche de l'auteur de projet et du gestionnaire de voirie qui doivent concevoir, réaliser et entretenir des aménagements cyclables. Que ce soit sur des voiries existantes ou en projet, il s'agit à tous les stades de concilier des exigences de sécurité et de confort avec des contraintes géométriques et techniques. L'ensemble va conditionner le choix et les caractéristiques de l'aménagement cyclable.

Ce dossier n'a certainement pas la prétention d'apporter des solutions à tous les problèmes se présentant sur la planche à dessin ou le terrain, tant cette matière est complexe et les publications détaillées déjà nombreuses. Tout en distillant différentes recommandations intéressantes, il vise toutefois à susciter la réflexion sur différentes questions cruciales. Le lecteur est invité à consulter les différents documents auxquels est fait référence dans ce dossier, notamment les publications spécialisées du CRR, mais aussi à solliciter nos collaborateurs.

Le vélo - Un mode de déplacement durable, nécessitant des solutions techniques appropriées

► Références

1. **Bruxelles Mobilité – Centre de recherches routières (CRR)**
Revêtements des aménagements cyclables. Recommandations pour la conception, la mise en œuvre et l'entretien
Volet 5 du Vademecum vélo en Région de Bruxelles-Capitale
Mai 2009
2. **Bruxelles Mobilité – Centre de recherches routières (CRR)**
Marquages et éclairage des aménagements cyclables. Recommandations pour le choix, la mise en œuvre et l'entretien
Volet 6 du Vademecum vélo en Région de Bruxelles-Capitale
Mai 2009
3. **CERTU**
Recommandations pour les aménagements cyclables
2008
4. **CERTU**
Le profil en travers, outil de partage des voiries urbaines
2009
5. **Mobiel Vlaanderen**
Vademecum Fietsvoorzieningen
Versie mei 2008
6. **Vélo Québec**
Guide technique d'aménagement des voies cyclables – 3e édition
2003
7. **Febelcem**
Les pistes cyclables en béton de ciment.
Bulletin octobre 2008
8. **Région wallonne – SPW**
Signalisation des carrefours entre le RAVeL et le réseau routier motorisé
2008
9. **Centre de recherches routières (CRR)**
Code de bonne pratique pour l'exécution des marquages routiers
Recommandations CRR R79/07
2007

10. **Centre de recherches routières (CRR)**
Code de bonne pratique pour l'exécution des revêtements en béton
Recommandations CRR R75/05
2005

11. **Centre de recherches routières (CRR)**
Code de bonne pratique pour le choix du revêtement bitumineux lors de la conception ou de l'entretien des chaussées
Recommandations CRR R78/06
2006

12. **Centre de recherches routières (CRR)**
Code de bonne pratique pour les enduits superficiels
Recommandations CRR R71/01
2001

13. **Centre de recherches routières (CRR)**
Code de bonne pratique pour la conception et l'exécution des revêtements en pavés de béton
Recommandations CRR R80/09
2009

