



Marquages et éclairage des aménagements cyclables



Recommandations pour le choix,
la mise en œuvre et l'entretien



Le vademecum vélo en Région de Bruxelles-Capitale offre un soutien technique à tous les acteurs engagés dans le développement de l'usage du vélo à Bruxelles, en particulier pour l'amélioration de l'infrastructure cyclable.

La sécurité et le confort des cyclistes sont déterminés en grande partie par la qualité des revêtements, des marquages et de l'éclairage.

Le présent volet vise à donner des recommandations pour le choix, la mise en œuvre et l'entretien des marquages et de l'éclairage en vue de la réalisation d'aménagements cyclables de qualité.

Les revêtements font 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 ▮

Pierre-Jean Bertrand, Isabelle Corten, Florence Dekoster,
Frederik Depoortere, Eric Falier et Catherine Fierens
de Bruxelles Mobilité.

Photos ▮

Bruxelles Mobilité et CRR

Mise en page ▮

Dominique Boon

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

Beschikbaar in het Nederlands
D/2009/0690/6

Éditeur responsable : Jean-Claude Moureau (Bruxelles Mobilité)

Mai 2009

Table des matières

1- Introduction	3
2- Marquages routiers	5
2.1 Formes de marquages routiers et leur application sur des aménagements cyclables	5
2.2 Types de produits et de systèmes de marquage	7
2.3 Exigences en matière de marquages routiers pour les aménagements cyclables	10
2.4 Recommandations générales	15
2.5 Aide au choix du produit ou système de marquage	17
2.6 Exécution	23
2.7 Entretien	25
2.8 Tableau de synthèse	26
3- Éclairage	28
3.1 Qualité de l'éclairage	28
3.2 Performances	29
3.3 Règles de conception générales	30
3.4 Installation du système d'éclairage	31
3.5 Quand éclairer?	32
3.6 Choix de l'équipement	33
Références bibliographiques	35

Abréviations utilisées

AM	Arrêté ministériel
AR	Arrêté royal
CRR	Centre de recherches routières
MTD	<i>Mean Texture Depth</i> (profondeur de texture moyenne)
PMR	Personne à mobilité réduite
REACH	<i>Registration, Evaluation and Autorisation of Chemical Substances</i> (enregistrement, évaluation et autorisation des substances chimiques)
SRT	<i>Skid Resistance Tester</i> (appareil de mesure de l'adhérence des revêtements)
ZAC	Zone avancée pour cyclistes

Lexique

Éclairement	Quotient du flux lumineux reçu par un élément de surface par l'aire de cet élément
Facteur d'uniformité de l'éclairement	Rapport de l'éclairement minimal à l'éclairement moyen de la surface considérée
Lumen (lum)	Unité de l'intensité lumineuse
Plumage	État de la surface après arrachement du granulat
Support	Tout matériau sur lequel est appliqué le marquage

I - Introduction

La Région de Bruxelles-Capitale souhaite promouvoir l'utilisation du vélo dans le cadre de sa politique de mobilité durable.

Le présent volet du vademecum vélo vise à donner des recommandations pour le choix, la mise en œuvre et l'entretien des marquages et de l'éclairage en vue de la réalisation d'aménagements cyclables de bonne qualité.

En effet, c'est la qualité des aménagements qui détermine le succès ou l'échec de leur utilisation.

Il importe donc de prendre en compte les desiderata des cyclistes dans les exigences de qualité auxquelles une infrastructure cyclable doit satisfaire, c.-à-d. une infrastructure permettant des déplacements rapides et confortables à vélo dans des conditions de circulation sûres et attrayantes. Les cinq critères qui résument les exigences des cyclistes sont :

- la sécurité;
- le confort;
- la rapidité;
- l'attrait;
- la cohérence.

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. Les revêtements font l'objet d'un volet distinct du vademecum, rédigé selon le même modèle que celui-ci.

À côté des exigences des usagers, il ne faut pas perdre de vue d'autres paramètres.

Dans les zones urbaines surtout, où l'espace est limité, les conditions de circulation et spatiales influencent la nature des aménagements cyclables.

En outre, il faut tenir compte des exigences écologiques actuelles et les aménagements cyclables doivent s'intégrer de manière harmonieuse dans l'environnement.

Dans le même temps, ils doivent offrir une solution durable et financièrement acceptable.

La mise en place des aménagements cyclables constitue donc l'aboutissement d'un vaste processus de conception et de concertation dans lequel un grand nombre de facteurs et d'intérêts souvent contradictoires doivent être soupesés.

Le défi pour les concepteurs et les gestionnaires est de concevoir et de réaliser des aménagements cyclables qui soient effectivement utilisés. La qualité et le souci du détail sont donc des éléments très importants.

La conception des aménagements cyclables exige de sortir du cadre de la table à dessin ou de l'ordinateur. Les concepteurs, les techniciens et les gestionnaires doivent se rendre sur place afin d'apprécier la situation effective en rue et les points essentiels à prendre en compte dans le projet.

Pour procéder au choix judicieux des marquages et de l'éclairage, le concepteur doit posséder une bonne connaissance des matériaux et produits.

Il va de soi qu'il y a toujours lieu de vérifier si tous les matériaux, aménagements, etc. satisfont à la réglementation, aux normes et autres recommandations actuelles.

Les concepteurs et les gestionnaires doivent en outre surveiller attentivement la qualité de l'exécution et effectuer des contrôles appropriés rigoureux avant, pendant et après celle-ci.

Dans les pages qui suivent, nous aborderons les matériaux de marquage usuels :

- peintures ;
- produits thermoplastiques ;
- enduits à froid ;
- produits préformés ;
- systèmes de marquage ;
- matériaux divers.

Ils seront examinés sous l'angle des exigences des usagers et sous l'angle des critères de choix du concepteur et du gestionnaire.

Si l'on traduit les exigences des cyclistes en termes de marquage, il s'agit en particulier de :

- l'adhérence pneu-marquage ;
- la planéité de surface ;
- l'évacuation des eaux ;
- l'absence d'obstacles ;

- la lisibilité et la visibilité ;
- la propreté.

Les autres paramètres qui influencent le choix du concepteur et du gestionnaire sont :

- la durabilité ;
- la qualité de l'espace et les restrictions ;
- les aspects environnementaux et de santé publique ;
- les exigences et restrictions liées à l'exécution ;
- les exigences et restrictions liées à l'entretien ;
- les coûts.

Tout comme les revêtements et les marquages de qualité, un éclairage approprié contribue au confort et à la sécurité (objective et subjective) des cyclistes. Ce sera l'objet du troisième chapitre.



2- Marquages routiers

Les marquages routiers font partie intégrante de la surface de la chaussée. Véritables outils d'aide pour l'utilisateur, ils servent soit à guider, soit à indiquer ou éclaircir une situation de circulation précise. Non seulement, ils facilitent la lisibilité de l'espace de circulation, mais ils doivent aussi être eux-mêmes facilement lisibles. C'est encore plus vrai pour les marquages des aménagements cyclables que pour les autres marquages routiers. Les marquages des aménagements cyclables indiquent :

- où la séparation (visuelle) se situe et donc, où le cycliste est en principe le mieux protégé ;
- où les autres usagers de la route peuvent s'attendre à voir des cyclistes.

Nous n'abordons ici que les produits, systèmes et autres matériaux disponibles pour réaliser des marquages. La réglementation relative aux marquages sort du cadre de la présente publication¹.

Nous considérons les revêtements colorés comme une application particulière des matériaux de revêtement concernés. Ils sont par conséquent traités dans le volet n° 5 Revêtements du vademecum vélo.

Pour plus de clarté, nous commençons le présent chapitre par un bref aperçu des différentes formes de marquages routiers et de leur application sur des aménagements cyclables.

2.1 Formes de marquages routiers et leur application sur des aménagements cyclables

On distingue les marquages longitudinaux, les marquages ponctuels et les marquages transversaux.

Les formes mentionnées ci-après sont appliquées isolément ou de manière combinée pour indiquer des pistes cyclables marquées, des bandes cyclables suggérées, des traversées cyclistes et des zones avancées pour cyclistes. Elles peuvent être renforcées par une surface de revêtement rouge, pour signaler le danger aux endroits de conflit ou bien pour rendre plus lisible une situation peu claire (voir 2.3.4).

2.1.1 Marquages longitudinaux

Les marquages longitudinaux sont des marquages routiers qui sont en principe parallèles à la chaussée. Un marquage longitudinal est généralement appelé ligne ou trait.

Pour distinguer le trafic automobile du trafic cyclable, les pistes cyclables marquées sont délimitées à l'aide de deux lignes parallèles discontinues, éventuellement complétées de symboles : chevrons simples ou doubles et/ou logos vélos.

Si la largeur disponible est suffisante, une ligne Sauwens peut réduire la chaussée et agrandir la distance entre les cyclistes et les automobiles.

1. Les produits de marquage et leurs composants ; les systèmes ; la pose des marquages ; les spécifications techniques, la certification et les contrôles ; les contrats ; la sécurité, la santé et la protection de l'environnement ; et enfin la signalisation des chantiers en cours sont décrits dans le Code de bonne pratique du CRR pour l'exécution des marquages routiers (R79/07) et dans le Cahier des Charges Type relatif aux Voiries en Région de Bruxelles-Capitale. Il est recommandé de reprendre les exigences énumérées dans ce document lors de l'élaboration d'un cahier des charges. La réglementation est contenue dans le code de la route et le «code de la rue» (AR du 1^{er} décembre 1975 avec modifications successives) ainsi que dans le code du gestionnaire (AM du 11 octobre 1976 avec modifications successives). Sa bonne application est traitée dans d'autres volets du vademecum vélo de la Région de Bruxelles-Capitale et dans le chapitre III Marquages routiers du Code du gestionnaire illustré, édité par le CRR.



Piste cyclable marquée. Dans ce cas, le marquage permet au cycliste de garder sa priorité au croisement



Bande cyclable suggérée. La trajectoire du cycliste sur la chaussée est accentuée par une succession de logos vélos et de chevrons

2.1.2 Marquages ponctuels

Les marquages ponctuels sont des marquages routiers ayant une forme spécifique et représentant une figure, tels que les logos vélos et les chevrons utilisés pour indiquer une piste cyclable suggérée.

En cas de trafic mixte, les bandes cyclables suggérées sont en Région de Bruxelles-Capitale indiquées par des chevrons et des logos vélos de couleur blanche apposés en alternance et à une distance régulière.

2.1.3 Marquages transversaux

Les marquages transversaux sont des marquages qui sont en principe apposés perpendiculairement à la chaussée tels que les lignes d'arrêt et les blocs des passages pour cyclistes. Un passage pour cyclistes est un aménagement qui permet aux cyclistes de traverser une rue.

Aux carrefours régulés par des feux, il est indispensable de réaliser une zone avancée pour cyclistes à l'aide de deux lignes d'arrêt blanches et de logos vélos.



Zone avancée pour cyclistes (ZAC)

2.2 Types de produits et de systèmes de marquage

2.2.1 Produits et systèmes de marquage

2.2.1.1 Produits de marquage

Parmi les produits de marquage, on distingue les peintures, les produits thermoplastiques, les enduits à froid et les produits préformés.

- **Peintures²**: ces produits liquides contiennent des matériaux solides dissouts dans un solvant organique ou aqueux. En fonction de la nature du solvant, on distingue donc deux sortes de peintures: les peintures à solvant et les peintures diluables à l'eau (dans ce cas, on parle de «peintures à l'eau»). Elles peuvent également contenir des microbilles de prémélange.



Marquage d'une piste cyclable par application à chaud d'un enduit thermoplastique



Marquage d'une piste cyclable par projection de peinture sur pochoir

- **Enduits à froid⁴**: ces produits multicomposants forment sur le revêtement un film dur par réaction chimique lorsque les composants sont mélangés. Pour le procédé liquide-liquide, un durcisseur est mélangé à l'enduit juste avant la pose. Après une courte période, le durcisseur déclenche un processus de polymérisation, qui fait durcir le produit. Pour le procédé liquide-solide, le durcisseur enrobe les microbilles de verre qui sont soit saupoudrées, soit injectées lors de la mise en œuvre.

2. Les peintures de marquage sont décrites dans les normes européennes NBN EN 1871 et NBN EN 12802.

3. Les produits thermoplastiques sont décrits dans les normes européennes NBN EN 1790, NBN EN 1871 et NBN EN 12802.

4. Les enduits à froid sont décrits dans les normes européennes NBN EN 1436, NBN EN 1871, NBN EN 12802 et NBN EN 13212.

- *Produits préformés*⁵ : les produits préformés collés à chaud (thermoplastiques préformés) et les produits préformés collés à froid.
- Les produits préformés collés à chaud sont en fait des thermoplastiques. Aussi, ils doivent être conformes aux prescriptions d'application aux thermoplastiques, sauf en ce qui concerne la résistance à la chaleur car ils ne sont pas destinés à être chauffés dans une cuve.



Logo vélo préformé en kit



Pose d'un logo vélo au chalumeau et saupoudrage de billes réfléchissantes

- Les produits préformés collés à froid (tape) sont livrés en rouleaux de longueur standard et de largeur adaptée à la demande. Ils se présentent sous forme de système complet,

autoadhésif et peuvent être mis en œuvre sur le revêtement par simple pression. En fonction de la qualité du revêtement et/ou de la température au moment de l'application, il peut être nécessaire d'utiliser une couche d'accrochage (primaire).

2.2.1.2 Systèmes de marquage

Un système de marquage est la combinaison d'un produit de marquage et d'un ou plusieurs types de microbilles de verre ou d'un mélange adéquat de microbilles de verre et de granulats antidérapants⁶. Le tout est appliqué suivant différentes techniques sur la route pour former un film dur ou durcissant d'une épaisseur donnée, en fonction des dosages utilisés. On distingue les systèmes plans et les systèmes profilés.

- Les systèmes plans sont constitués d'un film dont le dosage est constant. Sur un support plan, ce film forme une marque dont l'épaisseur nominale est constante.
- Les systèmes profilés ont une épaisseur qui varie transversalement et/ou longitudinalement pour former des reliefs dont la hauteur (h) peut varier. Les crépis forment un film discontinu sur le revêtement. Les films structurés ont une épaisseur moyenne inférieure à 5 mm ($h < 5$ mm) tandis que les films en relief ont une épaisseur moyenne supérieure à 5 mm ($h \geq 5$ mm).

2.2.2 Matériaux divers

Dans ce groupe, on distingue les pavés ou dalles, les clous, les séparateurs et les plots rétro réfléchissants.

2.2.2.1 Pavés ou dalles

Dans les pavages, des pavés en béton colorés (en particulier blancs) peuvent être intégrés dans le revêtement et servir de marquage.

Des dalles munies de cannelures peuvent être utilisées dans le revêtement d'une piste cyclable dallée pour annoncer un poteau.

5. Les produits préformés sont décrits dans la norme européenne NBN EN 1790.

6. Les normes européennes NBN EN 1423 et 1424 sont d'application pour les microbilles de verre et la norme européenne NBN EN 1423 est d'application pour les granulats antidérapants.

Les marquages en marbre blanc dans un revêtement en pierre naturelle sont déconseillés car ils sont trop lisses, trop fragiles et ne résistent pas au gel.



Marquage en pavés blancs

2.2.2.2 Clous

Les clous sont des éléments fixes, non déformables, qui dépassent de la surface de la chaussée et qui font partie intégrante du marquage. Étant donné qu'ils dépassent de la surface,



*Marquage au moyen de clous :
attention à la glissance*

face et qu'ils sont souvent relativement lisses, ils représentent un danger pour les cyclistes et les motocyclistes. Leur application est donc déconseillée.

2.2.2.3 Séparateurs

Ils peuvent être utilisés comme séparation entre la voie de circulation et l'aménagement cyclable. Il faut alors veiller à ce que la distance entre l'aménagement cyclable et les séparateurs soit suffisante afin d'éviter que les cyclistes n'entrent en contact avec ces éléments (par exemple demi-lunes) et ne perdent le contrôle de leur vélo.



*Plots en pierre à déconseiller en raison du
risque de déstabilisation en cas de contact
avec la roue avant du vélo*



Sur cette route au trafic unidirectionnel limité, les demi-lunes séparent les cyclistes du trafic automobile

2.2.2.4 Plots rétro réfléchissants ⁷

Pour la raison que nous venons de citer, l'utilisation de plots réfléchissants comme marquage permanent des pistes cyclables est déconseillée. De plus, la réflexion de la lumière provient surtout des phares des voitures et non des phares des vélos.

2.3 Exigences en matière de marquages routiers pour les aménagements cyclables

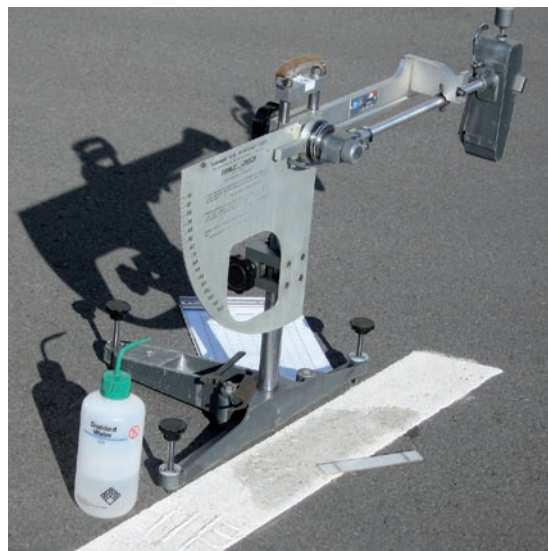
Les marquages routiers pour les aménagements cyclables doivent satisfaire à une série de critères de performance de base ⁸: adhérence, visibilité de jour ou à la lumière artificielle, visibilité de nuit (sur chaussée sèche, humide ou par temps de pluie), coloration. En soi, ils sont identiques à ceux s'appliquant aux marquages routiers pour les voies de circulation automobile.

Les critères pertinents sont expliqués brièvement ci-après et, si nécessaire, des recommandations sont formulées pour des valeurs à imposer. La NBN EN 1436 ne donne en effet pas de valeurs limites, mais des «classes de performance» pour chaque critère. Pour plus de détails à ce sujet, reportez-vous au *Cahier des Charges Type relatif aux Voiries en Région de Bruxelles-Capitale*.

En outre, deux autres critères revêtent une grande importance pour les aménagements cyclables: planéité et évacuation des eaux.

2.3.1 Adhérence pneu-marquage

L'essentiel est que l'adhérence des marquages soit au moins comparable à l'adhérence (résistance au dérapage) du revêtement environnant, surtout par temps humide. En effet, c'est le revêtement qui constitue le point de repère sur la base duquel chaque cycliste règle sa conduite: des marquages glissants insécurisent les cyclistes (forcés de ralentir leur allure)



Pour déterminer l'adhérence d'un revêtement ou d'un marquage, le Transport Research Laboratory (TRL, Royaume-Uni) a mis au point un appareil de mesure du frottement: le pendule SRT (Skid Resistance Tester). La valeur mesurée par le pendule SRT est appelée Skid Resistance (adhérence).

⁷. Les plots rétro réfléchissants sont décrits dans la norme NBN EN 1463.

⁸. Ces critères de performance sont énumérés et repris dans la NBN EN 1436.

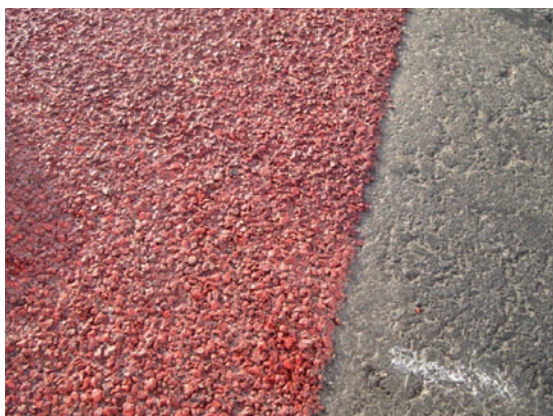
ou les mettent en danger (effet de surprise pour qui ne connaît pas les lieux).

En ce qui concerne l'adhérence, les matériaux usuels donnent satisfaction sur route sèche, mais leur efficacité laisse parfois à désirer sur route mouillée.

La norme NBN EN 1436 définit les classes d'adhérence SRT des marquages routiers. Il semble indiqué de prescrire une classe d'adhérence S2 ($SRT \geq 50$).

Afin d'augmenter la rugosité des marquages, des granulats antidérapants peuvent être utilisés. Ils se composent de grains durs d'origine naturelle ou artificielle, qui se distinguent par leur dureté, leur blancheur (ou transparence) et leur taille. Il s'agit de produits de saupoudrage qui sont souvent mélangés avec des microbilles de verre. Cette combinaison n'est pas sans influence sur le pouvoir rétrofléchissant des marquages. Aussi, lorsqu'on établit les prescriptions, il y a un compromis à faire entre l'adhérence et la rétro réflexion. On donnera la priorité absolue à la rétro réflexion en l'absence d'éclairage public. Pour des films épais, il convient de faire attention à la qualité des charges dans le produit parce qu'elles sont destinées à assurer l'adhérence à long terme.

Si les marquages blancs réglementaires sont apposés sur un fond rouge, l'adhérence du revêtement ne peut pas en être réduite. L'application de bauxite, un minéral qui est disponible en différentes teintes de rouge, assure dans ces cas-là une bonne adhérence.



Marquage antidérapant en bauxite rouge

2.3.2 Visibilité de jour ou à la lumière artificielle

Pour être visible par l'ensemble des usagers, un marquage doit offrir un contraste suffisant (clarté, couleur) avec le revêtement sur lequel il est appliqué. Pour une bonne visibilité, un marquage blanc doit contenir suffisamment de dioxyde de titane (TiO_2), qui assure la blancheur. Toutefois, il s'agit aussi de l'ingrédient qui coûte le plus cher dans un produit de marquage routier. Pour une chaussée claire (p. ex. le béton), une valeur de la visibilité de jour Q_d supérieure à celle pour une chaussée sombre (enrobé) est exigée.



Logo vélo blanc bien visible sur un revêtement bitumineux plus sombre



Pour être bien visible, le marquage doit contraster suffisamment avec le revêtement sur lequel il est apposé

Sur une chaussée sèche, tous les matériaux ordinaires peuvent convenir en ce qui concerne la visibilité, tant diurne que nocturne. Par contre, la nuit par temps de pluie, la situation est tout autre.

2.3.3 Visibilité de nuit (rétro réflexion)

La visibilité nocturne est importante tant pour le cycliste, qui doit visualiser sa trajectoire grâce à son phare, que pour l'automobiliste, qui doit visualiser les aménagements prévus pour les cyclistes.

La visibilité nocturne des marquages peut être améliorée en ajoutant des microbilles rétro réfléchissantes, c.-à-d. qui réfléchissent vers les yeux du cycliste la lumière incidente du phare du vélo.

En l'absence d'éclairage public, on donnera la priorité absolue à la rétro réflexion. Ainsi, on combinera en chargeant davantage en microbilles de verre par rapport aux granulats anti-dérapants.

Les peintures, les produits thermoplastiques, les enduits à froid et les produits préformés sont combinés à des microbilles de verre qui peuvent être mélangées («microbilles de prémélange») et/ou saupoudrées («microbilles de saupoudrage»). Les microbilles de prémélange assurent une bonne rétro réflexion à long terme, quand les microbilles de saupoudrage ont disparu. Elles confèrent aussi une bonne

résistance mécanique, en particulier pour les marquages de faible épaisseur. Les microbilles de saupoudrage rendent le marquage rétro réfléchissant, surtout au début.



Effet rétro réfléchissant après saupoudrage sur logos vélos préformés posés à chaud

Sur chaussée mouillée cependant, le film d'eau produit un effet miroir. Les rayons de lumière sont réfléchis vers l'avant, rendant ainsi le marquage quasi invisible.

Les systèmes de marquage profilés sont les seuls types de marquage qui restent visibles de nuit sur chaussée mouillée. Leurs avantages sont multiples :

- ils font entendre un avertissement sonore aux automobilistes qui quittent leur bande de circulation et qui représentent donc un danger pour les cyclistes. C'est pourquoi une solution intéressante à côté de la piste cyclable marquée peut être d'appliquer un

marquage profilé continu qui indique le bord fictif de la bande de circulation. On procure ainsi aux cyclistes un espace sécurisé par rapport à la circulation ;

- ils offrent une bonne visibilité par temps de pluie ou dans l'obscurité puisque le marquage émerge du film d'eau et rétroréfléchit les rayons lumineux ;
- ils permettent une bonne évacuation des eaux puisqu'ils sont appliqués de manière discontinue, à distance régulière, sur un marquage continu de moins d'1 mm d'épaisseur.



Marquage profilé servant d'avertissement sonore aux automobilistes : larges barrettes



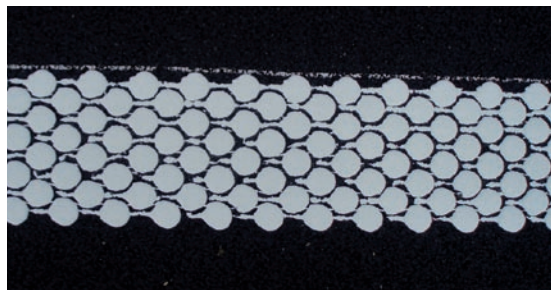
Petites barrettes



Barrettes rectangulaires

Ils peuvent également être utilisés pour signaler la présence d'un potelet ou d'un poteau sur le trajet des cyclistes.

La zone tampon entre la piste cyclable marquée et la ligne profilée doit cependant être suffisamment large pour ce type de marquage afin d'éviter au maximum que les cyclistes ne perdent le contrôle de leur vélo si celui-ci entre en contact avec le matériau profilé. C'est pour cette raison qu'il est préférable d'opter pour les marquages profilés les moins agressifs (par exemple, de petites sphères plutôt que des barrettes).



Ligne profilée composée de petites sphères

Dans certaines circonstances, la visibilité des marquages sur la chaussée est insuffisante. Le contre-jour, aussi bien de jour (quand le soleil est bas) que de nuit (à cause des phares des véhicules arrivant en sens inverse), peut réduire (à néant) la visibilité, surtout si la chaussée est humide. En général, on ne distingue plus que la différence entre les types de revêtement.

2.3.4 Couleur

Dans la norme NBN EN 1436, une zone carrée est délimitée dans un diagramme de chromaticité. Tous les produits de marquage dont les coordonnées chromatiques x et y tombent dans cette zone sont considérés comme blancs et conviennent au point de vue de la couleur. Dans la pratique, il y a rarement des problèmes de couleurs avec les produits de marquage blancs.

Pour signaler le danger dans quatre types d'endroits de conflit illustrés ci-dessous, la Région de Bruxelles-Capitale opte pour la couleur rouge, qui ne peut être utilisée qu'en complément aux marquages blancs réglementaires.

Passages et traversées pour cyclistes



Traversée bi-directionnelle accentuée par un marquage antidérapant en bauxite rouge



Traversée d'une voirie à grand trafic accentuée par un marquage rouge

Zone de cisaillement



Zone de cisaillement en rouge, fortement sollicitée par le trafic automobile

Accès latéraux



Le marquage peut être accentué de rouge lorsque la trajectoire du cycliste est coupée par une entrée ou un débouché latéral à forte fréquence (parking, pompe à essence, etc.)

Insertion en voirie



Aux zones d'insertion en voirie, la couleur rouge signale aux automobilistes que des cyclistes venant d'une piste cyclable séparée s'intègrent au trafic sur la voirie

2.3.5 Planéité

Le film des produits et systèmes de marquage des aménagements cyclables ne devrait jamais dépasser une épaisseur de quelques millimètres. Pour des questions de confort et de sécurité, 5 mm est un maximum.

Dans le cas particulier des films en relief, l'épaisseur moyenne dépasse 5 mm. Ces marquages sont utilisés pour les bandes bruisantes entre aménagement cyclable et chaussée ou encore pour signaler la présence d'un potelet ou d'un poteau sur le trajet d'un aménagement cyclable.

2.3.6 Évacuation des eaux

Quand la chaussée est mouillée, la visibilité laisse souvent à désirer. L'épaisseur du marquage et la différence de clarté et de couleur entre le marquage et le revêtement jouent alors un rôle déterminant. Des lignes continues peuvent causer des problèmes d'évacuation des eaux si l'on utilise un produit de marquage d'une épaisseur supérieure à 1 mm. L'eau qui peut rester au-delà de ces lignes peut mettre les cyclistes en danger (gel, trous dissimulés, etc.) ou réduire leur confort (éclaboussures). L'eau qui stagne en surface nuit au final également à la durabilité des marquages. Sous l'action de l'eau, les produits préformés peuvent par exemple se détacher plus vite.

Quand la rétro réflexion de nuit par temps de pluie est une priorité, le maître mot est l'évacuation des eaux. Celle-ci peut être assurée de différentes manières. Dans tous les cas, le but est de faire émerger les microbilles de verre du film d'eau présent sur la route.

2.4 Recommandations générales

En règle générale, on peut dire qu'il est recommandé d'uniformiser autant que possible les marquages routiers en Région de Bruxelles-Capitale et, a fortiori, dans une même commune, sur une même voirie, un même itinéraire, dans un même quartier. Idéalement, par exemple, on exécutera des chevrons partout avec des produits ayant le même aspect. Une exécution qui varie d'une commune à l'autre pour le même type de marquage donne une impression chaotique et peu esthétique. De plus, cela rend difficile l'interprétation des marquages routiers et n'améliore en rien la sécurité.

La durabilité des marquages et celle du revêtement sont liées. C'est pourquoi il est conseillé de ne pas investir dans des produits de marquage durables (et chers) tels que des thermoplastiques (préformés) ou du tape sur un revêtement en fin de vie. Dans ce cas, une (fine couche de) peinture moins chère, moins durable peut s'avérer suffisante.

Dans le même ordre d'idée, le remplacement d'un revêtement est une occasion idéale pour intégrer un nouvel aménagement en marquage pour les cyclistes dans la largeur disponible de la voirie. Cette coordination permet de ne pas devoir effacer ultérieurement des marquages existants.

Pour éviter que les marquages ne deviennent illisibles à cause de souillures, il est préférable de ne pas les appliquer trop près des filets d'eau et caniveaux.

Quand des marquages doivent être appliqués sur un **revêtement bitumineux** qui vient juste d'être mis en œuvre, ceux-ci n'adhèrent pas bien à la surface encore «grasseuse» et il convient d'en tenir compte. Cela peut être très néfaste pour la durée de vie du marquage. C'est pourquoi, dans pareil cas, il est préférable d'utiliser un produit meilleur marché, ayant une durée de vie limitée, par exemple une fine couche de peinture. Une fois le revêtement «rodé», et son film de bitume «entamé», un nouveau marquage plus durable (et plus cher) peut être appliqué, par exemple un thermoplastique préformé ou du tape. D'autre part, marquer une première fois en peinture légère offre davantage de flexibilité à l'aménageur qui peut dans un second temps amener des améliorations au marquage sans effacement d'éléments thermoplastiques (coûteux).

Quand des marquages doivent être appliqués sur un **revêtement en béton** qui vient juste d'être mis en œuvre, il faut tenir compte du fait que la surface est encore chimiquement active et très alcaline, ce qui peut endommager le nouveau marquage et en réduire la durée de vie. Dans ce cas aussi, on peut, dans un premier temps, appliquer une fine couche de peinture ou une couche de protection (primaire) entre le revêtement et le marquage.

Sur un revêtement **non modulaire avec peu de texture** (enrobé dense, béton brossé ou non traité, etc.), on peut en principe appliquer tous les types de produits de marquage, pour autant que la couche du marquage ne soit pas trop épaisse (≤ 5 mm) et qu'une bonne évacuation des eaux soit assurée. Les précautions prises au niveau de l'épaisseur de la couche n'ont d'importance que si des cyclistes risquent de rouler sur les marquages (logos vélos et chevrons).

Sur des **revêtements à forte texture** (même en bon état), le tape est à déconseiller à cause de problèmes éventuels d'adhésivité. Vu son prix, il serait dommage que le tape se décolle prématurément.

Sur des **pavages**, on peut utiliser tant de la peinture que du thermoplastique préformé, mais le résultat n'est jamais optimal. Sous l'effet de l'infiltration de l'eau et du gel dans les joints, le marquage finit par casser. Il est donc nécessaire d'appliquer un « primer » sur les pavages.

Le tape est une fois de plus déconseillé en raison des problèmes potentiels d'adhésivité au niveau des joints. Un produit thermoplastique ordinaire risque de couler dans les joints, ce qui donne un résultat peu esthétique. Incorporer des pavés blancs peut constituer une alternative au marquage classique. Cette solution n'est pas bon marché et pas toujours possible (elle doit s'intégrer dans l'appareillage du revêtement modulaire), mais elle peut toutefois offrir une alternative durable, esthétique et respectueuse de l'environnement. L'adhérence des éléments intégrés doit être au moins égale à celle des autres pierres du revêtement.

Dans un environnement urbain, il faut tenir compte de la présence de **surfaces particulières**, comme les taques d'égout ou les grilles d'aération, etc. afin d'éviter de poser des marquages sur des surfaces de ce type (lisses ou en relief). Si cela est impossible, en principe, on peut appliquer le même marquage que sur le revêtement alentour. Aucun produit de marquage ne se distingue par sa durabilité sur une telle surface. Aussi, on évite de procéder à un marquage sur de telles surfaces et, si c'est absolument nécessaire, on opte de préférence pour un produit bon marché (p. ex. de la peinture) que l'on rafraîchit régulièrement.



ZAC illisible



Logo vélo illisible



Grille d'aération en acier

2.5 Aide au choix du produit ou système de marquage

Les éléments suivants peuvent influencer le choix des produits et systèmes de marquage :

1. la forme du marquage à appliquer ;
2. les charges du trafic ;
3. le budget, le savoir-faire et la main-d'œuvre disponibles ;
4. les aspects environnementaux ;
5. la taille du chantier ;
6. la gêne à la circulation.

2.5.1 Forme du marquage à appliquer

2.5.1.1 Marquage longitudinal – Lignes discontinues

Étant donné qu'à de nombreux endroits, les lignes discontinues ne sont pas soumises à un passage (important), elles sont peu sujettes à l'usure et un marquage à la peinture est souvent une option budgétaire intéressante qui, parallèlement, offre satisfaction sur presque tous les revêtements, à condition de rafraîchir le marquage deux fois par an.



Premier marquage provisoirement en peinture

2.5.1.2 Marquage longitudinal – Ligne Sauwens

La ligne Sauwens peut être une ligne blanche continue (peinture, thermoplastique, enduit à froid ou tape), une bande bruissante, avec ou sans ligne blanche continue (thermoplastique ou enduit à froid, en combinaison ou non avec de la peinture) ou un alignement de réflecteurs.

Le système recommandé est une bande bruissante en thermoplastique ou enduit à froid avec une couche de peinture (voir 2.3.3). L'enduit à froid n'est recommandé que si une application mécanique est possible.



Marquage provisoire en peinture

Comme dans ce cas la visibilité de jour comme de nuit (en l'absence d'éclairage public), est encore plus importante que l'adhérence, une valeur SRT de 45 est suffisante. Les bandes bruissantes ont cet avantage qu'elles produisent un effet sonore et des vibrations quand un véhicule passe dessus et alertent ainsi le conducteur du véhicule. De nuit et par temps de pluie, un tel type de marquage se distingue aussi par une meilleure visibilité qu'un marquage sans relief.

Les séparateurs (pouvant aussi être utilisés pour délimiter le bord de la route) mentionnés plus avant dans ce chapitre sont une forme plus radicale de relief. Toutefois, ils peuvent entraîner des chutes pour les cyclistes qui dévient de l'aménagement cyclable ou pour les motards qui roulent sur le bord de la voie de circulation.

2.5.1.3 Marquages ponctuels – Chevrons et logos vélos

En général, pour les symboles (logos vélos et chevrons), les thermoplastiques préformés offrent de loin le meilleur résultat et ils sont donc à recommander. Les peintures et thermoplastiques placés par pochoir peuvent aussi être utilisés, mais les dessins réalisés à l'aide de ces produits présentent plus de défauts (traits trop épais ou trop fins) et/ou les lignes sont moins précises, etc. De plus, lors d'un marquage, il faut veiller à utiliser le même pochoir afin d'éviter les superpositions disgracieuses, pouvant rendre le marquage illisible.

Les enduits à froid sont quant à eux moins faciles à mettre en œuvre manuellement et sont donc à déconseiller.



Illisibilité et usure d'un logo en peinture sur un revêtement modulaire



Logo vélo préformé endommagé sur des pavés en pierre



Usure d'un logo thermoplastique préformé sur un revêtement modulaire



Logo vélo préformé appliqué à chaud sur du béton imprimé après application d'un «primer». Les joints du béton imprimé sont moins profonds, ce qui rend le marquage plus durable sur ce type de support



Logo vélo marqué en peinture sur un revêtement modulaire. Le marquage par pochoir crée un profil peu net. Le flou est accentué par la visibilité des joints du revêtement et par le fait que le pochoir n'est pas toujours identique d'un rafraîchissement à l'autre



Logo vélo préformé sur des pavés en béton

2.5.1.4 Marquage transversal – Zones avancées pour cyclistes

Les marquages des zones avancées pour cyclistes aux carrefours sont situés dans la partie de la voie publique également empruntée par les véhicules automobiles. Ils sont donc plus exposés à l'usure, mais l'usage montre qu'un marquage plus cher, et en théorie durable, comme un thermoplastique apporte peu de plus-value car le matériau se dégrade malgré tout relativement vite vu qu'il se trouve dans une zone de fortes sollicitations dues au freinage et au redémarrage des véhicules. Dès lors, pour les marquages dans ces zones avancées pour cyclistes aussi, l'utilisation de peinture est recommandée. Comme nous l'avons déjà mentionné, les marquages peints doivent être rafraîchis deux fois par an.

Il est évident que les règles décrites plus haut pour les logos vélos s'appliquent aussi dans les zones avancées pour cyclistes.



Éviter un marquage à cheval sur des revêtements/éléments aux comportements différents!

2.5.1.5 Marquage transversal – Passages et traversées pour cyclistes

Tout comme les zones avancées, les passages et traversées pour cyclistes sont exposées à l'usure sous l'effet du trafic. Contrairement aux zones avancées, on utilise plus souvent des thermoplastiques pour les passages et traversées car ils sont moins soumis au démarrage et au freinage des véhicules. La surface de la chaussée doit être en bon état et ne peut pas être un pavage. La peinture peut constituer une alternative.



Passage pour cyclistes

2.5.2 Charges du trafic

À certains endroits, les marquages sur les aménagements cyclables seront plus sujets à l'usure en raison du trafic :

- aux carrefours ;
- à hauteur des intersections ;
- à hauteur des emplacements de parking ;
- à hauteur des voies d'accès et de sortie des aires de parking et/ou des garages et des terrains industriels (où passent de nombreux camions ou véhicules de livraison).

En théorie, les produits thermoplastiques préformés tels que recommandés pour les logos et chevrons offrent une bonne résistance à ce type d'usure. On pourrait donc recourir à des lignes discontinues à de tels endroits dans un matériau qui serait plus durable que la peinture, mais l'alternance de plusieurs systèmes pour la réalisation des lignes discontinues serait peu esthétique. Aussi, il est préférable d'utiliser de la peinture pour les lignes discontinues tout au long de l'aménagement cyclable. Aux endroits sensibles à l'usure, on procédera à un marquage ou rafraîchissement plus fréquent.

Ces endroits sont souvent des zones conflictuelles où la couleur rouge est utilisée en combinaison avec les marquages blancs réglementaires pour mettre en évidence le danger potentiel. Dans un tel cas, on donnera la préférence à un matériau de revêtement rouge durable. Une autre solution pourrait consister en l'application d'un logo vélo thermoplastique blanc, plutôt qu'un fond de couleur rouge, pour attirer l'attention des automobilistes sur la présence de cyclistes.

2.5.3 Budget, savoir-faire et main-d'œuvre disponibles

En règle générale, on peut dire que le prix d'un produit est proportionnel à sa durabilité. Un produit de marquage bon marché n'est pas nécessairement plus avantageux pour le gestionnaire.

Dans le calcul du coût final de l'aménagement devront être pris en compte les frais sur toute la durée de vie du marquage, c'est-à-dire les frais d'investissement pour l'exécution des marquages (y compris la dépose des marquages existants et les mesures de circulation), les frais d'entretien, les frais liés au recyclage et à la protection de l'environnement, ainsi que les frais sociaux liés à la gêne à la circulation.

À première vue, les peintures sont moins chères que les produits thermoplastiques, les enduits à froid ou les tapes. Pourtant, il ne faut pas oublier que les marquages à la peinture doivent être renouvelés beaucoup plus souvent, avec tous les frais et les nuisances que cela implique (interdiction de parking, gêne à

la circulation, etc.). De plus, il faut souligner que la sécurité routière est mise à mal quand les marquages s'effacent, ce qui, indirectement, engendre des coûts.

Les produits thermoplastiques, les enduits à froid ou les tapes ont la durabilité la plus élevée. Ils restent plus visibles et adhérents sur chaussée mouillée. Leur couleur est persistante et ils sont peu sujets à l'usure. A la pose, les thermoplastiques sont plus chers, mais leur entretien est nettement plus avantageux. Par contre, ils sont plus lisses que la peinture et dépassent du revêtement de quelques millimètres, ce qui nuit à la planéité de surface.

Le tableau ci-dessous reprend les prix indicatifs et la durée de vie moyenne des produits de marquage courants.

Des aspects tels que le budget disponible, le savoir-faire requis et le personnel qualifié ou

non dont dispose le gestionnaire routier compétent peuvent influencer le choix des produits et systèmes de marquage. Certains produits doivent cependant faire l'objet d'un marquage fréquent, ce qui les rend plus onéreux au long terme. Il est également recommandé de prévoir le marquage dans les documents d'adjudication. Il peut parfois être intéressant pour le gestionnaire routier d'investir dans le matériel et/ou dans la formation de personnel.

2.5.4 Aspects environnementaux

La Directive européenne *Produits de construction (DPC) 89/106/CEE* exige que l'ensemble des matériaux qui sont utilisés dans l'exécution de travaux de construction satisfassent à six exigences essentielles en matière de sécurité, de santé publique et de protection des usagers et de l'environnement. Les six exigences essentielles sont la résistance mécanique et la stabilité; la sécurité en cas d'incendie; l'hygiène, la santé et l'environnement; la sécurité d'utilisa-

Prix indicatifs et durée de vie moyenne des produits de marquage courants

	Prix indicatif (€/m ² – jours de travail complets)		Durée de vie (années)
	Pose à la machine	Pose manuelle	
Peinture	2 – 3	6 – 7,5	0,5 – 1
Thermoplastique	Spray 1,5 mm: 10 – 12	24 – 30	3
 Thermo 3 mm: 12 – 15		3
Thermoplastique préformé	–	36 – 45	3
Enduit à froid	15 – 18	30 – 37,5	3
Tape (définitif)	60 – 75	75 – 90	6
Marquage profilé	15 – 18	–	3

Note: La durée de vie d'un marquage dépend du type de produit, mais également d'autres facteurs tels que le type, la texture et l'état de la surface de la chaussée ainsi que des charges du trafic (par exemple le nombre de passages de roues par an). Les valeurs données sont des valeurs moyennes estimées, car nous ne disposons pas à l'heure actuelle de données statistiques fiables.

tion; la protection contre le bruit; l'économie d'énergie et l'isolation thermique. Ces exigences, déterminées par les états membres, ont été transposées en 1994, via des documents interprétatifs, en critères qui sont repris dans les spécifications techniques sur base desquelles un produit est évalué. Un produit ne peut être mis sur le marché et y circuler librement que lorsqu'il satisfait aux spécifications techniques européennes harmonisées (les normes EN harmonisées).

Par application de l'ordonnance européenne REACH (l'enRegistrement, l'Évaluation et l'Auto-ri-sation des substances CHimiques), ne peuvent plus être utilisées depuis le 1^{er} décembre 2008 que des matières premières dont le risque pour l'environnement et la santé humaine a été évalué et enregistré. Par le biais de l'ordonnance REACH, l'Europe souhaite établir le relevé de l'utilisation des produits chimiques, afin de mieux la maîtriser. REACH induit plusieurs obligations pour les producteurs, les importateurs, les distributeurs ainsi que les utilisateurs de produits chimiques (le cas échéant, les marqueurs routiers). En construction routière, cette ordonnance intéresse principalement les marqueurs routiers. Ils doivent dorénavant s'assurer que les produits de marquage employés sont considérés comme appropriés. Tout au long du procédé de mise en œuvre, ils doivent tenir compte des mesures de précaution du producteur ou du fournisseur. Celui-ci doit informer l'utilisateur (donc le marqueur routier) des risques éventuels qui peuvent se présenter lors de l'utilisation du produit ainsi que des mesures de précaution à respecter.

Néanmoins, il n'est pas possible d'empêcher totalement que des produits de marquage, et plus particulièrement les systèmes d'une certaine épaisseur, se désagrègent et se dispersent comme déchets dans l'environnement. Une conception de qualité tentera donc de sécuriser et de confortabiliser de façon optimale le parcours des cyclistes en ne mettant en place qu'un minimum de marquages (principe «Less is more»). Les différents fascicules du vademecum vélo de la Région de Bruxelles-Capitale constituent pour les concepteurs un outil pour délimiter des aménagements cyclables sûrs et confortables sans verser dans l'excès

de marquages. Certains systèmes sont moins polluants que d'autres. Ainsi, les peintures à l'eau n'utilisent pas de solvants organiques, qui n'aboutissent donc pas dans l'atmosphère. La sécurité des travailleurs du secteur (maintenance, transport et stockage) est donc améliorée. Mais leur temps de séchage est long. Le temps de séchage joue souvent un rôle clé dans le choix d'un produit, car la route doit pouvoir être rapidement mise en service.

En ce qui concerne l'entretien et l'effacement, là aussi des progrès sont faits. Il est actuellement possible d'effacer par projection d'eau tout en aspirant les débris. Les déchets peuvent être récupérés pour ensuite être traités de façon adéquate. Ils ne se retrouvent donc plus dans l'environnement sans avoir été traités.

2.5.5 Taille du chantier

Pour les grands travaux de marquage de lignes discontinues et/ou de lignes Sauwens avec de la peinture, des thermoplastiques (non préformés) et des enduits à froid, l'utilisation de machines à haut rendement est avantageuse, tant au point de vue financier qu'au point de vue de la vitesse d'exécution, à condition qu'il y ait suffisamment d'espace disponible pour utiliser ce type de machine. Pour les travaux de moindre envergure, l'application manuelle est recommandée et les thermoplastiques préformés ou le tape peuvent être un choix intéressant. Évidemment, on n'utilisera pas non plus de machine à rendement élevé pour l'application de logos vélos et de chevrons.

2.5.6 Gêne à la circulation

En ville, aux endroits où le trafic est dense, la gêne à la circulation doit rester très limitée. Pour remédier à ce problème, les travaux peuvent être réalisés de nuit, mais cette solution n'est pas sans conséquences sur le prix de revient. Une autre solution peut être de quand même effectuer les travaux de jour, mais d'utiliser un produit de marquage sur lequel on peut rapidement rouler après application. À ce niveau, le tape est particulièrement performant parce qu'on peut rouler dessus directement après application. Les peintures à solvant et enduits à froid ne se défendent pas mal, mais

les thermoplastiques (préformés ou non) n'enregistrent qu'une performance médiocre pour ce critère. Les peintures à l'eau sont respectueuses de l'environnement, mais leur temps de séchage est long.

2.6 Exécution

Le produit et son dosage doivent être adaptés au type de support, à sa texture et à son état.

En cas de dégradations (écaillage du béton, plumage de l'asphalte ou nids de poule, affaissement des revêtements modulaires tels que dallages et pavages, etc.), il est évident qu'un nouveau marquage n'a pas de sens si l'on ne procède pas préalablement aux réparations nécessaires.

La surface sur laquelle il faut appliquer un marquage doit être sèche, dépourvue de graisse et propre – sans poussières, éléments friables ou mous, matières végétales ou autres sources de pollution susceptibles d'empêcher le produit de marquage d'adhérer au revêtement. La chaussée doit en outre être exempte de tout résidu de sel de déverglaçage. Il est recommandé de débarrasser la chaussée de toute souillure (brossage, soufflage, jet d'eau sous haute pres-



Sol gras

sion) avant d'appliquer le marquage. Il faut être attentif à la présence de garages, d'ateliers de réparation de véhicules, de pompes à essence ou de tout endroit dont l'activité est sujette à amener des substances graisseuses sur le revêtement de la chaussée.

Il va de soi que l'application des marquages se fait toujours dans des conditions climatiques acceptables (ni pluie ni gel) et à une température située dans la fourchette spécifiée par le fabricant.

Avant d'appliquer le marquage, il est conseillé de mesurer le taux d'humidité à l'aide de capteurs d'humidité ou d'une autre technique appropriée. On ne peut en aucun cas appliquer des marquages sous le point de rosée.

Quand on ne peut éviter de marquer dans des conditions météorologiques défavorables, on peut, jusqu'à un certain point, sécher la surface à marquer. Dans ce cas, le résultat n'offre aucune garantie de durabilité, surtout pour le marquage en peinture.



Équipement pour le séchage du revêtement à marquer

Quand aucun marquage n'a encore été appliqué sur une chaussée, une partie du produit s'infiltrer dans les cavités. Il en résulte que le film sur la partie supérieure des granulats est plus mince, avec les conséquences que cela implique pour la durabilité du marquage. La profondeur de texture selon l'essai à la tache de sable doit donc être connue pour pouvoir déterminer le dosage de produit à appliquer pour un marquage durable.

Cet aspect est encore plus important si l'on travaille avec de fines couches.



L'essai à la tache de sable est une mesure statique en trois dimensions permettant de déterminer la profondeur de texture moyenne (Mean Texture Depth – MTD) en répandant une quantité standardisée de sable (photo du haut) sur la surface du revêtement et en en déterminant la superficie (photo du bas)

Pour les contrats basés sur des exigences performantielles, le fonctionnaire dirigeant devrait être tenu de communiquer la profondeur de macrotexture du revêtement sur lequel sera appliqué le marquage et le marqueur routier devrait tenir compte de cette information pour élaborer son offre de prix.

Quand une route ne peut pas être fermée au trafic pendant les travaux, les marquages qui viennent d'être mis en œuvre sont recouverts de chaux, que la pluie se chargera de faire disparaître par la suite.

À chaque type de produit à traiter correspond le matériel adapté: de la simple machine à pousser à la main aux camions de marquage lourds en passant par toute une gamme de machines autopropulsées, avec ou sans conducteur. Toutefois, certaines machines se prêtent mieux que d'autres à un certain travail de marquage.

Les règles qui s'appliquent au choix d'une machine sont souvent dictées par le bon sens. L'entrepreneur, guidé par son savoir-faire, pourra opérer un choix judicieux parmi le matériel dont il dispose.

En zone urbaine, on opte pour des machines de faible encombrement pour limiter la gêne à la circulation et de grande maniabilité afin de pouvoir contourner sans danger tous les obstacles.

Pour les thermoplastiques, on veille particulièrement à avoir une température appropriée et homogène dans le fondoir. Une température localement trop élevée peut nuire à la qualité du produit et en particulier à sa coloration.

Pour les lignes continues et discontinues, le système de guidage est adapté à la vitesse de progression de la machine. Bien que le guidage par caméra ne soit pas encore très répandu, ce système est à recommander pour les engins lourds.

Les lignes discontinues sont appliquées au moyen de modules interchangeable. Le changement de module peut se faire automatiquement et certaines machines sont équipées d'un système de commande électronique à partir de la cabine de l'engin.

Tout bon gestionnaire routier se doit de contrôler la qualité de l'exécution et de s'adresser à l'entrepreneur si certains points ne donnent pas entière satisfaction. Les performances pendant toute la durée de vie du marquage doivent être clairement établies et être conformes aux normes européennes en la matière, tout comme la procédure de contrôle.

2.7 Entretien

Il est recommandé de vérifier périodiquement l'état du marquage sur les aménagements cyclables et d'éliminer les éventuelles impuretés par brossage, soufflage ou en utilisant un nettoyeur haute pression. Il est insensé d'investir dans des produits de marquage durables et coûteux si le marquage se retrouve dissimulé sous une couche de saleté (boue, feuilles mortes, etc.). Il convient de prévenir l'apparition de végétation, qui constitue un risque pour le marquage, particulièrement en bordure d'un accotement gazonné.



Les revêtements ont une durée de vie supérieure aux marquages. Il est donc fréquent que l'on parle de remarquage ou de rafraîchissement (nouvelle pose de marquage, sans modification) dans le cadre de travaux de marquage routier. Il convient de s'assurer que l'état du marquage existant ne met pas en péril la durabilité du nouveau marquage. Si le marquage existant adhère bien à la surface (ne s'écaille pas, ni ne s'effrite), on peut travailler sur le marquage existant à condition que le fabricant du nouveau produit garantisse une adhésivité optimale. En cas de doute, le marquage existant doit être «préparé». Les techniques utilisées dans ce cas sont le sablage ou, mieux encore, le jet d'eau à haute pression (généralement 2 500 bar). Il ne faut pas faire partir tout le marquage existant; le marquage qui subsiste après une préparation «agressive» de la sorte est considéré comme suffisamment durable pour qu'un nouveau marquage puisse sans risque être appliqué par-dessus. Il s'agit toutefois d'une opération délicate: lorsqu'on recourt à de telles techniques, il faut veiller à ne pas endommager le revêtement (il en va de même lorsqu'un marquage doit être complètement effacé).



2.8 Tableau de synthèse

MARQUAGES LONGITUDINAUX

	Peinture	Thermo	Thermo préformé	Enduit à froid	Tape	Marquage profilé
1. Ligne discontinue						
Tous les revêtements en bon état, sauf les revêtements modulaires	++	+	0	+	+	-
Revêtement modulaire en bon état	++	-	0	-	-	-
Tous les revêtements en mauvais état, sauf les revêtements modulaires	++	0	0	0	-	-
Revêtement modulaire en mauvais état	++	-	0	-	-	-
2. Ligne Sauwens						
Tous les revêtements en bon état, sauf les revêtements modulaires	+	+	0	+	+	++
Revêtement modulaire en bon état	+	-	0	-	-	++
Tous les revêtements en mauvais état, sauf les revêtements modulaires	++	0	-	0	-	0
Revêtement modulaire en mauvais état	++	-	0	-	-	0

MARQUAGES PONCTUELS

Logos vélos et chevrons pour bandes cyclables suggérées, signalisation des itinéraires cyclables régionaux et zones avancées

	Peinture	Thermo	Thermo préformé	Enduit à froid	Marquage profilé
Tous les revêtements en bon état, sauf les revêtements modulaires	+	-	++	-	-
Revêtement modulaire en bon état	+	-	++	-	-
Tous les revêtements en mauvais état, sauf les revêtements modulaires	++	0	0	0	-
Revêtement modulaire en mauvais état	++	-	0	-	-

MARQUAGES TRANSVERSAUX**Passages pour cyclistes et lignes d'arrêt**

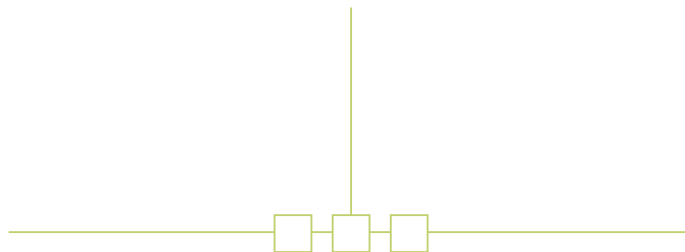
	Peinture	Thermo	Thermo préformé	Enduit à froid	Tape	Marquage profilé
Tous les revêtements en bon état, sauf les revêtements modulaires	+	++	0	-	+	-
Revêtement modulaire en bon état	++	-	0	-	-	-
Tous les revêtements en mauvais état, sauf les revêtements modulaires	++	0	0	-	-	-
Revêtement modulaire en mauvais état	++	-	0	-	-	-

++ *recommandé*

+ *approprié*

0 *possible mais pas idéal*

- *à déconseiller*



3- Éclairage

Le Plan Lumière⁹ établi au sein de Bruxelles Mobilité décrit la philosophie de la Région de Bruxelles-Capitale en matière d'éclairage. Ce Plan Lumière aborde de nombreuses problématiques, au travers de deux champs d'intervention: l'éclairage des voiries et des places et la scénographie et mise en valeur du bâti, autrement dit la création de repères urbains.



Système à deux luminaires: un pour la piste cyclable et un pour la chaussée

Les cyclistes entrent bien évidemment dans la préoccupation de ce Plan Lumière, et ce sous les deux champs d'intervention, puisque tant les voies cyclables que les repères qui les bordent doivent être pris en compte, une fois la nuit tombée.

L'éclairage des aménagements cyclables a pour objectif d'améliorer la sécurité routière, d'assurer la sécurité (subjective et objective) des cyclistes et, enfin, de permettre leur orientation. Il augmente en outre leur confort et leur lisibilité du trajet à suivre, même si la vitesse nocturne est à adapter.

En milieu urbain, le système d'éclairage doit permettre au cycliste de suivre son itinéraire en toute sécurité, quelles que soient l'heure et la saison, faute de quoi le potentiel de l'aménagement cyclable risque de rester sous-exploité.

Malgré les développements techniques des dernières années, le système d'éclairage dont sont équipés les vélos, même quand il est de très bonne qualité, n'est jamais vraiment très performant.

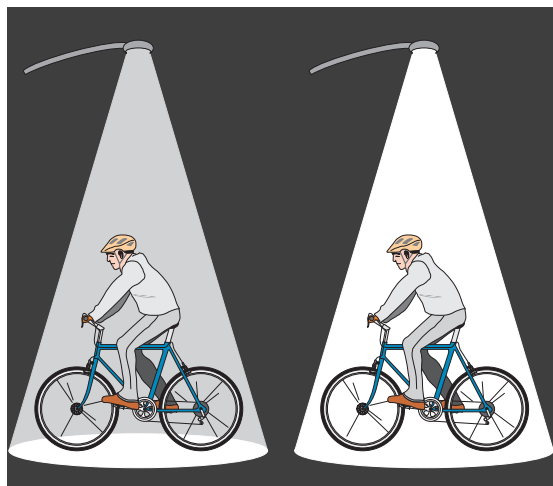
3.1 Qualité de l'éclairage

Le système d'éclairage doit permettre aux cyclistes de suivre aisément la voie cyclable, de percevoir à temps les obstacles se trouvant sur la chaussée et de bien comprendre le marquage au sol. On parle dans ce cas de l'éclairage horizontal. Il est mesuré au niveau de la chaussée.

L'éclairage doit aussi rendre visibles les surfaces verticales. Il est important que les cyclistes puissent lire la signalisation verticale, appréhender le bâti environnant, percevoir à temps les cyclistes arrivant en sens inverse et être

9. Ce Plan Lumière devrait être prêt pour fin 2009. Une brochure expliquant la démarche est d'ores et déjà disponible à Bruxelles Mobilité (au numéro vert 0800 94 001 ou via e-mail à bruxellesmobilité@mrbc.irisnet.be). Elle peut également être téléchargée à l'adresse suivante: <http://www.bruxellesespacespublics.irisnet.be/articles/espaces-publics-de-demain/>

visibles par les automobilistes si la voie cyclable est en contact avec la circulation motorisée. L'éclairage de ces surfaces verticales (panneaux de signalisation, silhouette du cycliste, etc.) procure ce qu'on appelle l'éclairage vertical. Il est mesuré à 1 m au-dessus de la chaussée.



Eclairage horizontal

Eclairage vertical

En outre, pour la sécurité «subjective», il est important que l'éclairage ait le meilleur rendu des couleurs possible. De ce point de vue-là, la lumière blanche est la plus recommandée.

3.2 Performances

3.2.1 Niveau d'éclairage

Le «lux» est l'unité de mesure utilisée pour évaluer le niveau d'éclairage. Le niveau d'éclairage doit être le plus uniforme possible et en tout cas éviter les trous noirs; le niveau le plus bas sur la chaussée devrait atteindre au moins 30 % du niveau d'éclairage le plus élevé.

Le Comité européen de normalisation (CEN) a établi une série de normes pour l'éclairage public (EN 13201-x *Road Lighting*). Pour les aménagements cyclables, ces normes fournissent des recommandations pour le niveau d'éclairage en fonction de la présence ou de l'absence de dispositifs ralentisseurs, du risque d'agression, du besoin de pouvoir distinguer les visages et du niveau lumineux ambiant.

D'une manière générale, il est recommandé pour des pistes cyclables séparées des valeurs entre **5 et 10 lux**.

Catégorie	Classe (CEN/TR 13201-1)	$E_{h,moy}$ (lux)	U_0	$E_{h,min}$ (lux)	$E_{v,moy}$ (lux)	$E_{v,min}$ (lux)	$E_{sc,min}$ (lux)
Piste cyclable marquée ou bande cyclable suggérée		Classe CE de la voirie adjacente -1					
Piste cyclable séparée – Passerelle pour cyclistes et piétons	S4	5		1			
Passage souterrain pour cyclistes et piétons					100		10

E_h : horizontal plane illuminance (éclairage horizontal)

E_v : vertical plane illuminance (éclairage vertical)

E_{sc} : semi-cylindrical illuminance (éclairage semi-cylindrique)

U_0 : overall uniformity, ratio of lowest to average illuminance (facteur d'uniformité de l'éclairage)

Ce tableau est basé sur un document de travail de l'Institut belge de l'éclairage (IBE)

S'il n'est pas possible de disposer partout d'un éclairage en section courante, il y a lieu de privilégier un éclairage optimal à hauteur des carrefours ou autres zones qui demandent une attention particulière (par exemple, traversées de carrefours, zones de cisaillement, réinsertions de pistes cyclables en voirie).

À l'intersection d'une voie cyclable et d'une rue non éclairée, le niveau d'éclairement vertical doit assurer une bonne visibilité des cyclistes par les automobilistes. Le niveau d'éclairement prescrit devrait être respecté jusqu'à 25 m de part et d'autre de l'intersection sur la voie cyclable. Sur la rue traversée par la voie cyclable, un éclairage de transition devrait être implanté pour permettre aux automobilistes de s'habituer à ce niveau d'éclairement. La longueur de cette zone de transition doit tenir compte de la vitesse maximale autorisée sur cette route.

Lorsque la voie cyclable rencontre une rue éclairée, l'éclairement sur la voie cyclable devrait être aussi élevé que celui sur la voie rencontrée jusqu'à 25 m de chaque côté de l'intersection. Dans cette section, le niveau d'éclairement devrait être plus constant afin d'éviter que le cycliste ne disparaisse dans un trou noir au moment où l'automobiliste regarde dans sa direction.

3.2.2 Luminance

L'éclairage requis est aussi fonction de la couleur du revêtement.

La visibilité du tracé d'une piste cyclable, par exemple, n'est pas tant déterminée par la quantité de lumière qui l'inonde que par la quantité de lumière reflétée par le revêtement (luminance, calculée en cd/m^2). La visibilité d'une chaussée dans l'obscurité est en grande partie déterminée par le degré de luminosité du revêtement. Du point de vue d'une bonne luminance, l'utilisation d'un revêtement en béton clair est préconisée.

Par contre, aucune valeur minimum n'est recommandée, car ces voiries correspondent à des voies sur lesquelles les positions d'observation sont multiples.

3.3 Règles de conception générales

L'éclairage doit permettre une bonne visibilité à distance (cycliste repéré de loin) et faire en sorte que le cycliste ait une bonne visibilité du revêtement (nids de poule, taques d'égout, etc.). Un cycliste devrait pouvoir distinguer un obstacle à 30 ou 40 m devant lui.

L'éclairage ne peut pas être trop haut et ne peut pas être concentré sur le trottoir ou sur la chaussée. Idéalement, le corridor à éclairer devrait s'étendre jusqu'à 1,5 m de part et d'autre du corridor réservé aux cyclistes.

Les pistes cyclables séparées qui sont situées à moins de 2 m de la route principale peuvent être éclairées par les luminaires de cette route, à condition que ceux-ci soient placés dans la berme de séparation. Quand c'est techniquement possible, rien ne s'oppose à ce qu'un seul lampadaire éclaire et la route et la piste cyclable, éventuellement avec deux crosses. Ce n'est qu'aux endroits où la piste cyclable dévient de la route qu'elle devra avoir son propre éclairage.

Si la piste cyclable est située à plus de 2 m de la route principale, ou si les luminaires ne sont pas situés dans la berme de séparation, il faut étudier le projet avant de décider si l'éclairage est nécessaire ou pas. Un éclairage propre à la piste cyclable peut s'avérer indispensable, surtout si la berme de séparation est couverte de végétation ou si elle est un peu plus loin de la route.

Les plantations ou autres obstacles ne peuvent pas faire écran à la lumière. Une vérification périodique de la croissance de la végétation est donc nécessaire.

Dans la mesure du possible, il ne faut pas que l'ombre portée par les véhicules en stationnement (poids lourds, par exemple) masque la partie droite de la chaussée où les cyclistes circulent généralement, ou qu'une piste cyclable séparée reste dans l'ombre.

Des obstacles particuliers, tels que plateaux et autres dispositifs ralentisseurs, doivent être

équipés d'un éclairage suffisant. Dans certains cas, il sera renforcé afin d'attirer l'attention.

Enfin, dans les tunnels, la lumière du jour doit autant que possible pénétrer.

L'éclairage dans les tunnels doit être étudié pour assurer la sécurité (subjective et objective) des cyclistes et réduire la crainte des agressions. Des solutions d'éclairage coloré pour les zones piétonnes et cyclistes peuvent être utilisées et augmentent le sentiment de sécurité.

Il est en outre recommandé de penser dès la conception à une protection du système d'éclairage contre le vandalisme (par exemple système encastré, verre résistant).



Éclairage double: un luminaire pour la chaussée et un autre pour les cyclistes

Pour les tunnels à usage mixte aussi, si un aménagement cyclable est prévu à côté d'une bande de circulation, le système d'éclairage choisi doit couvrir l'intégralité de l'aménagement cyclable.

3.4 Installation du système d'éclairage

La localisation des lampadaires est de première importance lors de l'installation du système d'éclairage. Tout en étant suffisamment rapprochés de la voie cyclable, les lampadaires ne doivent pas nuire à la circulation cycliste ou provoquer des accidents. Dans la mesure du possible, on doit prévoir un espace minimum d'un mètre entre la voie cyclable et les lampadaires. L'installation des panneaux de signalisation doit répondre avant tout aux normes de signalisation des voies cyclables. Mais il est préférable d'installer les panneaux de façon à ce qu'ils soient bien éclairés par le système en place.

Comme signalé plus haut, pour le placement des lampadaires, il importe que l'éclairage soit le plus uniforme possible. Cette uniformité dépend de plusieurs facteurs :

- la distance entre les lampadaires et la hauteur de ceux-ci. On peut prendre comme règle empirique des distances entre lampadaires égales à trois ou quatre fois la hauteur du point lumineux ;
- la qualité des lampes ;
- le système optique dans le luminaire.

On distingue les principes de positionnement suivants :

- éclairage d'orientation: l'éclairage d'orientation est placé aux endroits critiques de la route, comme des carrefours, l'approche de virages ou d'obstacles ;
- agencement unilatéral (luminaires d'un seul côté), dans la berme latérale: cet éclairage offre un bon guidage visuel et ne requiert un câble d'alimentation que d'un seul côté de la route, ce qui, d'un point de vue purement économique, représente un avantage certain ;
- agencement bilatéral en quinconce: quand il y a de nombreux carrefours et sorties, cet agencement peut offrir une solution.

3.5 Quand éclairer ?

Il est recommandé de prévoir un éclairage le long des voies cyclables, à tout le moins, pendant les heures fréquentées, une fois la nuit tombée.

La question de la temporalisation de l'éclairage est ici tout à fait d'actualité. Des systèmes de « dimming » peuvent être envisagés, pour baisser l'intensité de l'éclairage après une certaine heure, ou pour moduler l'éclairage au passage des cyclistes (même si cette technique-là est encore expérimentale).

En règle générale, pour le réseau de base, l'éclairage public ordinaire sera suffisant. Aucune exigence supplémentaire ne sera donc nécessaire.

Il convient toutefois d'accorder une attention particulière à l'éclairage des traversées et chemins (reculés) qui sont hors de vue des habitations et de la route. Si seul un éclairage d'orientation est présent, le marquage latéral

peut jouer un rôle important. Sans ce marquage, vu la capacité limitée d'un phare de vélo, il est vain (et pour les cyclistes malvoyants ou plus âgés, souvent impossible) de garder le cap dans l'obscurité.

Les balades à vélo récréatives ont généralement lieu de jour. L'éclairage en place peut diminuer la valeur du paysage et donc la valeur récréative. On peut dans ce cas envisager un éclairage bas (de type bornes par exemple).

Dans les sites (naturels) remarquables, l'éclairage est superflu. Aussi, les pistes cyclables qui traversent des parcs naturels ne sont en principe pas éclairées, sauf si des raisons valables d'un point de vue de la sécurité peuvent être mises en balance. Là où l'éclairage public est nécessaire, on pose des exigences à l'éclairage en vue de limiter la gêne à la lumière, par exemple en utilisant des luminaires bas et en orientant le faisceau lumineux plus vers le bas. Dans de telles zones, plus que nulle part ailleurs, il est souhaitable d'éteindre la lumière pendant une partie de la nuit (p. ex. entre 1 h00 et 5 h00).



Éclairage bas dans un espace vert



Éclairage bas en milieu urbain

3.6 Choix de l'équipement

Outre les éléments généraux dont on doit tenir compte pour tout éclairage public, (couleur, hauteur minimale, réflecteurs anti-vandalisme dans les zones isolées, consommation, etc.), les niveaux d'éclairage horizontal et vertical sont, avec la luminance et le degré d'éblouissement, les principaux critères de performance à prendre en considération dans le choix des luminaires.

Le mât ou lampadaire est le support vertical sur lequel sont fixés le(s) luminaire(s) et la ou les lampes.

Le luminaire est la vasque qui entoure la source lumineuse afin de la protéger et de répartir les rayons lumineux de la manière désirée.

La source lumineuse est l'appareil ou la lampe qui produit la lumière.

Comme les critères de qualité de l'éclairage et de niveau d'éclairage des voies cyclables se rapprochent sensiblement de ceux de l'éclairage routier, certains appareils d'éclairage routier répondent bien aux exigences des voies cyclables. Voici les principaux éléments qui influencent la performance des systèmes d'éclairage.

3.6.1 Mât

Plus le mât est haut, plus la surface éclairée est grande. Cela permet donc de jouer avec l'espacement des mâts et de rationaliser les coûts d'acquisition du système. La hauteur du mât sera déterminée en fonction de chaque projet: ils peuvent être très bas (bornes), à hauteur piétonne (environ 4 à 5 m) ou venant des luminaires d'éclairage de la voirie (entre 6 et 9 m).

3.6.2 Luminaire

Le luminaire assure une juste distribution des rayons lumineux (via un réflecteur), de façon à orienter les rayons lumineux vers la zone à éclairer, procure l'éclairage horizontal et vertical recherché et empêche l'éblouissement.

Avec une source lumineuse donnée et dans une position précise, les luminaires les plus efficaces sont ceux qui éclairent la plus longue section de la piste tout en concentrant la plus grande part des rayons lumineux vers la zone à éclairer. La relation entre l'espacement des lampadaires et leur hauteur varie selon le luminaire choisi et est vérifiée par des calculs photométriques.

3.6.3 Sources lumineuses

Les principales sources lumineuses en éclairage public sont aujourd'hui:

- la lampe aux halogénures;
- la lampe à vapeur de sodium haute pression;
- et très récemment, les leds (diodes électroluminescentes).

Le nombre de ces sources lumineuses repose sur le rendement (quantité de lumière produite par watt), la durée de vie des lampes, la perte de luminosité et la qualité de l'éclairage.

Les lampes aux halogénures ou à vapeur de sodium haute pression sont des lampes à décharge électrique à haute intensité. Elles ont toutes une très longue durée de vie et offrent un très bon rendement en comparaison avec les lampes incandescentes. **Leur utilisation est recommandée sur les voies cyclables.**

La lampe aux halogénures donne un éclairage d'excellente qualité, son rendement est très bon (50 à 120 lum/W) et elle dure longtemps. Bien qu'elle soit plus coûteuse que la lampe à vapeur de sodium et que son rendement lui soit légèrement inférieur, la qualité de l'éclairage qu'elle procure fait qu'elle est d'utilisation assez répandue. Il y a aussi les lampes aux halogénures métalliques à décharge au quartz (puissances élevées) avec brûleur céramique (puissances plus basses). Elles existent maintenant avec un ballast électronique (famille des Cosmopolis).

La lampe à vapeur de sodium haute pression donne un excellent rendement (60 à 150 lum/W), a une longue durée de vie, mais

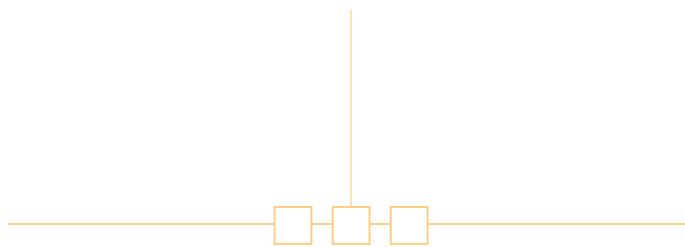
elle produit une lumière un peu plus ambre que la lampe aux halogénures. Elle convient donc moins bien pour l'éclairage des voies cyclables car elle a un moins bon rendu des couleurs et offre donc une moins bonne perception de l'environnement.

Les leds n'ont pas encore un rendement suffisant pour les voiries carrossables mais on annonce des évolutions vers 100 lum/W. Par contre, leur très longue durée de vie et leur consommation très faible sont incontestablement des atouts. Leur application dans le cadre de l'éclairage des voies cyclables est donc dès à présent à recommander, même si le coût reste encore très élevé.



Références bibliographiques

1. Altermodal
Schéma régional de véloroutes et voies vertes de la région du centre
Guide technique (Document 4) – mars 2006
2. Centre de recherches routières
Code de bonne pratique pour l'exécution des marquages routiers
Recommandations CRR – R79/07 – 2008
3. CROW
Ontwerpwijzer fietsverkeer
Publicatie 230 – avril 2006
4. Ministère de l'équipement, des transports et du logement – Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU)
Recommandations pour les aménagements cyclables
Collections du CERTU – Aménagement et exploitation de la voirie – avril 2000
5. Mobiel Vlaanderen
Vademecum Fietsvoorzieningen – version 2005 et mise à jour mai 2008
6. Vélo Québec
Guide technique d'aménagement des voies cyclables – Planification, design, réalisation – 1992





Réalisé par :

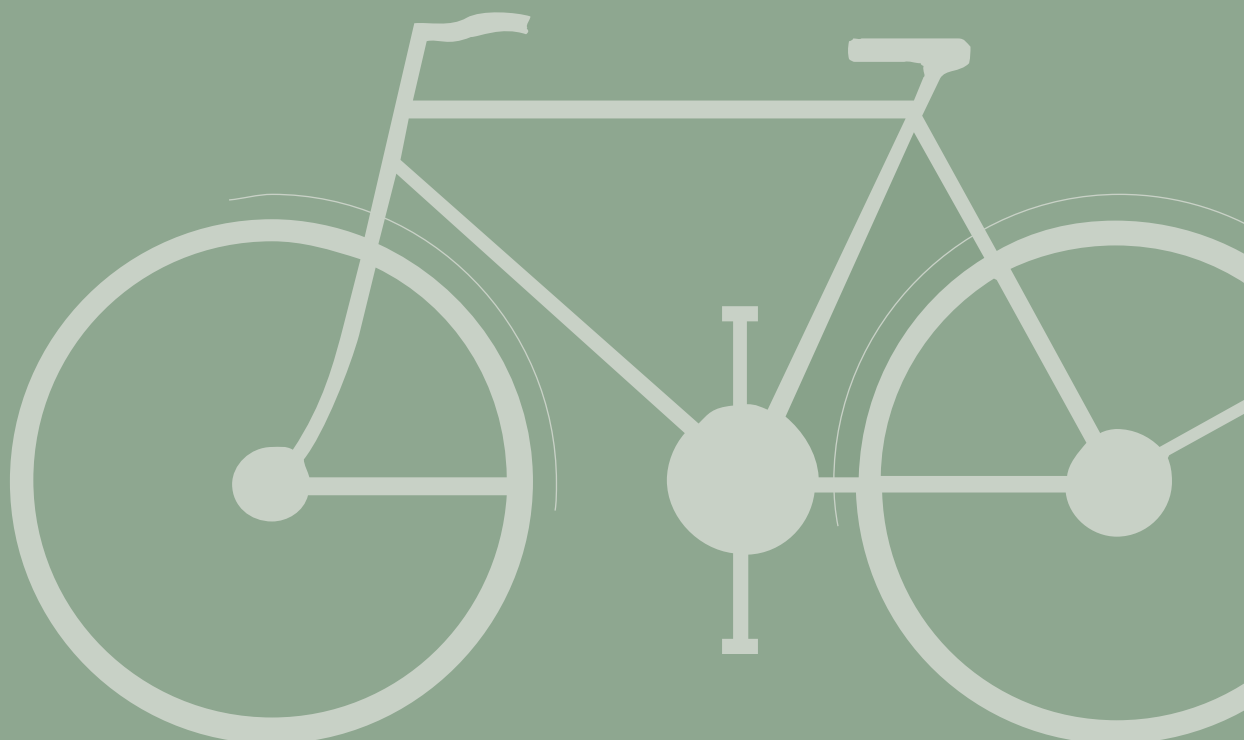


Centre de recherches routières
Bd de la Woluwe 42 – B-1200 Bruxelles
Tél. : 02 775 82 20 – E-mail: brrc@brrc.be
www.crr.be

À l'initiative de :



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
E-mail : infovelo@mrbc.irisnet.be



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

La sécurité, le confort, la rapidité, l'attrait et la cohérence des aménagements cyclables constituent les cinq exigences principales des cyclistes en matière de qualité.



La sécurité et le confort sont déterminés en grande partie par la qualité du revêtement, des marquages et de l'éclairage.

Le présent volet du vademecum vise à donner des recommandations pour le choix, la mise en œuvre et l'entretien des marquages et de l'éclairage en vue de la réalisation d'aménagements cyclables de qualité.

Les revêtements font l'objet d'un volet distinct, rédigé par le même auteur.



MINISTÈRE DE LA RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE
MINISTERIE VAN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST

