

5. Examen des mesures visant à assurer la sécurité à vélo

Le présent chapitre passe en revue les répercussions directes ou indirectes sur la sécurité de la modification des comportements induite par un certain nombre de mesures et interventions visant la sécurité à vélo, en s'appuyant sur les récents travaux menés au plan international.

5.1 Introduction

Le présent chapitre passe en revue un large éventail de mesures, infrastructurelles mais pas uniquement, destinées à renforcer la sécurité à vélo. Leurs effets estimés sur la sécurité seront présentés, aussi souvent que possible, sous forme de pourcentage exprimant la réduction potentielle des accidents. La principale source d'informations utilisée est le *Handbook of Road Safety Measures* de l'Institut d'économie des transports d'Oslo, Norvège (Elvik, Høy, et al. 2009) (www.toi.no). Si nous avons sélectionné cette source, c'est parce qu'elle évalue l'incidence sur la réduction des accidents à partir d'une documentation avalisée par des spécialistes et d'études de sécurité très complètes. Ces informations ont été complétées le cas échéant par d'autres recherches.

Nous évoquons également un petit nombre de mesures prometteuses qui *pourraient* améliorer la sécurité à bicyclette mais dont les effets positifs sur la sécurité n'ont pas encore été démontrés ou étayés par des données. Il importe par ailleurs de noter que beaucoup d'études sur la sécurité à vélo évaluent les modifications de comportements qui, on le sait ou on le soupçonne fortement, font augmenter les accidents et les dommages corporels (Helman, et al. 2011). Ces études ne contiennent pas forcément de données d'accidentologie mais elles sont toutefois utiles pour repérer les comportements à risque susceptibles d'entraîner des collisions. Leurs résultats seront indiqués autant que de besoin dans le présent chapitre.

L'évaluation de l'efficacité des mesures de sécurité dépendra dans une certaine mesure des conditions de départ locales ou nationales :

- Culture et traditions
- Législation
- Infrastructure existante

La culture du vélo varie d'un pays à l'autre. Dans certains pays, la bicyclette sert avant tout de moyen de transport et est utilisée parce qu'elle offre un moyen peu coûteux, rapide et commode d'aller au travail, à l'école ou de faire ses courses. Dans d'autres pays le vélo est avant tout une activité de loisirs – et n'est pratiqué que le week-end. De même, il existe différents styles de cyclisme : dans certains pays le vélo se pratique comme un sport et les cyclistes roulent généralement très vite, alors que dans d'autres, les pratiques sont plus utilitaires et plus lentes. La voirie n'est pas non plus la même selon les pays, en Inde (voir l'annexe 2) par exemple, les échoppes et les activités du secteur informel occupent une large place le long des rues alors que ces activités sont rares ou interdites dans d'autres pays.

De même, comme on l'a vu au chapitre 2, les règles de circulation peuvent varier d'un pays à l'autre. Les mesures de sécurité – en particulier infrastructurelles – qui donnent de bons résultats dans certains pays ne peuvent pas toujours être déployées ailleurs pour des questions de législation.

Dans certains pays par exemple, les cyclistes sont autorisés à rouler sur le trottoir en l'absence de piste cyclable et doivent céder la priorité lorsqu'ils redescendent du trottoir (pour traverser une rue). Dans d'autres, les vélos sont censés utiliser le même espace de circulation que les autres véhicules, motorisés ou non, lorsqu'il n'existe pas de piste cyclable ou d'autre infrastructure réservée aux cyclistes, et il leur est strictement interdit de rouler sur le trottoir.

La surveillance et le contrôle de l'application des lois applicables aux cyclistes et le traitement explicite du cyclisme dans la réglementation diffèrent d'une ville à l'autre et d'un pays à l'autre. Dans certains pays, l'intrusion d'un véhicule à moteur dans une infrastructure ou un aménagement cycliste peut être ignoré ou toléré par la police alors que dans d'autres, elle peut donner lieu à une amende élevée ou d'autres sanctions.

Figure 5.1 Différents types de cycles – et différents types de cyclistes



Crédit photo : Auteurs

Il ne convient pas, *dans la plupart des cas*, d'accorder une importance excessive à ces différences, qui ont été observées, lorsque des mesures visant à améliorer la sécurité cycliste sont planifiées ou définies. Dans les pays de l'OCDE, la plupart des règles de circulation concernant le trafic cycliste routier sont largement harmonisées. Les vélos sont censés observer les mêmes règles que les autres véhicules et les règles de priorité applicables aux véhicules à moteur valent aussi normalement pour les cyclistes. Toutefois, les règles d'utilisation et de conduite sur les pistes, voies et bandes cyclables peuvent varier, de même que le degré de familiarité des cyclistes et/ou des usagers motorisés avec ces infrastructures (voir le chapitre 2).

On trouvera dans le présent chapitre une description des effets attestés sur la sécurité de différentes mesures visant la sécurité des cyclistes que l'on trouve dans *la plupart des pays de l'OCDE*. Bon nombre d'exemples de mesures d'amélioration de la sécurité évoqués dans cette section sont tirées de contextes européens mais force est de constater que les normes officielles ou informelles relatives aux

infrastructures cyclistes s’inspirent largement de l’expérience européenne (voir par exemple l’*Urban Bikeway Design Guide* du NACTO - National Association of City Transportation Officials, aux États-Unis ou les Lignes directrices pour l’aménagement d’un environnement confortable et sûr pour les cyclistes du ministère de l’Aménagement du Territoire, des Infrastructures, des Transports et du Tourisme National et de la Police nationale du Japon).

Dans le présent chapitre nous décrivons l’incidence sur la sécurité de différentes mesures. Les effets de ces mesures prises individuellement ne s’additionnent pas nécessairement – l’incidence globale sur la sécurité de multiples mesures déployées sur un site sera largement fonction des interactions propres à ce site. Pour cette raison, le choix et la mise en œuvre des mesures destinées à assurer la sécurité cycliste doivent s’appuyer sur un diagnostic in situ et tenir compte des problèmes de sécurité à traiter (voir la section 5.6). Des audits de sécurité à vélo, auxquels recourent déjà plusieurs pays ou villes, peuvent être utiles à cet égard (voir l’encadré 5.1).

Il importe en outre de noter que l’impact global d’un vaste réseau d’aménagements cyclables en site propre peut démentir les résultats affichés en matière de sécurité par ses différentes composantes (Reid et Adams 2010). Par exemple, les Pays-Bas et le Danemark ont tous deux développé de vastes réseaux cyclables en site propre (et d’autres types d’infrastructures cyclistes) qui, selon certaines données sur l’incidence des pistes en site propre sur la sécurité, pourraient faire baisser le niveau de sécurité des cyclistes en raison de conflits aux intersections (voir la section 5.4.2.1). Or, les données concernant le niveau global de sécurité des cyclistes dans ces pays (et dans d’autres dotés de réseaux similaires) indiquent que leurs performances en termes de sécurité cyclistes sont (bien) supérieures à celles des pays où de tels réseaux n’existent pas (voir, par exemple, la figure 3.12). L’étude de l’incidence de chaque mesure en termes de sécurité n’apporte pas d’explication concluante et peu d’études avalisées par des spécialistes ont tenté d’analyser ce phénomène. Celles dont on dispose, par exemple, (Pucher, Dill et Handy, 2010) (Pucher et Buehler 2008) (Ligtermoet 2009) et (Pucher, Buehler et Seinen 2011), constatent que la performance globale de ces pays en matière de sécurité cycliste résulte d’interactions entre plusieurs facteurs dont :

- Volonté politique et cadre réglementaire favorisant la circulation à vélo
- Investissements permanents dans un *réseau complet* d’aménagements cyclables de grande qualité depuis plusieurs décennies
- Circulation apaisée et vitesse limitée dans les zones résidentielles
- Aménagement du territoire favorable au vélo
- Education précoce et généralisée sur l’usage des aménagements cyclables et sur les règles régissant les interactions cycles-véhicules à moteur
- Interventions rapides et ciblées pour remédier aux points noirs qui menacent la sécurité
- Politiques coordonnées faisant augmenter le nombre de cyclistes ou renforçant leur sécurité

Ce chapitre devra être lu en gardant tous ces facteurs à l'esprit. Il est peu probable que la mise en œuvre d'un seul type, ou d'un ensemble limité, de mesures prises parmi celles dont il sera question plus loin permettra d'améliorer la sécurité globale des cyclistes – mais le déploiement coordonné, bien ciblé et généralisé de nombreuses mesures de sécurité cycliste, conjugué à d'autres interventions comme on l'a vu plus haut, pourrait améliorer les performances de tout le réseau cyclable en matière de sécurité.

5.2 Principales considérations à prendre en compte pour l'évaluation des mesures de sécurité

Il conviendra, avant d'examiner chaque mesure, d'aborder un certain nombre de questions importantes qu'il ne faudra pas perdre de vue lors de l'évaluation de l'incidence des mesures individuelles sur la sécurité. Celles-ci concernent la présence de facteurs de confusion ayant une incidence sur la sécurité, les implications des réponses comportementales aux mesures d'amélioration de la sécurité et la nécessité de faire la différence entre les mesures d'amélioration de la sécurité et les mesures qui renforcent le sentiment de sécurité.

Encadré 5.1 Exemple d'audit de sécurité routière cycliste et de liste de contrôle (US Federal Highway Administration)

Un certain nombre de pays et de villes ont établi des lignes directrices pour la réalisation d'audits de sécurité routière (ASR) consacrés aux cyclistes afin de faire en sorte que leur situation soit prise en compte dans la conception des aménagements routiers ou leur modification. Selon la United-States Federal Highway Administration :

Des ASR peuvent être utilisés pour améliorer la sécurité des vélos en faisant mieux comprendre les caractéristiques des cyclistes et les facteurs qui influent sur leur sécurité. Un ASR est une étude de sécurité officielle d'un aménagement existant ou d'un projet ou programme routier, conduite par une équipe indépendante, expérimentée et pluridisciplinaire. Les ASR offrent un moyen d'identifier au meilleur coût les facteurs dont dépend la sécurité, de formuler des suggestions sur les stratégies et les équipements destinés à améliorer la sécurité des cyclistes et d'encourager un réseau routier réellement multimodal pour tous les types d'aménagements (Nabors, et al. 2012).

Aux États-Unis, la Federal Highway Administration a proposé une liste de contrôle à cet effet :

Zone d'intervention des audits de sécurité routière				
A. Rue/voie	B. Structures	C. Intersections, passages et carrefours	D. Transitions	E. Transport Public
1. Existence et implantation d'aménagements				
Est-il prévu quelque chose pour les cyclistes ?				
2. Conception et localisation				
La conception nuit-elle, par certains aspects, à l'usage des aménagements par les cyclistes ?	Les ponts/ tunnels sont-ils équipés d'aménagements cyclistes des deux côtés ? Le gradient de pente des aménagements cyclables a-t-il un impact sur leur utilisation ?	L'aménagement des intersections/ carrefours réduit-il les mouvements conflictuels et induit-il un bon positionnement des cycles aux carrefours ?	Les zones de transition sont-elles conformes à la logique ou finissent-elles brusquement, ce qui peut entraîner une fusion brutale et dangereuse du trafic, des traversées hors intersection ou un risque de circulation cycliste à contre-sens ?	La conception et la localisation des équipements de transport public réduit-elle les conflits avec les autres modes ?
3. Circulation				
Les dispositions concernant les cyclistes sont-elles adaptées au vu des caractéristiques de la route ou de la voie (vitesse, volume, trafic et classification fonctionnelle) ? Les pratiques de gestion de l'accès nuisent-elles à la sécurité cycliste ?		Le trafic (surtout aux heures de pointe) crée-t-il des problèmes de sécurité pour les vélos ?	La configuration des voies partagées est-elle profondément ou fréquemment modifiée ?	La conception et la localisation des équipements de transport public réduit-elle les conflits avec les autres modes ?
4. Qualité et état				
La surface cyclable est-elle lisse, stable, dépourvue de débris et correctement drainée ? Existe-t-il des grilles de drainage adaptées aux cyclistes ?	La surface des grilles/ponts est-elle adaptée aux cyclistes ? Le drainage est-il adapté aux cyclistes ? La présence de joints longitudinaux ou transversaux peut-elle poser des problèmes aux cyclistes ?	Existe-t-il des obstacles aux carrefours ? Les regards/plaques sont-ils correctement conçus ?	La surface cyclable change-t-elle brutalement ?	Les arrêts de transport public sont-ils entretenus pendant les périodes d'intempéries ?

5. Obstructions				
Existe-t-il des obstacles horizontaux ou verticaux (y compris temporaires) sur les aménagements ?	Existe-t-il des déviations horizontales et verticales ?	Si des potelets ou d'autres bornes de fin de piste sont utilisés, les véhicules motorisés occasionnels présentent-ils plus de risques qu'un obstacle fixe ?	La zone d'attente est-elle libre de tout obstacle temporaire/permanent limitant sa largeur ou bloquant l'accès à l'arrêt de bus ?	
6. Bordures de routes				
L'espace réservé aux cyclistes est-il suffisant ?	Les rampes, glissières, et /ou parapets et autres structures sont-ils installés à une bonne hauteur et dans le respect des distances de sécurité ?	Si des potelets ou d'autres bornes de fin de piste sont utilisés, les véhicules motorisés occasionnels présentent-ils plus de risques qu'un obstacle fixe ?	Les aménagements cyclables sont-ils desservis et faciles d'accès pour les usagers des transports publics ?	
7. Continuité et connectivité				
Y a-t-il continuité des aménagements cyclables ? Desservent-ils les principales destinations ?	Les aménagements cyclables sont-ils continus, ou s'arrêtent-ils brusquement aux abords des ponts/tunnels ?	Les aménagements cyclables sont-ils continus, ou s'arrêtent-ils brusquement aux carrefours/intersections/traversées ?	Les cyclistes circulant dans les deux sens peuvent-ils rejoindre des embranchements ou poursuivre vers d'autres destinations par le réseau routier ?	Les cyclistes peuvent-ils franchir aisément et sans danger les voies de transport public ?
8. Éclairage				
Le cheminement cycliste est-il bien éclairé ?	Les ponts et les tunnels sont-ils bien éclairés ?	Les intersections/transitions et abords des transitions sont-ils bien éclairés ?	Les voies d'accès et les aménagements de transport public sont-ils bien éclairés ?	
9. Visibilité				
La visibilité des cyclistes utilisant les aménagements est-elle bonne pour tous les usagers de la route ?	Y-a-t-il co-visibilité entre les cyclistes et les véhicules/piétons ?	Y-a-t-il co-visibilité entre les cyclistes et les véhicules/piétons sur toutes les branches d'un croisement/carrefour ?	La visibilité des cyclistes qui passent d'un type d'aménagement /de configuration routière à un autre est-elle bonne pour tous les usagers de la route ?	La visibilité des cyclistes qui empruntent ces aménagements est-elle bonne pour tous les usagers de la route ?
10. Signalisation et marquage au sol				
La signalisation et le marquage de l'espace cyclable sont-ils visibles, bien entretenus, intelligibles et adaptés ?	Les entrées sont-elles correctement signalisées ?	La signalisation et le marquage des aménagements cyclables indiquent-ils clairement le cheminement cyclable et la priorité aux intersections ?	La signalisation et le marquage sont-ils appropriés dans les zones de transition ?	La signalisation et le marquage sur les voies cyclables utilisées par les transports en commun sont-ils appropriés ?
11. Feux de signalisation				
S'il existe des dispositifs de signalisation et de détection du trafic cycliste, leur positionnement, leur fonctionnement et leur efficacité sont-ils satisfaisants ?				
La conception du dispositif répond-elle aux besoins de tous les usagers ?				
12. Facteurs/comportements humains				
Comment se comportent les usagers de la route (véhicules, cyclistes, piéton, transports en commun, etc.) vis-à-vis de la circulation cycliste et vice versa ?				

Source: (Nabors, et al. 2012)

Prise en compte des facteurs de confusion

Il existe de multiples variables parasites qui peuvent avoir une incidence sur les résultats observés en matière de sécurité et qu'il n'est pas toujours possible d'isoler dans les évaluations ex-ante ou ex-post des mesures de sécurité à vélo. La « sécurité par le nombre », dont il a été question au chapitre 1, en est un bon exemple. La sécurité résulte-t-elle de la présence de nombreux cyclistes ou le nombre de cyclistes témoigne-t-il de la sécurité des installations cyclables ? De même, l'évaluation d'une mesure destinée à assurer la sécurité à vélo a-t-elle tenu compte de l'amélioration généralisée de la sécurité routière que l'on peut observer dans beaucoup de pays ? L'emploi de méthodes d'évaluation solides et l'adéquation dans l'espace et dans le temps des mesures de sécurité à vélo étudiées devraient réduire le risque de passer à côté de variables parasites et permettre d'éviter que les politiques de sécurité aient des conséquences imprévues et possiblement nuisibles.

Prise en compte des réponses comportementales aux mesures de sécurité

Les politiques de sécurité routière, notamment celles qui visent l'infrastructure, ont généralement présupposé une réponse déterministe et fixe des usagers aux interventions de sécurité routière et n'ont par conséquent anticipé qu'une seule réponse aux changements de configuration des infrastructures et nouvelles mesures (Noland 2012). On est ainsi parti du principe que l'amélioration de la distance de visibilité sur les routes permettrait aux usagers de mieux repérer les éventuels obstacles et de les éviter à temps, d'où une réduction du nombre et de la gravité des accidents. Or, ce type d'intervention peut aussi inciter les automobilistes à rouler plus vite. Ce cas de figure a fait l'objet de plusieurs études consacrées à la sécurité de la circulation et bien que le débat se poursuive, les théories de la *compensation du risque* ou de l'*homéostasie du risque* (même si elles ne font pas l'unanimité) recueillent beaucoup de suffrages. Celles-ci postulent que les usagers de la route se donnent plus ou moins consciemment un niveau de risque cible ou acceptable ou acceptent d'encourir un risque pour en retirer un gain (réduction du temps de trajet, griserie de la vitesse, etc.)¹.

Cela signifie, pour les politiques de sécurité à vélo, que les réponses comportementales aux mesures de sécurité doivent être prises en compte dans l'élaboration et l'évaluation des politiques. Il conviendra par exemple de se demander si les automobilistes auront tendance à rouler plus près des cyclistes qui circulent sur une bande cyclable ou qui portent un casque ? Ou encore, si emprunter une infrastructure réservée aux cycles ou porter un casque fait augmenter la prise de risque chez les cyclistes ? Bien qu'il soit peu probable que les réponses comportementales annulent les effets positifs sur la sécurité de la plupart des interventions, il est fort possible qu'elles les atténuent et cela peut avoir des répercussions sur les résultats de l'évaluation des mesures prises. Nous mettrons l'accent sur les réponses comportementales associées aux mesures décrites dans ce chapitre, lorsqu'elles ont été étudiées.

Distinguer sécurité et sentiment de sécurité

Il convient aussi de préciser que la sécurité cycliste n'est pas un concept unitaire. Il est avéré que certaines interventions réduisent le risque matériel d'accidents ou en limitent la gravité : ce type de mesures a une incidence directe sur la sécurité des personnes qui roulent à vélo. D'autres mesures atténuent la perception du risque d'accident par les cyclistes, par exemple celles qui renforcent le sentiment de sécurité. Dans certains cas, la perception ne correspond pas au risque réel d'accidents et le plus souvent, dépend fortement du degré d'expérience des cyclistes eux-mêmes (voir par exemple l'encadré 5.2). Pour citer un exemple classique : beaucoup de cyclistes se sentent plus en sécurité sur des pistes cyclables en site propre alors que le risque d'accident aux intersections route/piste y est en réalité plus important si ces intersections sont mal conçues. On peut considérer que l'amélioration de la sécurité perçue est une préoccupation secondaire qui peut en fin de compte se révéler néfaste, or le renforcement

du sentiment de sécurité peut amener sur les routes de nouveaux cyclistes au grand profit de la santé publique comme on l'a vu au chapitre 1. Cela est particulièrement important si l'on veut faire adopter la bicyclette à certains groupes d'usagers encore sous-représentés dans les populations cyclistes². Les autorités qui cherchent à tirer le meilleur parti des avantages procurés par le vélo devront s'attaquer simultanément aux problèmes de sécurité matérielle et de sécurité perçue tout en sachant que la perception de la sécurité n'est pas la même pour tous les groupes de cyclistes pratiquants ou potentiels.

Encadré 5.2 Sécurité perçue et choix de l'itinéraire : situations observées en Inde et en Corée

Les études sur la sécurité perçue et les itinéraires privilégiés par les cyclistes ont souvent mis à profit des recherches menées dans les pays de l'OCDE, plus particulièrement en Europe et en Amérique du Nord. Dans les pays non européens, le vélo peut occuper une large place dans les modes de transport : dans de nombreuses villes indiennes et chinoises, le pourcentage de cyclistes est bien supérieur à celui que l'on trouve dans des villes de même taille d'Europe ou d'Amérique du Nord, alors que la bicyclette cède actuellement du terrain aux véhicules à deux et quatre roues motorisés en écho à la hausse des revenus dans ces pays et d'autres pays en développement. La Corée a atteint un niveau de développement économique plus avancé et affiche un taux de motorisation relativement élevé bien qu'elle s'efforce actuellement de promouvoir le vélo comme mode de transport bon pour la santé et pour l'environnement. Les membres du groupe de travail ont apporté des données tirées de deux projets de recherche menés récemment pour évaluer la perception de la sécurité chez les cyclistes et leurs choix d'itinéraires en Inde et en Corée (voir les annexes B et C).

Situation observée en Inde (Annexe B)

Le vélo représente une part relativement importante du trafic dans les moyennes et grandes villes mais la plupart des cyclistes sont des usagers « captifs » qui roulent à vélo parce que c'est la seule option possible (et économiquement accessible) pour se déplacer. Une étude consacrée aux perceptions de ces usagers « captifs » par rapport à celles d'un groupe de personnes (parcourant de faibles distances) non encore cyclistes (cyclistes potentiels) a montré que la perception du risque parmi les usagers captifs et les cyclistes potentiels présentait peu de différences contrairement à ce qu'on aurait pu penser. Ces deux types de cyclistes s'attachent avant tout à la sécurité physique et aux difficultés de traverser des intersections. Il existe toutefois des différences entre ces deux populations, dans leur perception du confort/de l'attrait et dans l'identification des obstacles. Les piétons/personnes qui descendent du trottoir pour attendre l'autobus constituent le principal obstacle cité par les cyclistes potentiels (28 % environ), alors que les cyclistes captifs tolèrent davantage leur présence sur la chaussée. Les résultats indiquent que la perception de la sécurité et du confort ne sont pas liés au type de zone et de distance parcourue. La présence du secteur informel le long des rues est un élément de sécurité collective jugé attrayant par les cyclistes captifs, surtout s'ils utilisent ces services. Les cyclistes potentiels, en revanche, considèrent le secteur informel comme un obstacle à la pratique du vélo. Une montée constitue pour eux un obstacle plus important que pour les usagers captifs. Ces derniers préfèrent emprunter des artères plus larges alors que les cyclistes potentiels penchent pour les rues étroites.

Situation observée en Corée (Annexe C)

Contrairement à la situation observée en Inde, on constate qu'en Corée la plupart des cyclistes roulent à vélo pour des raisons de santé ou occuper leurs loisirs plutôt que pour se déplacer. La Corée a enregistré une hausse du nombre d'accidents de vélos et de dommages corporels mais celui de décès est resté relativement inchangé. Une étude portant sur la sécurité perçue par les cyclistes coréens a révélé que les équipements en site propre ont renforcé le sentiment de sécurité chez les personnes roulant à vélo – mais pas autant, loin de là, que les limitations de vitesse imposées aux véhicules à moteur.

5.3 Mesures non liées aux infrastructures

De nombreuses études ont été consacrées à ce type de mesures mais seules quelques-unes proposent des conclusions basées sur les données d'accident. La plupart de ces études portent sur la modification des facteurs de risque – notamment les changements de comportement, la modification des distances d'arrêt (freins) ou distances de détection (réflecteurs). C'est le cas en particulier des recherches sur les *équipements de sécurité*. Il semble que le casque soit le seul type de dispositif de protection évalué dans des études s'appuyant sur des données d'accidentologie. Pour chacune des mesures examinées ci-après, nous indiquerons dans la mesure du possible sur quoi se fondent les évaluations de sécurité.

Équipements de sécurité et conception des véhicules

Réflecteurs, feux, freins, vitesses et guidons de vélo

Note: Aucune des mesures de ces catégories n'ont été évaluées sur la base des données d'accidents.

Selon (Elvik, Høye, et al. 2009) les principaux types d'équipements de sécurité sont les suivants :

- Réflecteurs pour pédales
- Feu arrière
- Freins sur les deux roues (et non frein roue arrière)
- Freins patins synthétiques (plutôt qu'en caoutchouc)
- Freins de jantes plutôt que freins de moyeux

Ces cinq mesures contribuent toutes à une amélioration importante (et statistiquement significative) des facteurs de risques que sont la *distance de détection* et la *distance d'arrêt*.

Éclairage diurne des vélos

Les nouveaux types d'éclairage – dispositifs à induction magnétique (aimants sur les rayons) fixés à demeure sur les vélos – font qu'il est possible aujourd'hui de rouler de jour à vélo avec ses feux allumés. La première génération de lampes de ce type était clignotante – ce qui la rendait illégale dans certains pays – mais depuis quelques années plusieurs fabricants proposent aussi des versions en éclairage continu.

Une étude danoise a testé l'incidence sur la sécurité de l'éclairage diurne des bicyclettes en 2005 (Madsen 2006). Près de 2 000 cyclistes ont utilisé les nouveaux dispositifs à induction (clignotant) pendant un an dans la ville d'Odense, et 2 000 autres ont conservé leurs feux ordinaires, qu'ils n'allumaient que dans l'obscurité. La fréquence des accidents dans les deux groupes (accidents déclarés par la victime) a été ensuite comparée et analysée.

Figure 5.3 Dispositifs d'éclairage arrière et avant à induction magnétique (de deux fabricants différents)



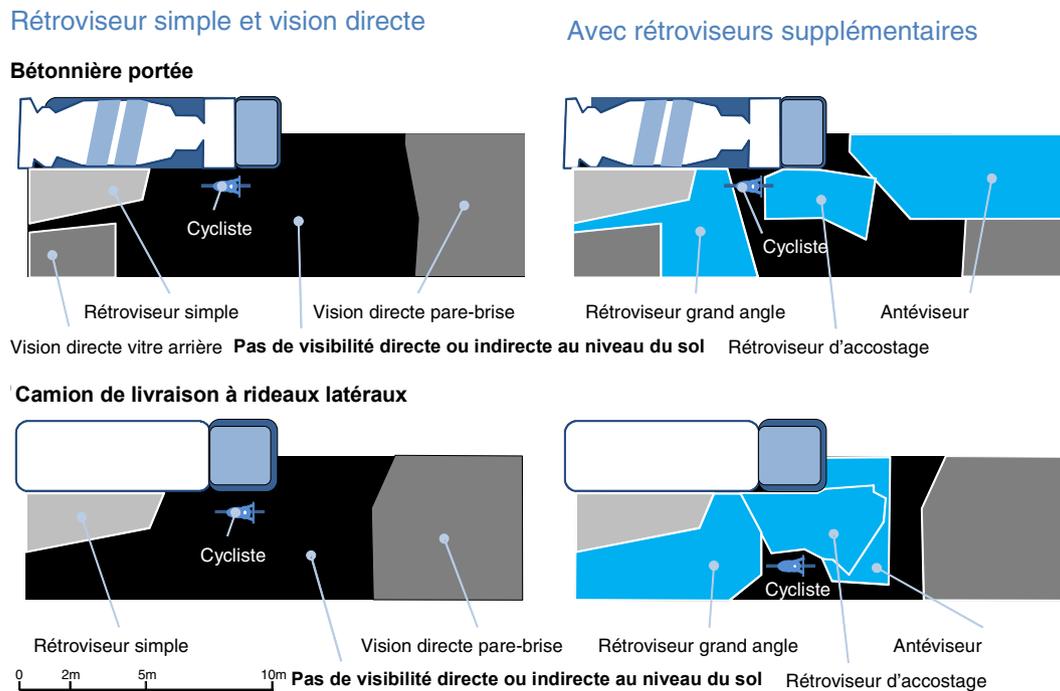
Crédit photo : Auteurs

Le principal résultat de l'étude a été de montrer que l'utilisation d'un dispositif d'éclairage diurne était associée à une réduction du nombre d'accidents de plus de 30 %. Le nombre d'*accidents pertinents* (de jour avec antagoniste) a diminué de 50 % environ. Ces deux résultats sont statistiquement significatifs. Selon certaines indications, l'étude pourrait ne pas avoir pris en compte tous les facteurs – par exemple on ne sait pas dans quelle mesure les accidents de vélo sans tiers ont été comptabilisés dans les accidents du groupe témoin (ce type d'accident n'est pas a priori influencé par l'usage de feux à induction). De plus, l'étude ne donne pas d'informations sur l'incidence sur la sécurité des éclairages clignotants plutôt que continus.

Angles morts dans le rétroviseur des camions

Les collisions entre un poids lourd et un cycliste sont moins fréquentes que les collisions voiture-cycliste mais elles sont particulièrement meurtrières (voir le chapitre 4). L'une des principales sources de danger est la visibilité limitée des cyclistes pour les conducteurs de poids lourds. En raison de la position surélevée du conducteur et des angles morts créés par les éléments structurels de la cabine (et les rétroviseurs eux-mêmes), une large portion de l'espace situé à l'avant et à proximité du poids lourds échappent à la vue du conducteur (figure 5.4). Les cyclistes présents dans ces zones aveugles sont invisibles ou partiellement visibles pour les chauffeurs de poids lourds et risquent donc d'être percutés, surtout lors de manœuvres pour tourner. Pour remédier à ce danger, l'UE a adopté une législation imposant aux constructeurs de camions d'installer des jeux de rétroviseurs ou d'autres dispositifs de vision indirecte pour élargir le champ de vision latérale et arrière (Directive 2003/97/CE8). La législation d'accompagnement exige le montage a posteriori de ce type de rétroviseurs sur les poids lourds immatriculés après janvier 2000 (2007/38/CE9). Après la promulgation de ces deux textes, le nombre d'usagers vulnérables tués dans des accidents de la route impliquant des poids lourds a enregistré un net recul mais, le nombre total de victimes de la route ayant lui-même chuté encore plus fortement, il est difficile d'apprécier l'impact sur la sécurité de ces deux directives (Knight 2011). Il convient par ailleurs de noter que le montage de rétroviseurs supplémentaires ou de rétroviseurs grand angle ne supprime pas totalement les angles morts et que, s'il réduit le risque de non-détection de cyclistes par les conducteurs de poids lourds, il ne l'élimine pas complètement.

Figure 5.4 Angles morts au sol pour les conducteurs de poids lourds/véhicules de chantier et effets de l'ajout de rétroviseurs supplémentaires



Source: (Delmonte, et al. 2013)

Auparavant, l'installation de rétroviseurs réduisant l'angle mort était déjà obligatoire sur tous les camions néerlandais (depuis fin 2003). Cependant, on ne dispose pas d'études concernant l'impact de ces dispositifs sur la sécurité. Les statistiques d'accidents des Pays-Bas indiquent une baisse du nombre d'accidents mortels de ce type pendant une courte période (2002-2003), mais à partir de 2004 les chiffres ont renoué avec leurs niveaux antérieurs (SWOV 2009).

Suite à une étude approfondie des accidents, l'Office danois chargé des enquêtes sur les accidents de la route a recommandé d'équiper les camions d'antéviseurs (HVV 2006) afin de réduire l'angle mort directement à l'avant du véhicule (voir la figure 5.4). Les rétroviseurs ne sont efficaces que s'ils sont véritablement utilisés par les conducteurs de poids lourds, or il semble que leur multiplication peut en réalité distraire leur attention, d'où une perte d'efficacité (Knight 2011). Pour cette raison, l'Office danois a recommandé de réunir les rétroviseurs (sur un même support) pour en rendre l'utilisation plus aisée.

D'autres équipements embarqués ont été proposés pour réduire les angles morts des poids lourds et certains ont été adoptés comme les dispositifs de vision indirecte (caméras et moniteurs) ou encore de capteurs et signaux sonores.

Vitres surbaissées sur les camions

Aucune étude n'a évalué l'incidence des vitres surbaissées sur la sécurité (voir la figure 5.5). Néanmoins, cette mesure a été recommandée par l'Office danois chargé des enquêtes sur les accidents de la route à l'issue d'une étude sur les accidents camions-cycles impliquant un camion tournant du côté correspondant au sens de la circulation et coupant la trajectoire d'un cycliste poursuivant tout droit

(HVU 2006). L'une des principales conclusions de l'étude est que le fait que le conducteur n'ait pas aperçu ou pu voir un cycliste a été un facteur aggravant dans les 25 cas d'accidents analysés.

Figure 5.5 **Camion avec pare-brise surbaissé et portière vitrée (Copenhague)**



Crédit photo : Auteurs

L'étude approfondie a également montré que dans bon nombre d'accidents de camion bifurquant du côté correspondant au sens de la circulation, le bord inférieur du pare-brise ou de la fenêtre latérale du camion était à plus de 2 m au-dessus de la chaussée. Pour pouvoir apercevoir des cyclistes situés près de l'angle avant ou sur le côté de son véhicule, le conducteur devait se fier à 100 % à ses rétroviseurs et n'en oublier aucun. Cette constatation rejoint les résultats de l'analyse des Directives 2003/97/CE8 et 2007/38/CE9. Même en utilisant tous les dispositifs de rétrovision recommandés, certains angles morts empêchant de détecter des cyclistes demeurent (Knight 2011). Les fenêtres surbaissées pourraient permettre aux conducteurs de mieux voir les cyclistes côté passager et réduire le risque de les ignorer et leur couper la route au moment de bifurquer.

Équipements de protection – casques cyclistes

L'incidence, en termes de sécurité, du casque de vélo et de l'obligation de le porter fait l'objet de très nombreux travaux de recherche. Les études consacrées à l'incidence du port du casque sur la sécurité se classent généralement en deux groupes : les unes s'intéressent à la manière dont le casque modifie le risque corporel individuel qui existe pour le cycliste en cas d'accident, tandis que les autres portent sur l'incidence générale qu'a sur la sécurité la mise en œuvre (habituellement dans le cadre de campagnes et/ou par le législateur) des mesures visant à développer l'utilisation du casque auprès des cyclistes. Ces deux aspects doivent être étudiés séparément, de même que leurs résultats.

Les études du premier groupe concluent pour la plupart que le port du casque abaisse le risque de subir une lésion crânienne en cas d'impact (les traumatismes crâniens font partie des conséquences les plus graves des accidents de vélo). Une méta-analyse de données chiffrées sur l'incidence du port du casque sur la sécurité cycliste (Elvik, Høye, et al. 2009) a livré les résultats suivants :

Effets du port d'un casque cycliste à coque dure en cas d'accident :

- Le risque de lésion de la tête *diminue* en général de 64 %
- Le risque de lésion faciale *diminue* de 34 %
- Le risque de lésion du cou *augmente* de 36 %

Effets du port d'un casque cycliste à coque *souple* en cas d'accident :

- Le risque de lésion de la tête *diminue* en général de 41 %
- Le risque de lésion faciale *augmente* de 14 % (non significatif)

Une synthèse très complète réalisée en Australie à partir de 16 études validées par des spécialistes, dans laquelle l'odds ratio a été calculé pour différents types d'atteintes à la tête en utilisant des méta-analyses (Attewell, Glase et McFadden 2001), a produit des résultats similaires. Un nouvel examen de cette étude effectué pour rechercher un éventuel biais de publication, a montré que l'incidence sur la sécurité était moins prononcée et apparaissait principalement dans les études plus anciennes (Elvik 2011).

Plus simplement, ces études indiquent que les casques réduisent le risque individuel de lésion crânienne, mortelle ou non, en cas d'accident³. Il s'agit là d'effets positifs importants qui réduisent considérablement les risques en cas de chocs à la tête. De plus, la technologie des casques a fait de gros progrès depuis la réalisation des méta-analyses que l'on vient d'évoquer – et l'on ne sait pas si ces conclusions peuvent s'appliquer à la dernière génération de casques cyclistes.

Il ne faut cependant pas confondre ces effets sur la sécurité et l'incidence globale sur la *santé* de l'obligation légale de porter un casque ou des autres mesures visant à développer cette pratique, qui doit considérer l'impact sur l'ensemble des cyclistes. L'incidence du port *obligatoire* du casque sur la santé et la sécurité a été nettement moins étudiée que le risque individuel en cas d'accident. L'incidence du port du casque obligatoire fait intervenir une série de facteurs, qui s'avèrent parfois antagonistes :

- Réduction du risque de dommages corporels (en raison d'une plus grande utilisation du casque).
- Augmentation du risque d'accident (en raison d'un changement de comportement chez les cyclistes qui adoptent le casque).
- Modification de la composition de la population cycliste induite par l'obligation du casque (par exemple, le port du casque obligatoire modifiant la perception du risque, les cyclistes les plus prudents pourront renoncer au vélo).
- Diminution du trafic cycliste (se traduisant par un recul du nombre des accidents et dommages corporels, mais aussi par une possible élévation du risque d'accident pour ceux qui continuent de circuler à vélo, comme on l'a vu au chapitre 1, et une éventuelle réduction des effets bénéfiques de santé publique en raison du recul de l'exercice physique).

Il semble clair que le port du casque atténue les atteintes à la tête mais il peut faire augmenter les autres types de blessures si les cyclistes casqués prennent plus de risques. Les études d'évaluation se sont

rarement intéressées à la modification de la composition et des caractéristiques de la population cycliste après l'imposition du port du casque alors qu'elle pourrait jouer un rôle déterminant dans les taux d'accident et leur gravité (Robinson 2007). Il est difficile d'affirmer (preuves à l'appui) que les cyclistes, dès lors qu'ils sont casqués, changent de comportement mais certains éléments semblent aller dans ce sens (Elvik, Høye, et al. 2009) (Fyhri, Bjørnskau et Backer-Grøndahl, 2012) (Fyhri et Phillips 2013) (Phillips, Fyhri et Sagberg 2013). Il semble plausible que le port du casque obligatoire dissuade les nouveaux cyclistes potentiels et fasse même baisser le nombre de cyclistes en circulation mais les données concernant cet aspect sont contradictoires. Ceux qui restent, c'est-à-dire ceux qui continuent de circuler à vélo après l'imposition du port du casque, peuvent avoir un comportement différent de ceux qui renoncent au vélo (Fyhri, Bjørnskau et Backer-Grøndahl, 2012). Certains cyclistes continueront à rouler sans casque en dépit de l'obligation qui leur est imposée et ces cyclistes auront un comportement plus risqué que les casqués (Bambach, et al. 2013). Tous ces facteurs se conjuguent et sont rarement pris en compte explicitement dans les études sur l'incidence du port du casque obligatoire. Certaines données montrent en outre que les automobilistes n'ont pas le même comportement vis à vis de cyclistes casqués qu'ils dépassent par exemple en passant plus près d'eux (Walker 2007). Cela pourrait influencer sur le nombre d'accidents si l'usage du casque se généralise.

(Elvik, Høye, et al. 2009) ont cherché à quantifier l'impact de chacun des facteurs évoqués précédemment en cherchant à isoler les différentes dynamiques décrites. Ils ont constaté que l'obligation de port du casque avait les effets suivants :

- *Risque de dommages corporels* : recul de 25 % des lésions à la tête (usage du casque plus fréquent).
- *Risque d'accident* : augmentation de 14 % de tous les dommages corporels (modification des comportements).
- *Nombre de cyclistes* : diminution de 29 % de tous les dommages corporels (réduction de la circulation cycliste).
- Dans l'ensemble, il apparaît que la législation imposant le port du casque entraîne une *réduction* de tous les dommages corporels, évaluée à 22 %, mais l'impact sur la santé lié à la baisse du nombre de cyclistes n'est pas quantifié. C'est un point extrêmement important car, comme on l'a vu au chapitre 1, les effets bénéfiques du vélo sur la santé dépassent très largement ses effets négatifs en termes de santé et de sécurité.

(de Jongh 2012) a cherché à étudier l'incidence sanitaire générale des législations imposant le port du casque. Dans des contextes où la pratique du vélo est relativement sûre, l'obligation du casque peut avoir d'importants effets négatifs imprévus, liés à la baisse du nombre de cyclistes. De plus, dans les zones où la pratique du vélo est déjà dangereuse, cette obligation n'améliorera pas en règle générale la sécurité et des avantages de santé publique ne sont observés que dans les hypothèses les plus extrêmes. Si l'on en croit le débat actuel autour du port du casque obligatoire, ces résultats sont contestables mais il semble évident que, du point de vue de l'action publique, plusieurs facteurs clés doivent être pris en compte dans l'étude des législations. L'incidence de cette obligation sur la taille et la composition de la population cycliste (et les profils de risque), l'impact global sur la santé (et pas uniquement sur la sécurité) et la nécessité d'intégrer les facteurs de confusion et les réactions comportementales dans les évaluations ex-post, en sont quelques-uns.

5.4 Mesures infrastructurelles

Considérations générales concernant la conception

Principes de planification et normes géométriques

Il importe, indépendamment des traditions et législations locales ou nationales, de ne pas perdre de vue que la bicyclette est un véhicule. Comme tout autre véhicule, motorisé ou pas, un vélo progresse à une vitesse donnée, ce qui signifie que le cycliste doit avoir le temps de réagir et de freiner ou de changer de direction si un obstacle ou une situation imprévue se présente. Dans la pratique, cela signifie que l'alignement géométrique des pistes ou cheminements cyclables bidirectionnels (voies vertes) doit respecter des paramètres physiques minimums de distance de visibilité afin de prévenir les collisions frontales entre cyclistes ou entre cycles et cyclomoteurs (si ces derniers ont le droit d'emprunter les pistes cyclables). Cela est particulièrement important dans les virages situés en fin de descentes et/ou lorsque la piste oblique dans des tunnels/passages souterrains. Dans certains pays ces aspects ont été abordés en inscrivant des vitesses de conception, des distances de visibilité/freinage et des rayons minimaux de courbure en plan dans les normes routières et les orientations de conception. Les tableaux ci-dessous indiquent certains chiffres pour le Royaume Uni.

Tableau 5.1 **Distances minimales de visibilité d'arrêt recommandées (Royaume Uni)**

Itinéraires cyclables en site propre (Royaume Uni)	Vitesse de conception	Distance de visibilité d'arrêt recommandée	Rayons minimaux de courbure (en plan)
Minimum acceptable (sur de courtes distances)	10 km/h	10 m	4 m
Chiffre général applicable aux itinéraires cyclables en site propre	30 km/h	30 m	25 m

Source: UK Design Manual for Roads and Bridges (<http://www.dft.gov.uk/ha/standards/dmr/>, accessed September 23, 2013)

Les déclivités importantes peuvent se traduire pour les cyclistes par des vitesses relativement élevées à la descente ou lentes à la montée – ce qui est dans les deux cas source de danger – aussi les gradients doivent-ils être maintenus à des niveaux minimums. Les distances d'arrêt augmentent par ailleurs sensiblement sur les déclivités descendantes de plus de 5 %, et il importe de bannir tout obstacle ou courbe brutale en haut ou en bas d'une forte pente et /ou d'une longue rampe. Les normes routières de nombreux pays recommandent en général, un gradient maximum de 3 %. Au Danemark, le gradient maximum recommandé dépend de la distance parcourue comme l'indique le tableau suivant.

Tableau 5.2. **Gradients recommandés (Danemark)**

Gradient	Distance max.	Dénivelé
5,0% (1:20)	50 m	2,5 m
4,5% (1:22)	100 m	4,5 m
4,0% (1:25)	200 m	8,0 m
3,5% (1:29)	300 m	10,5 m
3,0% (1:33)	500 m	15,0 m

Source: Danish Road Administration

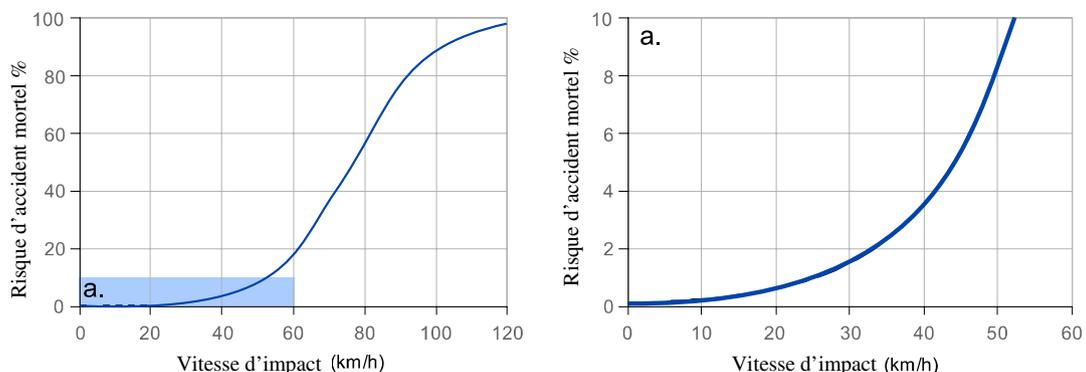
Séparation ou intégration

La séparation des cyclistes des flux de véhicules à moteur est souvent considérée comme une mesure forcément favorable à leur sécurité. Comme on l'a vu au chapitre 1, la séparation des véhicules de masse et de puissances différentes circulant à des vitesses différentes est l'un des principes de l'approche pour un système sûr. Cette approche a été largement mise à profit pour planifier la sécurité cycliste dans beaucoup de pays d'Europe dotés d'une population cycliste nombreuse et affichant de bonnes performances de sécurité. Toutefois, la séparation n'a pas été universellement jugée souhaitable comme stratégie de sécurité – notamment aux États-Unis où il existe depuis toujours un fort mouvement en faveur du vélo-véhicule, qui prône l'intégration complète des cyclistes dans la circulation, les cyclistes devant se comporter comme n'importe quel autre usager (motorisé) de la route. Ce mouvement semble en perte de vitesse aux États-Unis et ailleurs, les communes adoptant le principe de séparation des aménagements afin de renforcer la sécurité et d'inciter des personnes que le trafic pourrait dissuader à prendre leur vélo. Les travaux récents consacrés à la sécurité des cyclistes sur les voies séparées (par opposition au trafic mixte) en Amérique du Nord indiquent qu'elles sont plus sûres (et perçues comme telles) que les environnements mixtes (Teshke, et al. 2012) (Lusk, et al. 2011). Un examen des études récentes confirme que les voies cyclables séparées améliorent la sécurité (Reynolds, et al. 2009). Ces résultats contredisent cependant les conclusions de certaines recherches effectuées dans des pays dotés de vastes réseaux cyclables où le vélo est un mode de transport important, qui indiquent que le risque d'accidents aux intersections associé aux pistes cyclables est élevé (voir plus de détail dans la section 5.4.2.1).

Le trafic cycliste peut être séparé du trafic motorisé en créant des espaces réservés aux cycles. Ces espaces peuvent être sur la route (accotements revêtus ou bandes cyclables), séparés de la route par un délinéateur ou une bordure (piste ou voie cyclable), ou indépendants de la route (voies vertes).

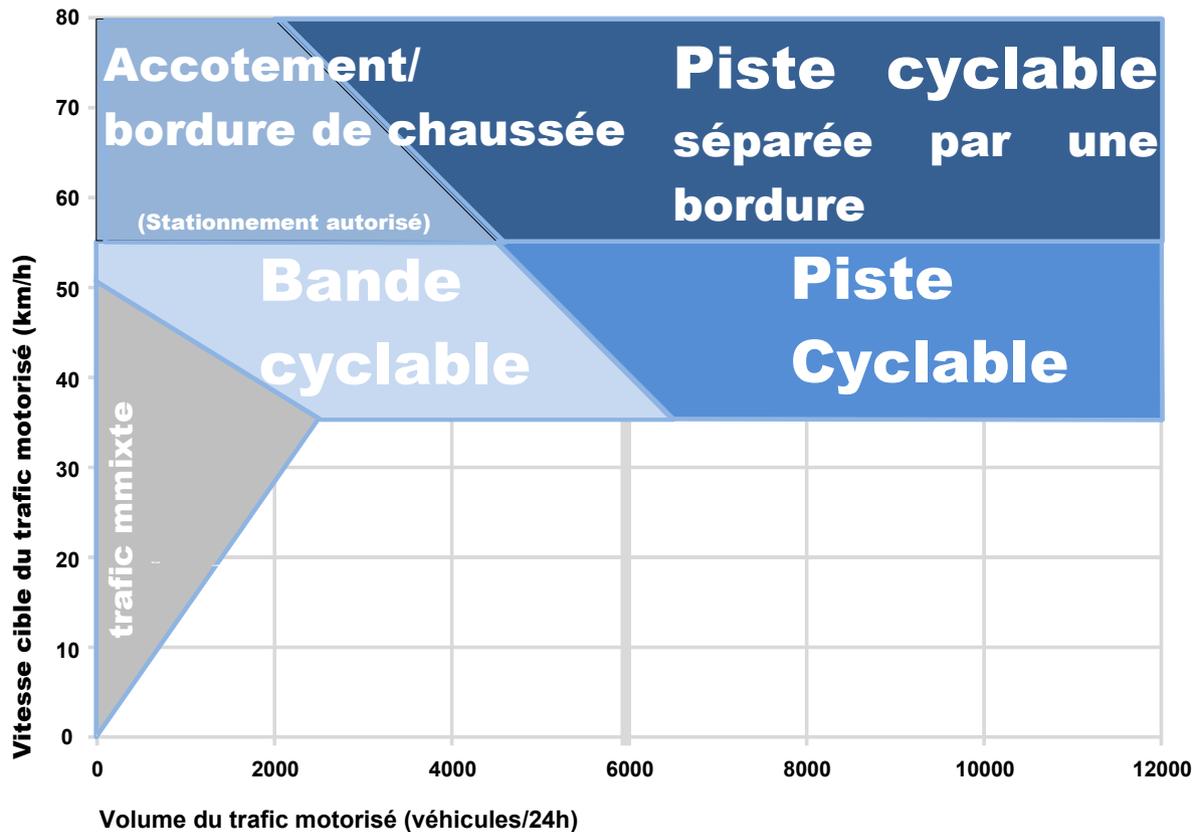
La vitesse des véhicules à moteur est ici un facteur tout à fait décisif. Le risque d'être tué, pour les usagers vulnérables de la route, en fonction de la vitesse de l'antagoniste a été bien étudié et documenté (figure 5.6) (Rosen, Stigson et Sander 2011) (Teft 2011). Il convient de noter que l'analyse de la relation vitesse-décès (ou vitesse-blessures graves) se base presque toujours sur les cas de piétons victimes d'accidents. La vitesse des cyclistes est toute autre, ce qui risque de modifier en partie, de façon inconnue mais probablement assez faible, la relation véhicule à moteur-cycliste. A une vitesse donnée, les dégâts causés par un véhicule à moteur en cas d'accident varieront selon sa masse et l'âge des cyclistes (Teft 2011). Toutefois, d'une façon générale, le risque pour les cyclistes d'être tués ou grièvement blessés augmente de façon exponentielle avec la vitesse de collision ; la séparation des cyclistes du trafic motorisé sur les routes et dans les zones où l'on circule à plus de 30 km/h permet de réduire ce risque.

Figure 5.6 Risque d'accident mortel de piéton en fonction de la vitesse d'impact du véhicule



Source: (Rosen, Stigson et Sander 2011)

Figure 5.7 Guide de planification des aménagements cyclistes sur routes tout trafic (Danemark)



Source: Cycling Embassy of Denmark, 2012 (Andersen, et al. 2012)

Dans la plupart des pays, la configuration du réseau routier est très éloignée de la séparation idéale prônée dans l'approche « Système sûr » qui se fonde sur la masse et la vitesse. Lorsque cette approche existe, il s'agit avant tout de séparer la circulation des vélos de celle des véhicules motorisés sur les parties de la voirie où la vitesse et le volume du trafic sont les plus élevés tout en abaissant la vitesse aux intersections. La figure 5.7 illustre la mise en relation de la conception de l'infrastructure cyclable avec la vitesse et les volumes de trafic proposée par la Danish Cycling Embassy. Notons que dans certains pays, tels que les Pays-Bas, qui appliquent strictement l'approche « Système sûr » les bicyclettes ne doivent jamais côtoyer une zone de trafic à grande vitesse (zone supérieure gauche de la figure 5.7), même si les volumes de trafic sont faibles.

Aménagements linéaires sur routes tout trafic

Une piste/voie cyclable peut être unidirectionnelle (auquel cas on la trouve des deux côtés de la route) ou bidirectionnelle (auquel cas on ne la trouve que d'un côté) (figure 5.8).

Les conclusions concernant l'incidence sur la sécurité des pistes cyclables sont mitigées. En règle générale, les pistes cyclables réduisent le nombre de collisions frontales ou arrière impliquant des cyclistes sur les tronçons hors intersections (effet attendu de la séparation des flux). Cependant, certaines études, mais pas toutes, indiquent dans le même temps une augmentation du nombre d'accidents impliquant des cyclistes aux intersections. Ces études ne donnent pas d'indications sur la gravité des accidents aux intersections mais la réduction des accidents sur les tronçons linéaires est un résultat

important, sachant que les accidents résultant d'une collision arrière ou d'un dépassement (qui surviennent généralement hors intersection dans des zones de circulation mixte) se caractérisent souvent par des vitesses relativement élevées et sont souvent lourds de conséquences.

Figure 5.8 Pistes cyclables



Gauche – Piste cyclable unidirectionnelle avec zone « tampon » (pavée) pour prévenir les accidents de portières (Copenhague).

Droite – piste cyclable bidirectionnelle séparée des piétons et des véhicules garés (Budapest) Le traitement des intersections des pistes cyclables bidirectionnelles est particulièrement délicat car ces infrastructures obligent à des manœuvres inhabituelles.

Crédit photo : Auteurs

Si l'aménagement de pistes cyclables vise à réduire les accidents, il est important de cerner les problèmes de sécurité qui se posent sur la route pour déterminer si une piste cyclable est la bonne réponse à ces problèmes. Une attention particulière doit être notamment accordée à la sécurité aux intersections. Les autorités en charge de la circulation doivent aussi savoir que :

- Des conflits peuvent survenir aux arrêts d'autobus et lorsque des véhicules sont garés sur les bandes cyclables, ou à côté ;
- Il y a moins d'accidents graves avec atteintes corporelles sur les pistes cyclables que sur les bandes cyclables ;
- Les pistes cyclables bidirectionnelles aménagées le long de la voirie impliquent toujours des manœuvres inhabituelles aux intersections et en fin de piste. Ces situations créent un risque d'accident important. Les pistes cyclables bidirectionnelles aménagées en bordure de routes doivent être en principe évitées, à moins de présenter des avantages évidents ou d'être la seule solution au vu des contraintes spatiales.

Les pistes cyclables marquées directement sur le trottoir sont souvent l'option la plus simple et la moins coûteuse pour implanter une infrastructure cyclable (figure 5.9), mais cette configuration suscite forcément des conflits entre cyclistes et piétons et doit être évitée.

Figure 5.9 **Gauche : bande cyclable (à peine) marquée sur le trottoir (Allemagne)**
Droite : cheminement cyclable marqué sur le trottoir (Iles Féroé)



Crédit photo : Auteurs

Les systèmes unidirectionnels ne devraient normalement être appliqués qu'en ville, dans les zones de trafic automobile dense ; la circulation cycliste bidirectionnelle - avec marquage et protection appropriés - présente généralement moins d'inconvénients qu'imposer aux cyclistes des déviations de trajectoire ou que de les faire rouler dans le non-respect des règles. Des double-sens cyclables ont été aménagés dans plusieurs pays sur des voies à vitesse fortement limitée. Ces mesures exigent un marquage clair et un traitement de surface en début et en fin d'aménagement, pour informer les conducteurs de véhicules à moteur de la possibilité de rencontrer des cyclistes roulant à contre sens (figure 5.10). (Mairie de Paris, 2012) a évalué l'incidence des double-sens cyclables sur la sécurité, avant et après leur installation, dans plusieurs rues à sens unique (pour les voitures) de la capitale. Cette étude indique une fréquentation en forte hausse des double-sens cyclables dans les rues considérées et une baisse de la vitesse moyenne des véhicules motorisés (la limitation de vitesse est de 30km/h dans toutes ces rues mais elle n'est pas toujours respectée). Par ailleurs, le nombre d'accidents de cyclistes n'a pas augmenté (alors que le nombre de cyclistes s'est significativement accru), et les accidents observés n'étaient guère différents de ceux enregistrés dans la configuration antérieure (la plupart étaient des accidents d'ouverture de portière ou de refus de priorité dans le sens de la circulation générale). L'étude a révélé que les chocs frontaux sur les double-sens cyclables ont été en réalité très faibles (un seul pendant la première année de mise en œuvre, alors qu'ils étaient considérés comme le principal facteur d'accident) et le même constat a été fait en ce qui concerne la gravité des accidents (en raison probablement de la vitesse réduite des véhicules à moteur). L'étude a aussi relevé un risque lié aux traversées irrégulières de piétons hors intersections. Ces conclusions offrent un instantané des premiers effets de la mise en œuvre des double-sens cyclables à l'heure où les automobilistes et les cyclistes s'adaptent à cette nouvelle configuration - et l'on peut s'attendre à ce que le risque d'accidents et leur gravité continuent de diminuer à mesure qu'elle deviendra plus familière aux usagers.

Figure 5.10 Contre-sens cyclables à Strasbourg (gauche) et à St. Germain-en-Laye (droite)



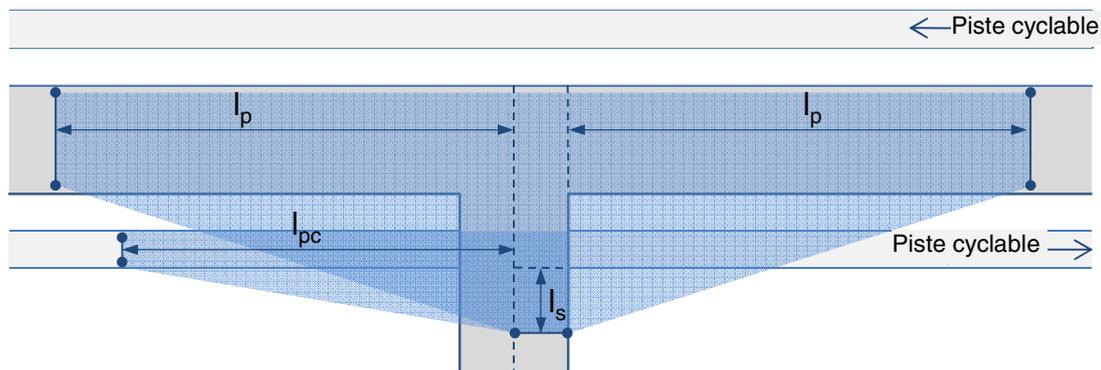
Crédit photo : Auteurs

Conception des intersections

Aux intersections à priorité, la visibilité des bandes, pistes ou voies cyclables doit être dégagée lorsqu'elles se poursuivent au-delà de l'intersection.

La figure ci-dessous (figure 5.11) indique la zone de visibilité à l'approche dans une intersection en T à priorité, où des pistes cyclables longent la route principale de chaque côté, et où le trafic non prioritaire doit céder le passage aux cyclistes circulant sur la piste cyclable et aux véhicules motorisés circulant sur la chaussée principale.

Figure 5.11 Visibilité d'approche sur une intersection en T à priorité (pistes cyclables unidirectionnelles longeant la route principale, conduite à droite)



- L_p : distance de visibilité des véhicules sur la voie principale
- L_{pc} : distance de visibilité des cyclistes sur la piste cyclable (longeant la voie principale)
- L_s : distance entre le point d'observation et la ligne d'effet du « cédez le passage »

Source: Danish Road Administration

La conception des intersections est un élément central de l'amélioration de la sécurité des cyclistes. Plusieurs options peuvent être envisagées pour faire en sorte que les dégagements de visibilité ou l'angle de vue soient suffisants pour ne pas nuire à la sécurité :

- Aux carrefours à priorité, le nombre d'accidents impliquant des cyclistes diminue lorsque la piste cyclable traverse toute l'intersection.
- Aux carrefours à feux, l'aménagement de passages cyclables de couleur bleue peut réduire le nombre de cyclistes tués ou blessés, notamment dans des accidents survenant lors d'un changement de direction imposant de couper la file inverse.
- Les carrefours à feux avec sas influent sur les accidents entre des véhicules tournant du côté correspondant au sens de la circulation et des cyclistes poursuivant tout droit, lorsqu'ils interviennent au passage au vert.
- L'interruption des pistes cyclables aux carrefours à feux réduit aussi le nombre d'accidents impliquant un véhicule tournant du côté correspondant au sens de la circulation, même si certains cyclistes considèrent qu'elle n'est pas sans danger.

Giratoires

Les carrefours à sens giratoire peuvent jouer un rôle important en limitant le nombre de victimes d'accidents aux intersections et on les trouve aujourd'hui un peu partout. Cependant, si l'on en croit les nombreuses études effectuées dans différents pays, les giratoires ne réduisent pas le nombre d'accidents impliquant des cyclistes. Par exemple, (Elvik, Høye, et al. 2009) citent plusieurs études indiquant que les chiffres ne diminuent pas, ou que faiblement, après transformation d'un carrefour en rond-point.

De nombreuses recherches ont été faites pour évaluer la variation du niveau de sécurité des cyclistes dans les carrefours giratoires selon leur configuration. Jusqu'ici les résultats n'ont pas été très concluants, même s'il a été constaté que l'incidence des accidents de vélo était plus élevée sur les giratoires à plus d'une voie, que les cyclistes devraient éviter d'utiliser. Des voies cyclables séparées – avec de préférence des passages cycliste légèrement surélevés – devraient être aménagées sur ces ronds-points.

Quatre types de configuration de giratoires sont envisageables pour assurer la sécurité des cyclistes :

- Giratoire à une voie sans aménagements cyclables.
- Giratoire à une voie avec *piste* cyclable intégrée (longeant le périmètre extérieur).
- Giratoire à une voie avec *bande* cyclable intégrée (longeant le périmètre extérieur).
- Giratoire à une voie avec pistes cyclables extérieures (éloignées de la chaussée), les cyclistes devant céder la priorité à la traversée de chaque bretelle.

Des études belges, allemandes et américaines récentes ont indiqué que les pistes ou voies cyclables aménagées aux ronds-points (le long du périmètre extérieur de la chaussée) constituent l'option la moins satisfaisante pour la sécurité des cyclistes (De Brabander, Nuyts et Vereeck 2005), (Daniels, et al. 2008). Une étude danoise récente constate par ailleurs que le nombre d'accidents de cyclistes est corrélé à la vitesse des véhicules motorisés sur le giratoire (Hels et Møller 2007).

Figure 5.12 **Mini-giratoire (franchissable) avec voie cyclable surélevée (de couleur bleue) (Copenhague)**

Crédit photo : Auteurs

La figure 5.12 illustre un type particulier de giratoire. La vitesse des voitures est réduite grâce à la surélévation de quelques centimètres de la bande cyclable, qui fait que les automobiles doivent, à l'entrée et à la sortie du rond-point, franchir un « ralentisseur » matérialisant la bande cyclable. Cette configuration a l'avantage de signaler très clairement la possible présence de cyclistes aux véhicules motorisés, mais aucune étude n'a encore quantifié son incidence sur la sécurité.

Entretien et respect des règles

En l'absence de principes de conception stricts, les traitements visant à renforcer la sécurité d'une infrastructure exigeront, pour être efficaces, de veiller à ce qu'elle soit exploitée conformément à l'usage auquel elle est destinée. À cette fin, l'infrastructure cyclable doit être maintenue à un niveau de qualité tel que son état ne provoque aucun accident. Il convient ainsi de veiller à ce que les nids de poule et autres irrégularités de la chaussée soient réparés rapidement, que les surfaces soient régulièrement nettoyées des débris et que les aménagements cyclables soient débarrassés de la neige et de l'eau stagnante. Le manque d'entretien peut provoquer des accidents : les cyclistes risquent de percuter des obstacles ou de se déporter pour les éviter ou encore de déraiser si les surfaces sont mal entretenues ou glissantes. La maintenance joue un rôle particulièrement important dans la réduction des accidents et chutes de vélo sans tiers, puisqu'elle corrige bon nombre de facteurs intervenant dans ce type d'accidents (Reid et Adams 2010) (Schepers et Klein Wolt 2012).

L'empiètement des véhicules motorisés sur les infrastructures cyclables peut obliger les cyclistes à faire des écarts pour éviter/ou dépasser des véhicules mal positionnés ou en stationnement interdit (figure 5.13). De plus, beaucoup de juridictions imposent des distances minimum de dépassement pour doubler des cyclistes (en circulation mixte) et ont établi des règles de priorité que doivent respecter les cyclistes/véhicules à moteur aux intersections sans feux. Le bon respect de ces règles pourrait permettre d'éviter certains conflits potentiellement dangereux causés d'accidents corporels.

Figure 5.13 L’empiètement de véhicules à moteur sur les aménagements cyclables peut contraindre à des manœuvres causes d’accidents



Crédit photo : Auteurs

Le respect (ou l’acceptation) des règles de circulation par les cyclistes – en particulier aux intersections à feux – peut aussi permettre d’éviter des situations de conflit entre cyclistes et véhicules motorisés. Le passage des cyclistes au rouge, par exemple, est souvent cité comme un facteur contribuant aux accidents graves et mortels (au moins aux États-Unis, comme on l’a vu au chapitre 4, mais probablement aussi ailleurs). Par exemple, (District of Columbia Department of Transportation 2012) indique que 40 % des cyclistes observés dans une étude d’évaluation réalisée en 2012 ne respectaient pas les feux de signalisation. Ce comportement était plus fréquent aux intersections croisant des voies à faible circulation ou lorsque les feux restaient longtemps au rouge. Dans ces deux cas, le respect des règles peut poser un problème, les cyclistes pouvant estimer qu’ils ne sont pas concernés étant donné la durée du feu et le faible volume du trafic.

Mesures réduisant les accidents en section courante

Voies/pistes cyclables le long de la voirie

L’incidence sur la sécurité de l’aménagement de voies ou pistes cyclables le long des axes de circulation (figure 5.14) a fait l’objet de nombreuses études depuis 30-40 ans. Les recherches montrent, d’une façon générale, que la présence de voies/pistes cyclables le long de la voirie réduit le nombre de collisions frontales et arrière impliquant des cycles en section courante hors intersections (ce qui était prévisible) et certains éléments donnent à penser que leur gravité est également moindre. Cependant, le nombre d’accidents impliquant des cycles aux intersections (et dans certains cas aux arrêts de bus) risquent d’augmenter, comme on l’a vu précédemment.

Figure 5.14 Exemples classiques de voies/pistes cyclables bordant la voirie



Gauche: Piste cyclable unidirectionnelle en zone urbaine séparée de la chaussée par un séparateur (Copenhague)

Droite : Voie cyclable bidirectionnelle en zone urbaine séparée de la chaussée par une bordure arborée (Varsovie).

Crédit photo : Auteurs

La méta-analyse citée en référence (Elvik, Høye, et al. 2009) quantifie de la façon suivante l'incidence des voies/pistes cyclables sur la sécurité, en termes d'accidents corporels :

- *Hausse* statistiquement significative de 24 % aux intersections.
- *Baisse* statistiquement significative de 11 % en section courante (hors carrefours).

En moyenne, le résultat global indique une *hausse* non significative de 7 % des accidents corporels impliquant des cycles (Elvik, Høye, et al. 2009). Il convient d'ajouter que l'aménagement de pistes cyclables fera, selon la même source, *reculer* de 2 % tous les accidents corporels (pas uniquement cyclistes).

Une étude danoise (Jensen,) apporte de nouveaux éléments sur les types d'accident qui ont augmenté et diminué après l'aménagement de pistes cyclables sur 20,6 km de voies et rues dans la ville de Copenhague. Ces éléments sont :

- Aux *intersections* : les accidents de vélos percutés par des voitures tournant à gauche ou à droite *augmentent*, alors que ceux provoqué par des voitures heurtant des cyclistes tournant du côté opposé au sens de la circulation *diminuent*.
- En section courante : les accidents entre cyclistes ou cyclistes-piétons (passagers de bus, principalement) *augmentent*, alors que les accidents de cyclistes percutés à l'arrière par des voitures et les accidents de cyclistes heurtant des véhicules garés *diminuent*.

En dépit du nombre élevé d'études indiquant les mêmes résultats, l'incidence des pistes cyclables sur la sécurité et en particulier la hausse du nombre d'accidents observés sur ce type d'infrastructure reste

sujette à caution et les résultats cités ci-dessus ont souvent été contestés. Il est vrai que certaines études sont assez anciennes et que beaucoup ne portent que sur un petit nombre de pays d'Europe du Nord dotés d'une longue tradition cycliste et de réseaux cyclables très fréquentés. En outre, les résultats de nombreuses études ne sont pas ajustés pour tenir compte de l'évolution des volumes de trafic cycliste.

Il se pourrait que l'incidence sur la sécurité des pistes cyclables hors site varie également selon le contexte. Les résultats d'études réalisées récemment en Amérique du Nord ne relèvent pas en effet d'augmentation des risques d'accidents et de dommages corporels associée aux pistes cyclables hors site : (Lusk, et al. 2011) estiment à 0.72 le risque relatif d'atteinte corporelle sur une piste cyclable, comparé à celui auquel se trouve exposé un cycliste roulant sur la voirie contiguë à la piste (de référence) à Montréal et (Teshke, et al. 2012) estiment à 0.11 le risque relatif sur une voie cyclable, comparé à celui auquel se trouve exposé un cycliste sur la voirie correspondante à Toronto et Vancouver. Contrairement aux environnements cyclables d'Europe du Nord sur lesquels s'appuient les résultats des études qui indiquent une augmentation des risques d'accident (aux intersections) pour les pistes cyclables, les conditions de circulation au Canada, qui ont servi aux deux études susmentionnées, se caractérisent par une population cycliste moins nombreuse et un réseau cyclable bien moins dense. Il est difficile de dire si ces facteurs ont un impact sur les résultats de l'étude⁴.

La plupart des études qui ont contribué aux résultats de (Elvik, Høye, et al. 2009) s'intéressent aux effets de l'aménagement de voies/pistes cyclables en zone urbaine. Selon une synthèse récente réalisée au Danemark, les zones *rurales* affichent de bien meilleurs résultats (Jensen, Andersson et Herrstedt 2010). Le nombre total d'accidents corporels impliquant des cyclistes (et motocyclistes) *diminue* de 62 % (moyenne des sections *et* intersections) lorsque des voies cyclables sont aménagées le long des routes dans les campagnes. La baisse est encore plus marquée (80 % au total) pour les accidents mortels. Ces chiffres spectaculaires peuvent s'expliquer par l'importance du facteur vitesse en zones rurales, et partant de la séparation des cycles du trafic motorisé.

Selon (Elvik, Høye, et al. 2009) et (Jensen, Andersson et Herrstedt 2010) il n'est pas possible de trouver des résultats concernant spécifiquement les *voies cyclables bidirectionnelles*. En dépit de l'absence de résultats spécifiques quant à leur incidence sur la sécurité, l'expérience a fait ressortir certains problèmes particuliers associés à ce type de voies cyclables :

- Collisions frontales entre cyclistes ou entre cyclistes et motocyclistes.
- Collisions avec des voitures circulant sur des voies secondaires aux croisements à priorité (les automobilistes ne font pas attention aux cyclistes empruntant la piste cyclable dans la « mauvaise » direction).

En dépit des résultats susmentionnés qui ont été obtenus en Amérique du Nord, l'augmentation observée du risque d'accident associée aux pistes cyclables dans les pays d'Europe du Nord est problématique car beaucoup de pays cherchent actuellement à développer ce type d'infrastructure. Il importe donc de s'interroger sur les causes de ce phénomène et sur les réponses que peuvent apporter les pouvoirs publics ? Plusieurs théories ont été avancées pour expliquer pourquoi les voies et pistes cyclables font augmenter le nombre d'accidents de vélo aux intersections. L'une d'elle, largement admise, est que la séparation physique de la circulation en section courante rend les cyclistes et les automobilistes moins attentifs à l'approche des intersections. C'est notamment le cas lorsque la configuration de la piste cyclable « masque » les cyclistes aux automobilistes qui s'apprêtent à tourner (figure 5.15).

Figure 5.15 L'aménagement de certaines pistes cyclables (accotement planté d'arbres, lampadaires, etc.) peut empêcher les voitures qui tournent de voir les cyclistes



Crédit photo : Auteurs

Une autre explication possible est que l'installation d'une piste cyclable modifie la position latérale des vélos vers l'extérieur des carrefours, ce qui les rend moins visibles pour les automobilistes arrivant d'une voie secondaire ou s'engageant sur une voie en coupant le sens de la circulation.

L'étude danoise (Jensen 2006) propose une troisième explication : lorsqu'une piste cyclable est aménagée, il est souvent nécessaire – pour libérer l'espace nécessaire – de supprimer le stationnement le long de la chaussée. En conséquence, les automobilistes tournant dans une voie secondaire pour trouver une place seront plus nombreux, de même que le nombre d'accidents aux intersections – surtout aux petits carrefours à priorité – en raison tout simplement de l'augmentation des volumes de circulation en provenance et en direction des voies secondaires.

Figure 5.16 Gauche: Piétons traversant une piste cyclable
Droite: Conflits entre piétons et cycliste sur une piste cyclable



Crédit photo : Auteurs

L'augmentation du nombre d'accidents avec des piétons observée dans certaines études s'explique par le fait que ces derniers ne font pas attention aux cyclistes, ou ne les voient pas, car ils sont davantage préoccupés par les voitures circulant sur la chaussée (figure 5.16). Ils ne considèrent pas les cyclistes comme un « danger » et oublient de regarder avant de traverser une piste cyclable. La configuration des pistes peut aussi contribuer, dans certains cas, à ce défaut d'attention : il arrive ainsi que les piétons aient du mal à faire la différence entre le trottoir et la piste cyclable.

Figure 5.17 **Zones d'interaction cycles-piétons aux arrêts de bus**



Gauche : Piste cyclable avec ralentisseurs à l'arrêt de bus. Droite : Arrêt d'autobus avec îlot piéton entre la zone d'arrêt de l'autobus et la piste cyclable.

Crédit photo : Auteurs

Il importe en outre de garder en mémoire que l'aménagement d'une piste cyclable engendrera de nouveaux conflits aux arrêts d'autobus, puisque les passagers devront désormais la traverser pour gagner le trottoir, à la montée et à la descente du bus. Il est possible, pour répondre à ces situations, d'installer des ralentisseurs sur les pistes cyclables juste avant les arrêts d'autobus ou des îlots piétons entre la piste et la zone d'arrêt d'autobus afin de protéger les passagers à la montée et à la descente du bus (figure 5.17).

Bandes cyclables en zone urbaine

L'incidence sur la sécurité du marquage de bandes cyclables sur la chaussée a également fait l'objet de nombreuses recherches au cours des 30-40 dernières années. La plupart des études ont porté sur les bandes cyclables en zone urbaine (figure 5.18). Il en ressort d'une façon générale que les bandes cyclables réduisent le nombre d'accidents impliquant des cyclistes en section courante (hors carrefours) *et également* aux intersections.

Figure 5.18 Exemples de bandes cyclables



Gauche : Bande cyclable en Norvège (Oslo). Droite : Bande cyclable au Danemark (Copenhague).

Crédit photo : Auteurs

Selon (Elvik, Høy, et al. 2009), leur incidence globale sur la sécurité en termes d'accidents impliquant des cyclistes sont les suivants :

- *Baisse* statistiquement significative de 25 % aux intersections.
- *Baisse* statistiquement non significative de 19 % en section courante (hors carrefours).

En moyenne, le résultat global obtenu en section courante et aux intersections est une *baisse* de 9 % des accidents corporels impliquant des cyclistes. Ce résultat global s'appuie sur des études bien plus nombreuses que les effets attribués aux intersections et sections (ce qui explique pourquoi l'effet global ne se situe pas entre 19 % et 25 %).

Les résultats obtenus (Elvik, Høy, et al. 2009) sont tous tirés d'études concernant les bandes cyclables au sens strict (excluant tous types de voies partagées). Peu d'études ont été consacrées à l'incidence sur la sécurité des espaces partagés ou des « bandes cyclables conseillées » (voir le glossaire). Une étude, néanmoins, évalue à 1.99 le risque relatif des bandes cyclables conseillées ou voies partagées comparé à celui d'une rue sans infrastructure dans deux villes canadiennes (et à 0.86, dans le cas d'une voie cyclable à revêtement coloré) (K. Teschke 2012). Il convient en outre de noter que, s'agissant des bandes cyclables, les résultats des différentes études analysées dans (Elvik, Høy, et al. 2009) sont moins homogènes que ceux concernant l'incidence sur la sécurité des pistes cyclables. Par exemple les résultats de (Jensen 2006) diffèrent assez sensiblement des conclusions générales de (Elvik, Høy, et al. 2009). La première étude fait état d'une augmentation du nombre d'accidents de vélo en sections courantes *et* aux intersections. D'un autre côté, cette étude ne considérait les résultats que d'une seule ville (Copenhague).

Bien que les résultats de (Elvik, Høy, et al. 2009) soient tous basés sur des études de bandes cyclables (au sens strict, excluant tous types de voies partagées), la configuration des bandes cyclables peut varier – non seulement d'un pays à l'autre mais aussi dans un même pays ou une même ville (figure 5.19). Ces différences pourraient en partie expliquer pourquoi les résultats de (Jensen 2006) diffèrent sensiblement de ceux de (Elvik, Høy, et al. 2009). Par exemple, à Copenhague, les bandes

cyclables se trouvent souvent entre le trottoir et une file de stationnement, ce qui fait que les cyclistes ne sont pas forcément visibles pour les voitures qui tournent dans une voie adjacente (figure 5.19 - droite).

Figure 5.19 **Bandes cyclables et stationnement automobile**



Droite : Bande cyclable implantée à gauche de la zone de stationnement avec surlargeur marquée pour l'ouverture des portières (Paris).

Gauche : Bande cyclable intercalée entre l'espace de stationnement et le trottoir (Copenhague).

Crédit photo : Auteurs

Les effets présentés dans (Elvik, Høye, et al. 2009) concernent les accidents, sans précision de la gravité des dommages corporels. D'autres études ont révélé que les accidents de vélo sur les routes équipées de bandes cyclables étaient plus graves que ceux sur les aménagements route/piste cyclable (selon la vitesse) (Jensen, Andersen, et al. 2000). L'un des facteurs en jeu pourrait être la propension des automobilistes à passer plus près des cyclistes circulant sur une bande cyclable (Walker 2007) (Parkin et Meyers 2010) qui peut tenir au fait que les conducteurs se positionnent par rapport au marquage au sol de la bande cyclable plutôt qu'aux cyclistes qui s'y trouvent.

(Turner, et al. 2011) ont entrepris d'évaluer l'incidence sur la sécurité des bandes cyclables avant et après leur aménagement dans plusieurs villes d'Australie et de Nouvelle-Zélande. Ils ont constaté que les bandes cyclables aménagées dans le respect de normes élevées améliorent la sécurité, alors que celles répondant à des normes peu exigeantes la dégradent. Dans ces conditions, l'incidence globale des bandes cyclables étudiées s'est révélée neutre. Il a été par ailleurs montré qu'il est plus important de réserver un espace suffisant pour un couloir de présélection ou pour l'ensemble bande cyclable-chaussée que de délimiter une bande cyclable (parfois trop étroite) dans l'espace disponible – la largeur de la voie cyclable (entre 1 et 8 mètres) jouant en faveur de la sécurité. Il a été par ailleurs constaté que le comportement des conducteurs s'améliore lorsque le revêtement des bandes cyclables est coloré.

Accotements revêtus

Les accotements revêtus sont souvent utilisés par les cyclistes comme des bandes cyclables sur la voirie rurale en l'absence d'aménagements cyclables (figure 5.20). Les accotements revêtus sont séparés de la chaussée par une ligne de rive continue ou discontinue, profilée ou non profilée, suivant la réglementation nationale ou locale. La largeur de la bande dérasée est très variable selon les routes.

L'incidence des accotements revêtus sur la sécurité a été étudiée dans de nombreux travaux. Les recherches montrent en général que les routes équipées d'une bande dérasée (pouvant aller jusqu'à 1 mètre de large environ) sont moins accidentogènes (véhicules à moteur et cycles) que celles qui en sont dépourvues (Elvik, Høye, et al. 2009). Ce résultat vaut également pour les accidents de vélo (Rosbach 1984) – mais la plupart des études n'indiquent pas de chiffres les concernant spécifiquement. Pour être clair, autoriser les cyclistes à rouler sur les accotements revêtus revient à nier l'un des principes de l'approche « Système sûr » évoquée au chapitre 1 – à savoir la séparation des cyclistes de la voirie où la vitesse et le volume du trafic sont élevés – mais les accotements larges peuvent faire office de séparation lorsque l'implantation de voies complètement séparées n'apparaît pas justifiée.

Figure 5.20 Accotements revêtus sur routes de campagne (Danemark)



Crédit photo : Auteurs

Des accotements peuvent être aménagés en créant des bas-côtés goudronnés (élargissement de l'espace revêtu) ou en rétrécissant les voies de circulation pour ménager des bandes multi-usages. La plupart des études constatent que l'élargissement de l'espace revêtu réduit le nombre d'accidents ; en revanche, lorsque la bande dérasée multifonctionnelle vient s'inscrire sur la voie existante, les résultats sont très disparates et aucune recommandation claire ne peut être formulée. Il ne faut pas installer de bandes rugueuses sur les accotements s'ils doivent être fréquentés par des cyclistes.

Voies de desserte parallèles

Une voie de desserte parallèle est une voie moins rapide implantée le long d'une route principale. Elle est destinée aux usagers vulnérables et aux véhicules lents (agricoles) et donne accès aux propriétés privées (figure 5.21).

Selon les directives néerlandaises pour les aménagements routiers (CROW 2002) et sur la base d'une étude comparative (et non avant-après), le risque d'accidents pour *tous les véhicules* circulant sur des routes doublées d'une voie de desserte parallèle était réduit de 55 % par rapport au risque d'accident pour tous les véhicules circulant sur une route bordée d'une piste cyclable. L'importance de cette différence et l'incidence spécifique de ces aménagements sur les accidents de vélo ne sont pas quantifiées. Toutefois, il se peut que les cyclistes se sentent davantage en sécurité sur une piste cyclable

séparée que sur une voie de desserte parallèle où circulent des véhicules à moteur et qui sont ponctuées de nombreuses entrées et sorties.

Gestion de la vitesse

La réduction de la vitesse – par l’application de limites de vitesse ou de mesures physiques – offre un moyen de renforcer la sécurité des cyclistes (et celle des piétons) (figure 5.21). Ces mesures peuvent être déployées

- Ponctuellement sur un site particulier (pour réduire les accidents).
- Dans le cadre d’un dispositif de circulation apaisée (dans une zone ou une voie spécifique) l’objectif étant d’aiguiller le trafic de transit vers des itinéraires plus adaptés.
- Dans le cadre d’une voie à circulation douce, l’objectif n’étant pas de réorienter le trafic, mais de faire en sorte que le trafic de transit ne présente pas de danger.

L’incidence générale sur la sécurité des dispositifs de réduction de la vitesse a été largement étudiée. Les recherches montrent que la réduction de la vitesse est une mesure de sécurité très efficace qui donne de bons résultats partout dans le monde, qu’elle soit appliquée dans le cadre d’un projet de circulation apaisée, de voies à circulation douce ou ponctuellement, pour limiter les accidents (Elvik, Høye, et al. 2009). Certaines études consacrées aux accidents de cyclistes ont cependant montré que les dispositifs de circulation apaisée font augmenter le nombre d’accidents impliquant des cyclistes et d’autres deux-roues.

Figure 5.21 **Ralentisseur avec îlots-refuges et potelets**



Les îlots empêchent les voitures qui tentent d’éviter le ralentisseur de passer trop près des cyclistes, mais ils présentent un risque pour ces derniers.

Crédit photo : Auteurs

L’une des dernières études ayant fait état de ce phénomène a été publiée en 2007 au Danemark (Jensen 2007). Elle a constaté, à l’instar de nombreuses autres études, une réduction du nombre total d’accidents, en particulier de piétons, mais aussi une hausse (non significative) de 10 % du nombre d’accidents de vélos et de cyclomoteurs. L’étude n’analyse pas les causes potentielles de cette

augmentation, mais des résultats analogues sont ressortis de l'évaluation des premiers aménagements environnementaux de voies de transit au Danemark qui fait état de collisions entre des cyclistes et les poteaux indicateurs, balises, etc. mis en place dans le cadre du dispositif de circulation apaisée. Il est donc important d'assurer que le déploiement du mobilier de signalisation et de limitation de la vitesse et des autres mesures de ralentissement de la circulation ne crée pas de nouveaux dangers pour les cyclistes dans les zones de limitation de vitesse ou à circulation apaisée.

Figure 5.22 **Ralentisseur sphérique sans obstacle vertical dangereux pour les cyclistes**



Crédit photo : Auteurs

Rues et boulevards cyclables

Les boulevards ou rues cyclables conjuguent circulation apaisée et gestion de la vitesse, et forment un réseau relativement peu fréquenté par les véhicules à moteur et offrent des conditions attrayantes aux cyclistes. Peu d'études se sont penchées sur leur incidence sur la sécurité mais beaucoup se sont intéressées aux impacts des stratégies employées pour limiter la vitesse et pacifier la circulation (voir ci-dessus). L'une d'elle a étudié la sécurité relative des boulevards cyclables par rapport aux artères adjacentes à Berkeley, Californie, et constaté que les taux de collision sur les boulevards cyclables étaient de deux à huit fois moins élevés (même si la part des dommages corporels graves reste a priori la même) (Minikel 2012).

Mesures de réduction des accidents aux intersections des voies cyclable

Refuges/îlots

L'îlot central est un équipement communément utilisé aux passages pour piétons et fait partie des mesures de sécurité jugées utiles, mais aucune évaluation de leur effet sur les cyclistes n'a été trouvée (figure 5.23). Des données réunies en Corée indiquent que des refuges sous-dimensionnés peuvent être dangereux pour les cyclistes si l'espace de circulation des vélos est insuffisant près des îlots implantés aux intersections.

Figure 5.23 Îlot central à une intersection piste cyclable/voie urbaine



Crédit photo : Auteurs

Mesures de limitation de la vitesse sur les voies cyclables/verte

Dans certains pays, des chicanes ou des barrières sont souvent placées sur les voies cyclables pour obliger les cyclistes à ralentir voire même, dans certains cas, à mettre pied à terre pour franchir une route (figure 5.24). Cette solution n'est pas idéale du point de vue de la sécurité. Les barrières sont des obstacles rigides potentiellement dangereux pour les cyclistes qui chercheront souvent à les éviter, ce qui peut créer des situations dangereuses.

Une étude danoise sur les comportements dans la ville d'Odense a constaté que les mesures de limitation de la vitesse (ralentisseurs) sur les pistes cyclables, conjuguées à un marquage indiquant le régime de priorité, offrent une option plus satisfaisante et plus sûre que les chicanes, lorsqu'une voie verte traverse une route (Jensen 2003).

Figure 5.24 Mesures de limitation de la vitesse sur les voies cyclables ou voies vertes



Gauche : Voie cyclable avec ralentisseur et bandes rugueuses à l'approche d'une intersection (où les cyclistes doivent céder la priorité).

Droite : Passage cycliste classique équipé de chicanes.

Crédit photo : Auteurs

Mesures aux intersections à priorité

Passages cyclables prioritaire

Notre étude n'a trouvé aucune évaluation de l'incidence sur la sécurité de la priorité donnée aux cyclistes à certains carrefours, même si cette pratique a été adoptée par beaucoup de pays désireux de hiérarchiser le régime de priorité des usagers, des plus vulnérables aux moins vulnérables (au moins sur le réseau secondaire en agglomération) (figure 5.25). Ce régime ne doit être appliqué que sur les voies secondaires où les vitesses sont relativement faibles ou susceptibles d'être suffisamment réduites. Il est par ailleurs important de veiller à bien dégager les abords des infrastructures cyclables pour qu'elles soient bien visibles du siège du conducteur de véhicules.

Figure 5.25 Passage cyclable sur plateau surélevé sur piste prioritaire (Danemark).



Crédit photo : Auteurs

Pistes cyclables éloignées de la chaussée

Une piste cyclable peut être aménagée en retrait des intersections à priorité sur les grands axes routiers (figure 26). Une déflexion de trajectoire de 5-7 m permet aux automobilistes de s'arrêter entre la piste cyclable et la chaussée principale. Les voitures peuvent ainsi respecter leur obligation de céder la priorité au trafic cycliste ce qui, en théorie, devrait améliorer la sécurité. A notre connaissance, cette mesure n'a fait l'objet que d'une seule évaluation qui n'a révélé aucun résultat concluant en matière de sécurité (Andersen, Nielsen et Olesen 2004).

Figure 5.26 **Piste cyclable éloignée de la chaussée**

Crédit photo : Auteurs

Pistes cyclables continues

Des pistes cyclables continues peuvent être aménagées aux intersections à priorité sur la voirie principale ou secondaire (figure 5.27). La piste cyclable continue accompagne généralement un trottoir continu (piste niveau trottoir).

Figure 5.27 **Continuité de la piste cyclable (et du trottoir) à un carrefour à priorité**

Crédit photo : Auteurs

Quelques études ont été consacrées à ces aménagements. Selon (Elvik, Høye, et al. 2009), l'incidence globale sur la sécurité d'une piste cyclable continue aux intersections à priorité est une

réduction de 13 % (non-significative) du nombre d'accidents de vélo par rapport à une situation où la piste cyclable (et le trottoir) s'interrompent à l'intersection. Selon (Jensen 2006), les effets positifs des pistes cyclables continues sont plus marqués aux carrefours en croix qu'à ceux en T.

Plateaux à l'entrée des voies secondaires

Les accès à la voirie secondaire peuvent être marqués par des plateaux surélevés aux croisements entre voirie secondaire et principale (Reid et Adams 2010) (figure 2.28). Ces aménagements ne sont pas des infrastructures spécifiquement destinées aux cycles et ont été initialement utilisés pour les piétons, mais les études ont montré qu'ils amélioreraient aussi la sécurité des cyclistes. (Wood, et al. 2006) indiquent qu'à Londres, ils seraient à l'origine d'une réduction statistiquement significative de 20 % des collisions avec des cyclistes, même si le nombre global de collisions est resté inchangé (les accidents de deux roues motorisés ont augmenté). Une baisse statistiquement significative de 51 % des collisions impliquant des vélos (et de 21 %, de toutes les collisions) a été par ailleurs relevée dans le grand Londres.

Figure 5.28 Plateau marquant l'entrée d'une voie secondaire avec bande cyclable à contre-sens (Paris)



Crédit photo : Auteurs

Zones refuges pour les cyclistes tournant du côté opposé au sens de la circulation

Aucune étude n'a cherché à évaluer l'incidence sur la sécurité des zones refuges pour les cyclistes tournant du côté opposé au sens de la circulation (figure 5.29). Cette mesure offre, au moins en théorie, une solution à un problème bien connu qui a été mis en évidence dans une étude approfondie menée au Danemark sur les accidents de vélo graves aux intersections à priorité (HVU 2008). Il est apparu qu'un nombre important d'accidents sont le fait de cyclistes (souvent âgés) qui oublient de regarder avant de tourner du côté opposé au sens de la circulation (en coupant la file inverse) pour s'engager dans une voie secondaire. Ce type d'accident arrive le plus souvent hors agglomération sur des routes dépourvues de pistes cyclables, et leurs conséquences peuvent être graves – et souvent mortelles – en raison de la vitesse des véhicules motorisés. Les aires refuges sur le bas-côté de la route peuvent améliorer la situation en

offrant au cycliste une zone où il peut ralentir, mettre pied à terre et bien regarder derrière lui avant de traverser.

Figure 5.29 **Zone refuge pour cyclistes (Danemark)**



Refuge (sur le bas-côté de la route) permettant aux cyclistes qui veulent tourner à gauche d'attendre pour traverser sans risque.

Crédit photo : Auteurs

Mesures aux carrefours à feux

Signaux modaux / phases spécifiques / feux d'anticipation

Les feux de signalisation (figures 5.30 et 5.31) et les différents moyens d'améliorer les carrefours à feux existants ont fait l'objet d'un nombre relativement important d'évaluations et de recherches. Malheureusement, seul un très petit nombre d'études indiquent des résultats chiffrés concernant la réduction des accidents de vélo. (Elvik, Høye, et al. 2009) passent en revue l'incidence sur la sécurité de nombreuses mesures d'amélioration des croisements à feux. Trois mesures semblent particulièrement intéressantes pour réduire les accidents de vélo, même si leurs effets ne sont pas quantifiés dans leur étude. Ces mesures sont les suivantes :

- Prolongation de la phase exclusive (tout rouge)
- Changements de phase sans conflits
- Phases distinctes pour les courants tournant du côté opposé au sens de la circulation

Figure 5.30 **Différents types de signalisation modale pour cycles**



Crédit photo : Auteurs

La *prolongation de la phase exclusive (rouge de dégagement)* réduit l'accidentalité aux intersections à feux selon (Elvik, Høye, et al. 2009). Ce résultat est statistiquement significatif, et il est plausible que les cyclistes soient aussi concernés. D'un autre côté, certaines des études ayant contribué à ce résultat sont relativement anciennes, ont été menées à des intersections particulièrement problématiques (points noirs) et/ou n'ont pas corrigé le biais de régression vers la moyenne. Il est pratiquement impossible d'obtenir le même résultat dans un carrefour moderne où la durée des feux est optimale, etc.

Les *changements de phase sans conflits* font baisser de 75 % les accidents corporels d'après (Elvik, Høye, et al. 2009). Comme on l'a vu plus haut, certaines des études ayant contribué à ce résultat sont relativement anciennes, et ce résultat doit être interprété avec prudence. Toutefois, l'une d'elle s'est intéressée explicitement aux effets sur les cycles et motocycles, et a confirmé une réduction des accidents (Bach et Jørgensen 1986). Les chiffres n'étaient pas statistiquement significatifs, mais indiquaient une tendance très claire (réduction de près de 70 %).

L'utilisation de *phases distinctes* réduit de 58 % le nombre d'accidents aux intersections *pour le courant tournant du côté opposé au sens de la circulation* (Elvik, Høye, et al. 2009). Cette réduction concerne sans doute aussi les bicyclettes (en particulier les collisions entre cycles et voitures venant d'en face qui coupent la route pour tourner). Il convient de noter que l'application de *phases distinctes* peut faire légèrement augmenter d'autres types d'accidents – dont certains impliquant des cyclistes. Si des phases distinctes sont prévues pour réguler le courant de circulation qui doit tourner en coupant la file d'en face à un croisement à feux où ce type de mouvement provoque relativement peu d'accidents, il est à craindre que l'amélioration produite soit plus que compensée par la hausse de ces autres types d'accidents.

Figure 5.31 Phases spéciales vélos aux intersections à feux



Gauche : Passage au vert anticipé pour les vélos (Copenhague). Droite : Phases modales pour les voitures tournant à droite et pour les cycles continuant tout droit (Copenhague).

Crédit photo : Auteurs

D'autres mesures visant à réduire le nombre d'accidents de véhicules tournant du côté correspondant au sens de la circulation aux intersections à feux – *passage au vert anticipé* pour les cyclistes et *phases modales* pour éviter conflits entre voitures tournant à droite et cycles – ont été mises en place dans certains pays, mais à notre connaissance leur incidence sur la sécurité n'a pas été évaluée.

Avancée de la ligne d'effet des feux

Sur la voirie équipée de pistes ou de bandes cyclables, l'avancée de la ligne d'arrêt des vélos par rapport à celle des voitures peut réduire les accidents de vélo (figure 5.32). La ligne d'arrêt des cycles peut être décalée à l'avant de celle des voitures afin d'éviter les collisions entre voitures tournant du côté correspondant au sens de la circulation et cyclistes continuant tout droit au passage au vert.

Figure 5.32 **Avancement de la ligne d'arrêt à une intersection à feux (Copenhague)**



Crédit photo : Auteurs

Selon (Elvik, Høye, et al. 2009), l'avancement de la ligne d'arrêt des feux réduit de 19 % le nombre d'accidents corporels impliquant des cyclistes (par rapport à une situation où la ligne est commune). Ce résultat n'est pas statistiquement significatif.

D'après les données de la synthèse danoise (Jensen, Andersson et Herrstedt 2010), l'avancement de la ligne d'arrêt des feux permet de réduire de 35 % les accidents corporels de deux types :

- Voitures tournant du côté correspondant au sens de la circulation coupant la route à des cyclistes poursuivant tout droit.
- Voitures tournant du côté correspondant au sens de la circulation coupant la route de piétons traversant la voie sécante.

L'office danois chargé des enquêtes sur les accidents de la route recommande de respecter une interdistance d'exactly cinq mètres entre les lignes d'arrêt afin de permettre aux conducteurs de camions arrêtés à la ligne de feux des voitures de voir les cyclistes qui attendent à la ligne d'arrêt avancée (HVVU, 2006).

Ces aménagements renforcent le sentiment de sécurité des cyclistes aux intersections à feux (contrairement à d'autres, comme par exemple l'interruption de piste cyclable) et contribuent également à faire baisser l'accidentalité. Selon (Jensen 2006), l'avancement de la ligne d'arrêt des feux est la solution la plus sûre pour les cyclistes aux intersections à feux, si elle est associée à une voie tournant du côté correspondant au sens de la circulation pour les voitures. S'il n'est pas possible d'aménager une

telle voie, une interruption de piste cyclable présente moins de danger. Notons cependant, que ces résultats s'appuient sur les données d'accidents d'une seule ville (Copenhague).

En cas d'installation de lignes d'arrêt avancées dans des carrefours à feux préexistants, le phasage des feux risque de devoir être ajusté.

Sas à vélos

Le sas à vélos marque un espace réservé aux cyclistes situé devant la ligne d'arrêt des voitures aux intersections à feux et peuvent être considérés en tant qu'alternative à l'avancement de la ligne d'effet des feux (figure 5.33). Dans les deux cas il s'agit de prévenir les accidents entre véhicules tournant du côté correspondant au sens de la circulation et cycles continuant tout droit au passage au vert.

Figure 5.33 **Sas à vélos**



Gauche : Sas pour cyclistes, intersection à feux à trois banches (Edinburgh). Droite : Sas pour cyclistes, intersection à feux à quatre branches (Saint-Germain-en-Laye).

Crédit photo : Auteurs

Le sas à vélos est utilisé et recommandé dans de nombreux pays, mais on manque d'études chiffrées quant à leur incidence sur la sécurité. Ainsi, un certain nombre d'études comportementales ont été publiées mais aucune n'indique d'incidence décisive (Elvik, Høye, et al. 2009). Toutefois, certaines études (Dill, Monsere et McNeil 2012) constatent que les sas à vélos réduisent les comportements accidentogènes.

Bandes cyclables étroites

La bande cyclable étroite est utilisée en règle générale dans le prolongement d'une piste cyclable interrompue ou d'une bande cyclable normale jusqu'à la ligne d'arrêt d'une intersection à feux (figure 5.34). Elle peut également être utilisée sur des routes sans aménagements cyclables, auquel cas le marquage n'intervient que 10-15 m avant l'intersection.

On considère en théorie que les cyclistes qui circulent sur une bande cyclable étroite (et non sur une piste cyclable ou une bande cyclable de taille normale) se comportent différemment et font davantage attention aux voitures à l'approche des intersections. Pour cette raison, ils se trouvent en principe moins

exposés au risque d'être percutés par des véhicules tournant du côté correspondant au sens de la circulation. Une étude danoise portant sur les bandes cyclables étroites à 12 intersections à feux dans la ville de Copenhague n'a fait ressortir aucune modification significative du risque global d'accident (Jensen 2010).

Figure 5.34 **Bandes cyclables étroites**



Gauche : Bande cyclable étroite en fin de piste cyclable (Danemark). Droite : Bande cyclable étroite implantée à un croisement (Danemark).
Crédit photo : Auteurs

Interruption de piste cyclable

Les pistes cyclables s'interrompent 20 mètres environ avant une intersection ce qui oblige les cyclistes à entrer dans le courant de circulation tournant à droite (figure 5.35).

Figure 5.35 **Interruption de piste cyclable à un carrefour à feux (Copenhague)**



Crédit photo : Auteurs

Selon (Elvik, Høy, et al. 2009), les interruptions de pistes cyclables réduisent de 31 % le nombre d'accidents corporels par rapport à une situation où la piste cyclable irait jusqu'à l'intersection (sans avancement de la ligne d'effet des feux). Ce résultat est statistiquement significatif.

Plusieurs théories ont été avancées pour expliquer pourquoi l'interruption des pistes cyclables est plus efficace que beaucoup d'autres options pour réduire les accidents. L'une d'elle, souvent citée, est que les cyclistes et les automobilistes sont plus attentifs les uns aux autres quand ils se partagent la chaussée et que les cyclistes se sentent moins à l'abri (et abordent donc plus prudemment les intersections) (Elvik, Høy, et al. 2009). Pour cette même raison, beaucoup de cyclistes (jeunes et inexpérimentés, en particulier) perçoivent les interruptions de pistes cyclables comme plus dangereuses qu'elles ne le sont en réalité.

Il existe aussi d'autres explications, peut-être plus évidentes. Lorsque la piste cyclable est interrompue, les cyclistes ont la possibilité de se déporter vers le bord interne de la file tournant du côté du sens de la circulation comme ils le feraient en l'absence d'aménagement. Lorsque les cyclistes décident de se positionner ainsi, les conflits à la ligne d'arrêt sont remplacés par des manœuvres d'insertion à l'amorce de l'embranchement. Les cyclistes et les voitures arrivent sans ordre particulier et chacun peut se positionner indépendamment des phases du feu, alors que les conflits à la ligne d'arrêt se concentrent au vert.

Selon (Jensen 2006), l'interruption des pistes cyclables est la deuxième solution la mieux adaptée aux cyclistes aux carrefours à feux (sur les routes avec pistes cyclables), et doit être utilisée lorsqu'il est impossible d'aménager une ligne d'arrêt avancée et une voie séparée pour les véhicules tournant du côté correspondant au sens de la circulation. Toutefois, comme on l'a indiqué plus haut, cette étude s'appuie sur les résultats relevés dans une seule ville (Copenhague).

L'interruption des pistes cyclables offre une bonne solution pour un trafic cycliste modéré. Si les cyclistes sont très nombreux, les automobilistes (et les cyclistes) tournant du côté correspondant au sens de la circulation auront du mal à s'insérer dans le flot de cyclistes d'où un risque de congestion (figure 5.36).

Figure 5.36 **Interruption de la piste cyclable à un carrefour à feux très fréquenté (Copenhague)**



Le volume du trafic cycliste fait que les automobilistes ont du mal à s'insérer dans le flot de cyclistes pour tourner du côté correspondant au sens de la circulation.

Crédit photo : Auteurs

Bande cyclable médiane (entre les voies de circulation)

Une bande cyclable médiane est une voie réservée aux cyclistes qui vont tout droit (ou qui tournent du côté opposé au sens de la circulation) à un carrefour à feux (figure 5.37). La voie médiane s'inscrit entre la file tournant du côté correspondant au sens de la circulation et les autres files. Le début de la bande peut être marqué en bleu ou par une autre couleur contrastant avec celle de la chaussée afin d'indiquer aux automobilistes tournant du côté correspondant au sens de la circulation qu'ils franchissent une bande cyclable – et aiguiller les vélos continuant tout droit sur la bande médiane.

La bande cyclable médiane rejoint pour beaucoup l'interruption de pistes cyclables et fonctionne bien avec ce dernier type d'aménagement. Si l'interruption de piste cyclable permet aux cyclistes de se déporter vers le bord interne de la file tournant du côté correspondant au sens de la circulation, la bande cyclable médiane les y oblige.

Figure 5.37 **Bande cyclable médiane**



Gauche : Bande cyclable médiane à un carrefour à feux en Norvège (Oslo). Droite : Bande cyclable médiane à un carrefour à feux au Danemark (Copenhague).

Crédit photo : Auteurs

Quelques études ont été menées pour estimer l'incidence sur la sécurité des bandes cyclables médianes. En général, le nombre d'accidents de vélo dans ces études était trop faible pour produire un résultat significatif, mais il semble que ce type d'aménagement améliore la sécurité des cyclistes (Sørensen 2011).

Traversées cyclistes à revêtement coloré aux intersections

Les traversées cyclistes à revêtement coloré aux intersections (figure 5.38) ont une double fonction :

- Elles indiquent aux cyclistes où circuler pour traverser un carrefour.
- Elles obligent les automobilistes à faire attention aux cyclistes lorsqu'ils franchissent la bande colorée.

Selon (Elvik, Høye, et al. 2009), les traversées cyclistes à revêtement coloré aux intersections à feux réduisent de 22 % le nombre d'accidents corporels impliquant des cyclistes. Ce résultat est statistiquement significatif, mais (Jensen 2006) constatent que l'effet produit dépend de la complexité de l'intersection et du nombre de traversées de couleur qui s'y trouve. D'après cette étude, les meilleurs résultats sont obtenus aux intersections où il n'existe qu'un seul passage à revêtement coloré.

Figure 5.38 **Bandes/passages cyclables à revêtement coloré aux intersections**



Gauche : Bande bleue pour traversée cycliste à Copenhague. Droite : Passage cycliste de couleur verte à Strasbourg.

Crédit photo : Auteurs

Ilots directionnels sur piste cyclable (aiguillages)

L'aménagement d'îlots directionnels sur les pistes cyclables (figure 5.39) permet d'orienter vers un espace protégé les cyclistes qui tournent du côté correspondant au sens de la circulation, ce qui évite les conflits potentiels avec les véhicules motorisés tournant du même côté. Les conflits avec les véhicules à moteur sont donc supprimés, mais pas ceux avec les piétons s'il est possible de tourner indépendamment de la couleur des feux régulant la traversée piétons. A notre connaissance, l'incidence sur la sécurité des pistes cyclables avec refuge n'a pas été étudiée.

Figure 5.39 **Ilot directionnel sur piste cyclable**
(flux tournant du côté correspondant au sens de la circulation - Copenhague)



Crédit photo : Auteurs

5.5 Autres Mesures

Voie cyclable implantée au milieu de la chaussée

Plusieurs pays européens ont aménagé, ou comptent aménager, des voies cyclables au centre de la chaussée dans certaines rues à sens unique (figure 5.40) mais aussi à double sens. Nous n'avons pas trouvé d'études consacrées à l'incidence sur la sécurité de ces aménagements qui, selon leurs partisans, devraient présenter les avantages suivants :

- Amélioration de la perception mutuelle entre cyclistes et automobilistes
- Prévention des accidents d'ouverture de portières
- Baisse des accidents aux intersections
- Amélioration du confort des cyclistes
- Circulation apaisée
- Amélioration de la sécurité des piétons traversant les rues, les cyclistes n'étant plus cachés par les voitures

Figure 5.40 Voie cyclable implantée au milieu d'une rue



Crédit photo : Direction General del Transporte, Spain

Bandes cyclables implantées côté conducteurs

On trouve dans plusieurs pays des bandes cyclables implantées côté conducteurs (figure 5.42), mais nous n'avons pas trouvé d'évaluation de leur incidence sur la sécurité. Les concepteurs de ce type d'aménagement en attendent les avantages suivants⁵ :

- Visibilité améliorée — les conducteurs peuvent mieux voir les cyclistes dans le rétroviseur latéral situé de leur côté. En outre, l'angle mort côté passager est important sur la plupart des véhicules.
- Moins de conflits avec les camions — sachant que les zones de chargement/déchargement sont souvent situées du côté du sens de la circulation, le nombre de camions de livraison traversant la voie cyclable sera réduit.
- Moins d'accidents de portières — sachant que la plupart des automobilistes sont seuls à bord, le nombre de portes ouvertes côté passager est relativement faible. La situation de la bande cyclable côté conducteurs pourrait réduire le risque d'être heurté par une portière dans les rues à sens unique où les voitures se garent du côté du sens de la circulation.

Figure 5.42 Voie cyclable implantée côté conducteur (Saint- Germain-en-Laye, France)



Crédit photo : Auteurs

Airbags pour cyclistes

Deux types d'airbags pour cyclistes ont été étudiés, avec essais de prototypes, mais leurs perspectives commerciales restent assez incertaines étant donné que leur utilisation n'est pas obligatoire (contrairement aux airbags passagers dans les voitures). Le premier type est fixé à l'extérieur des véhicules et se déploie en cas de choc piéton ou cycliste. Le second, encore au stade expérimental, est porté par les cyclistes et se déploie en cas de collision, se substituant alors à un casque.

Dans le prolongement des travaux de développement d'airbags passagers (internes, dans l'habitacle) et piétons (externes), des recherches ont été menées pour équiper les voitures d'airbags cyclistes. Les travaux de la Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO) montrent que les airbags expérimentaux mis au point pour les piétons bénéficient assez peu aux cyclistes. En cas de collision, les piétons sont projetés de telle façon que leur tête vient cogner contre le capot ou le bas du pare-brise. Dans le cas des cyclistes, la tête heurte plutôt la partie supérieure du pare-brise, voire le montant dur en métal en cas de choc frontal avec une voiture. Il est proposé d'équiper les voitures d'airbags extérieurs conçus pour couvrir la majeure partie du pare-brise. Un constructeur automobile (Volvo) a annoncé qu'à compter de 2013, il comptait déployer sur certains véhicules des technologies d'airbags intégrés au capot.

Le second type d'airbag pour cyclistes est à l'étude (les premiers prototypes commerciaux ont vu le jour) et entend remplacer le casque cycliste. Il se présente comme un collier équipé de capteurs de mouvements, qui déploie automatiquement un coussin d'air autour de la tête du cycliste au-delà d'un certain seuil d'accélération.

Détection des cyclistes et systèmes d'alarme (infrastructures)

Afin de réduire le risque d'accident entre des véhicules motorisés tournant du côté correspondant au sens de la circulation et des cyclistes, certaines autorités ont mis en place des systèmes de détection externes de cyclistes – le plus simple étant le miroir de surveillance « Trixi » fixé sur le mobiliser urbain. Ces miroirs convexes permettent aux conducteurs de voitures ou de poids lourds d'avoir une vision

latérale sans angle mort aux intersections. Une autre option est à l'essai dans la ville de Copenhague où ont été installés des capteurs qui détectent la présence de cyclistes sur la piste adjacente et la signalent aux conducteurs de poids lourds et aux automobilistes à l'aide de marqueurs à LED clignotants implantés dans la chaussée (figure 5.43) de façon à remédier au risque d'angle mort (figure 5.4). Il n'existe pas à notre connaissance d'études sur l'incidence de ces équipements de détection externes de cycles sur la réduction des accidents.

Figure 5.43 **Marqueurs à LED activés par des capteurs indiquant la présence de cyclistes aux véhicules qui s'approprient à couper la bande cyclable pour tourner du côté correspondant au sens de la circulation (Copenhague)**



Crédit photo : Auteurs

Détection de risque de collision avec des cyclistes et réponses (véhicules)

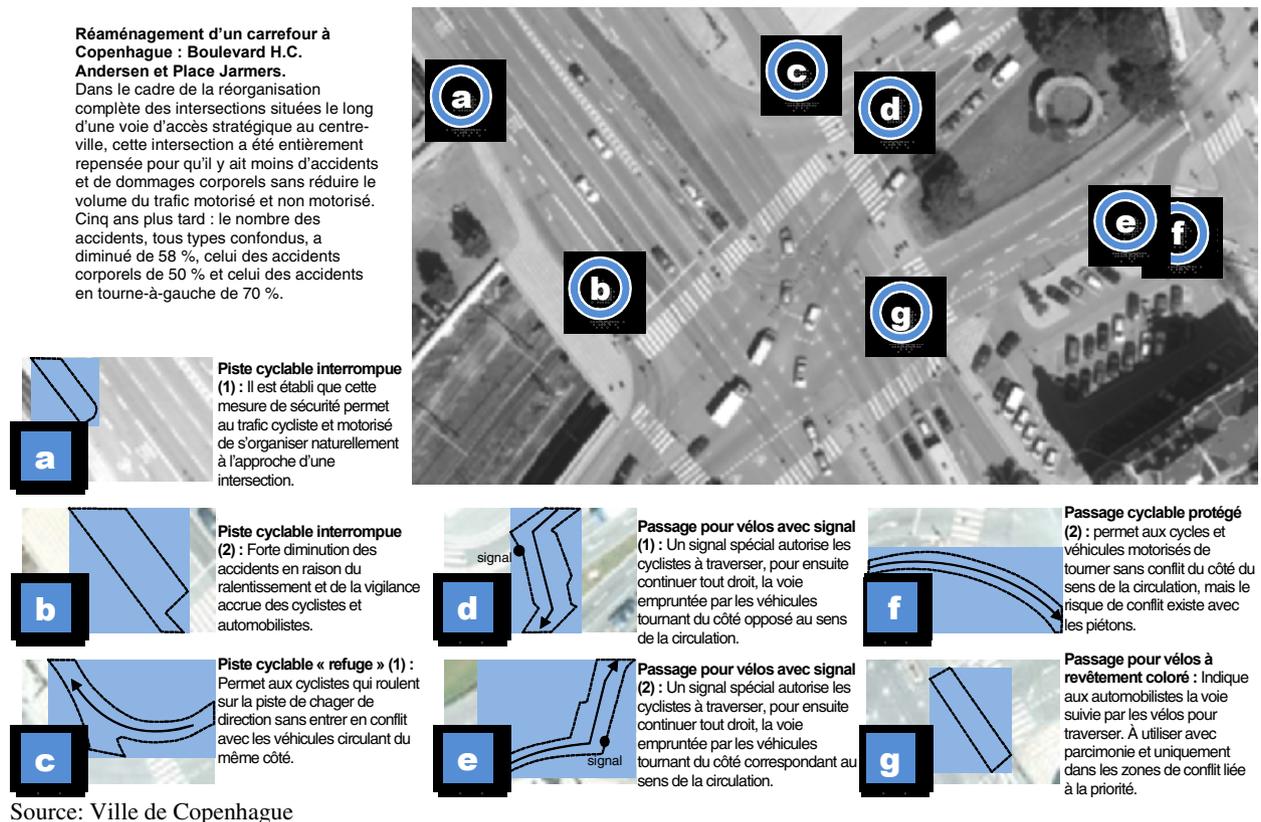
Après avoir équipé depuis 2010 certains véhicules d'un système de détection du risque de collision avec des piétons couplé à un système-réponse, un constructeur (Volvo) a présenté une technologie permettant de détecter la présence de cyclistes, d'envoyer une alerte et d'enclencher une réaction, qu'il proposera en option sur certains de ses véhicules à partir de 2013. Grâce à un radar, le système peut détecter la présence soudaine de cyclistes sur la trajectoire du véhicule, alerter le conducteur et déclencher un freinage d'urgence. Comme l'airbag cycliste, les systèmes de détection-réponse de risques de collision avec des cyclistes sont une avancée très prometteuse. On ne peut savoir, à ce stade, quelle sera l'incidence du déploiement à grande échelle de ce type de systèmes sur la sécurité puisqu'il se peut que les conducteurs ne se comportent pas de la même façon en présence de cette technologie (voir la section 5.2.2).

5.6 Diagnostic et mise en œuvre des mesures de sécurité

Les pays et les villes qui ont su renforcer la sécurité des cyclistes y sont parvenus en coordonnant les politiques et mesures du point de vue tactique (ciblage des interventions de sécurité) et stratégique (approche pour un système sûr). Pour être couronnés de succès, de tels efforts doivent être coordonnés s'inscrire dans un cadre réglementaire approprié. Sur le plan tactique, l'évaluation des objectifs d'amélioration de la sécurité doit reposer sur la surveillance des accidents et de la circulation afin que des

solutions efficaces puissent être conçues et mises en œuvre. Les interventions isolées améliorent rarement la sécurité de manière satisfaisante et, dans certains cas, l'absence de coordination peut empirer la situation. La figure 5.43 illustre la manière dont la réorganisation complète des principaux éléments de la configuration du trafic peut contribuer à améliorer la sécurité. Dans le cas pris en exemple, plusieurs intersections situées le long d'une grande artère conduisant au centre-ville de Copenhague ont été entièrement réaménagées. Une seule de ces intersections est reproduite ici, mais des résultats du même ordre ont été obtenus ailleurs dans le cadre du projet, avec notamment la diminution du nombre total des accidents (entre 39 % et 64%), des accidents corporels (entre 39 % et 78%) et des accidents survenant lors d'un changement de direction qui impose de couper la file inverse.

Figure 5.43 Comment la réorganisation complète d'une intersection peut renforcer la sécurité (Copenhague)



Renforcer la sécurité des cyclistes impose de s'appuyer sur les interventions dont l'efficacité est établie et de les adapter aux conditions locales. Le tableau récapitulatif ci-dessous s'appuie sur les conclusions détaillées dans ce rapport ; il est présenté à titre indicatif en vue d'orienter la recherche de solutions infrastructurelles aux problèmes de sécurité cycliste couramment rencontrés. Il s'agit non pas de consignes impératives (d'autant plus que leur application exhaustive créerait des situations de conflit dans la circulation), mais de conseils dont l'objet est d'aider à cerner les solutions éventuelles aux problèmes particuliers, et le plus souvent liés aux conditions locales, de la sécurité des cyclistes.

Types d'Accident	Hypothèses	Solutions envisageables
En sections courantes		
Un cycliste est percuté par l'arrière.	Vitesse excessive.	Modérer la vitesse de circulation. Réduire la largeur des voies à l'aide de lignes de rive.
	Chaussée étroite, densité du trafic.	Aménager des bandes cyclables/ cheminements piétons-cycles. Éclairer la chaussée.
	Obscurité, humidité.	Interdire le stationnement/l'arrêt.
	Stationnement sur le côté de la chaussée.	
Un cycliste percute une voiture en stationnement.	Chaussée étroite.	Poser un marquage au sol (file de stationnement). Interdire le stationnement
Un cycliste percute un piéton.	Concentration d'accidents.	Aménager un refuge/accotement. Surélever le passage pour piétons.
	Rue large, dispersion des accidents.	Aménager un îlot central.
Aux entrées cochères		
Un cycliste est percuté sur la piste cyclable par une voiture sortant d'une propriété privée.	Distance de visibilité insuffisante à l'arrêt.	Condamner l'entrée cochère. Améliorer la distance de visibilité.
	Manque de vigilance des protagonistes en raison de la densité et de la rapidité du trafic.	Condamner l'entrée cochère. Modérer la vitesse, réduire le nombre de voies.
	Le cycliste circulait dans la mauvaise direction.	Améliorer la distance de visibilité dans les deux directions.
Un cycliste circulant sur la piste cyclable est percuté par une voiture/un camion en train d'effectuer un changement de direction du côté correspondant au sens de la circulation.	Pas de visibilité dans les rétroviseurs.	Interdire de tourner du côté correspondant au sens de la circulation. Interdire l'arrêt. Enlever les arbres et autres obstacles de l'accotement. Supprimer l'accotement ou réduire sa largeur. Condamner l'entrée cochère.
Aux intersections (conflits de priorité)		
Alors qu'il traverse la voie opposée pour changer de direction, un véhicule percute un cycliste circulant sur la piste cyclable.	Distance de visibilité ; présence de voitures en stationnement le long de la piste cyclable.	Améliorer la distance de visibilité le long de la piste cyclable. Interdire de changer de direction du côté opposé au sens de la circulation. Interdire l'arrêt.
	Signalisation insuffisante.	Poser des panneaux cyclistes. Modérer la vitesse.
Aux carrefours giratoires		
Un cycliste est percuté par un véhicule engagé dans le carrefour giratoire.	Vitesse excessive.	Réduire la largeur des voies.
	Problème de distance de visibilité/Visibilité bloquée par des panneaux ou d'autres obstacles.	Améliorer la distance de visibilité. Déplacer les panneaux et obstacles.
	Manque de vigilance à l'égard des cyclistes.	Poser des marquages cyclistes sur la chaussée. Modifier la conception du carrefour giratoire et/ou le régime de priorité.

Un cycliste est percuté par un véhicule sortant du carrefour giratoire.	Vitesse excessive. Problème de distance de visibilité/Visibilité bloquée par des panneaux ou d'autres obstacles.	Réduire le rayon du carrefour giratoire. Améliorer la distance de visibilité en supprimant l'accotement. Déplacer les panneaux et obstacles. Poser des marquages cyclistes sur la chaussée.
Aux carrefours à feux		
Une voiture percute un cycliste en changeant de direction.	Manque de vigilance à l'égard des cyclistes.	Poser des marques cyclistes dans la traversée de l'intersection. Éviter d'autoriser les voitures à tourner du côté correspondant au sens de la circulation avant que le feu passe au vert.
Collision à angle droit à l'extrémité d'un grand carrefour.	Temps de passage insuffisant pour les cyclistes lents.	Allonger la durée pendant laquelle le feu est à l'orange.
Un cycliste coupe la route aux véhicules pour changer de direction.	Absence d'une zone ou de signal permettant aux cyclistes d'attendre pour passer.	Mettre en place une zone d'attente. Séparer la signalisation pour les cyclistes.
Un cycliste passe au feu rouge.	Long temps d'attente.	Modifier la programmation des feux.
Une voiture/un camion percute un cycliste en changeant de direction du côté correspondant au sens de la circulation.	Manque de visibilité dans les rétroviseurs. Bonne visibilité mais signalisation insuffisante.	Reculer la ligne d'arrêt pour les voitures. Supprimer l'accotement. Interrompre la piste cyclable. Mettre en place une réglementation distincte. Interrompre la piste cyclable. Permettre aux cyclistes de repartir avant que le feu passe au vert pour les voitures. Éviter d'autoriser les voitures à tourner du côté correspondant au sens de la circulation avant que le feu passe au vert.

Messages clés

- L'évaluation de l'efficacité des mesures de sécurité dépendra en partie des conditions de départ locales ou nationales, notamment de la culture et des traditions, de la législation et de l'infrastructure en place, mais il existe certains points de convergence que l'on ne saurait ignorer quant aux stratégies d'amélioration de la sécurité. Ces différents facteurs ne doivent pas être considérés comme des obstacles à l'application de mesures de sécurité qui ont fait leurs preuves.
- Les effets des différentes mesures sur la sécurité ne s'additionnent pas nécessairement – l'incidence globale sur la sécurité de multiples mesures déployées sur un site sera largement fonction des interactions propres à chaque site. Le choix et la mise en œuvre des mesures destinées à assurer la sécurité cycliste doivent s'appuyer sur un diagnostic in situ et tenir compte des problèmes de sécurité à traiter. Les audits de sécurité à vélo peuvent être utiles à cet égard.
- L'impact global d'un vaste réseau d'aménagements cyclables en site propre peut démentir les résultats affichés en matière de sécurité par ses différentes composantes. L'étude de l'incidence de chaque mesure en termes de sécurité n'apporte pas d'explication concluante, mais de nombreux pays ont constaté dans la pratique que le fait d'adopter, de manière coordonnée et ciblée, un grand nombre de mesures en faveur de la sécurité des cyclistes à l'échelle du réseau, en complément d'un appui durable des pouvoirs publics et de la formation de tous les usagers de la circulation, permettait d'atteindre un niveau élevé de sécurité cycliste.
- Les autorités doivent reconnaître que la population cycliste n'est pas homogène et que le profil des cyclistes et leur perception de la sécurité sont très disparates. Les problèmes de perception devront être étudiés au même titre que les mesures physiques d'amélioration de la sécurité, si l'on veut vraiment parvenir à préserver et accroître les niveaux de sécurité à vélo.
- Les mesures de sécurité applicables à l'usage du vélo se divisent grosso modo en deux catégories selon leur finalité : réduire les conséquences négatives des accidents (par la conception des véhicules et le port du casque) ou éviter les accidents. Ces mesures ne sont pas incompatibles, mais la bonne exécution de celles qui relèvent de la deuxième catégorie est certainement une condition préalable indispensable au développement de l'usage du vélo.
- Compte tenu de la gravité des collisions poids lourds-cyclistes aux bifurcations, il conviendra d'éliminer les points morts latéraux et frontaux des poids lourds, par exemple, en installant des miroirs ou en avançant la ligne d'effet des feux pour les cyclistes. Les dispositifs externes de détection et d'alerte pourraient aussi avoir leur utilité mais leur incidence sur la sécurité n'a pas été étudiée.
- Les casques offrent une protection efficace contre les chocs graves ou mortels à la tête en cas d'accident mais ils peuvent être à l'origine de dommages (généralement moins graves) au cou et à la face. D'un autre côté, le port du casque peut générer des comportements plus risqués chez les cyclistes (et les automobilistes) et partant, faire augmenter l'incidence des accidents. De plus, et c'est un point capital, l'obligation du port du casque peut faire baisser le nombre de cyclistes et risque d'éroder les effets positifs sur la santé de la pratique du vélo, qui bénéficient à l'ensemble de la société.
- Pour que les traitements visant à renforcer la sécurité d'une infrastructure soient efficaces, il importe de veiller à ce qu'elle soit exploitée conformément à l'usage auquel elle est destinée. À cette fin, l'infrastructure cyclable doit être maintenue à un niveau de qualité tel que son état ne provoque aucun accident. De même, il faut veiller au respect des règles et règlements relatifs à l'empiètement des véhicules motorisés sur les aménagements cyclables et régissant les interactions cycles-véhicules motorisés.

- La gestion de la vitesse est un outil efficace qu'il convient d'utiliser pour prévenir les accidents entre vélos et véhicules motorisés, ou au moins en réduire la gravité. Quand la situation s'y prête (par exemple, là où les autorités souhaitent accroître la densité des vélos, dans les secteurs à fort trafic cycliste et dans les réseaux routiers de desserte urbaine), il convient de limiter la vitesse à 30 km/h et à un niveau plus bas encore sur les voies de circulation partagées par les vélos et les véhicules motorisés.
- Dans les zones de contrôle de la vitesse ou de circulation apaisée, les dispositifs de contrôle de la vitesse (ralentisseurs, bornes de délimitation, signalisation, etc.) devraient être soigneusement conçus au regard du danger potentiel qu'ils représentent pour les cyclistes.
- Lorsqu'il n'est pas possible de ralentir le trafic ou que sa densité le justifie, les autorités devraient s'attacher à séparer les trafics cycliste et motorisé chaque fois que cela est réalisable.
- Les pistes cyclables éloignées de la chaussée sont une solution pleine d'attraits en ce que les accidents y sont généralement moins nombreux et moins graves en section courante. En revanche, la sécurité est souvent compromise aux intersections, où le nombre des collisions peut augmenter si aucune mesure corrective n'est appliquée. Ces mesures correctives doivent permettre d'éliminer les conflits et de réduire les différences de vitesse entre véhicules motorisés et non motorisés.
- Là où la piste cyclable rejoint la chaussée, une mauvaise distance de visibilité, la non-perception des cyclistes par les automobilistes et leur difficulté réciproque à anticiper leurs comportements exacerbent le risque d'accident. Concevoir les intersections de manière à supprimer les masques à la visibilité, signaler clairement la présence éventuelle de cyclistes (par exemple, par un marquage au sol aux intersections), délimiter physiquement l'espace réservé aux vélos (par exemple, en maintenant la piste cyclable à mi-hauteur en traversée des voies secondaires), séparer les cyclistes du reste du trafic et leur donner la priorité aux intersections (par une ligne d'arrêt avancée ou des sas cyclables) ou inciter à anticiper le comportement d'autrui (par exemple, en interrompant la piste cyclable) sont autant de mesures qui permettent de réduire le risque d'accident.
- Les carrefours giratoires et les routes de campagne (à grande vitesse) sont extrêmement accidentogènes pour les cyclistes et devront recevoir une attention particulière des autorités.

Notes

- 1 On trouvera un examen de ces travaux dans (Noland 2012).
- 2 Voir (Garrard, Rose et Sing 2008), (Lawson, et al. 2012) et (Møller et Hels 2008) pour un examen de la perception par les cyclistes des risques associés à différents aménagements, environnements routiers en considérant différents groupes.
- 3 Et incidemment, font augmenter le risque de blessure au cou lorsque le cycliste porte un casque rigide et à la face, lorsqu'il porte un casque souple.
- 4 Ces études semblent, cependant, réfuter l'idée que les aménagements cyclables « à l'européenne » feraient nécessairement reculer la sécurité dans le contexte de l'Amérique du Nord.
- 5 Voir par exemple www.bicyclinginfo.org

Références

Andersen, T., M. Nielsen, et S. Olesen. « Cyklister i kryds (Cyclists in Intersections) », Dansk Vejtidsskrift , n° 10 (2004).

Andersen, Troels, Frits Bredal, Marianne Weinrich, Niels Jensen, Morten Riisgaard-Dam, et Malene Kofod Nielsen, « Collection of Cycle Concepts 2012 », Copenhagen, Cycling Embassy of Denmark, 2012.

Attewell, R.G., K. Glase, et M. McFadden, « Bicyclehelmet efficacy: a meta-analysis », Accident Analysis & Prevention 33, n° 3 (2001): 345-352.

Bach, O., et E. Jørgensen, « Signaler og ulykker – effekt af ombygninger (Signals and Accidents – effects of measures) », Copenhagen, Vejdirektoratet (Direction routière), 1986.

Bambach, M.R., R.J. Mitchell, R.H. Grzebieta, et J. Olivier, « The effectiveness of helmets in bicycle collisions with motor vehicles: A case-control study », Accident Analysis and Prevention, 2013: 78-88.

CROW, « Handboek Wegontwerp (Handbook Road Design) », 2002.

Daniels, S., S. Brijs, T. Nuyts, et G. Wets, « Roundabouts and safety for bicyclists: empirical results and influence of different cycle facilities design », Document présenté à la TRB National Roundabout Conference. Kansas City, MO, 2008.

De Brabander, B., B. Nuyts, et L. Vereeck, « Road safety effects of roundabouts in Flanders », Journal of Safety Research 36, n° 3 (2005): 289–296.

- de Jongh, Piet, « The health impact of mandatory bicycle helmet laws », *Risk Analysis* 2012, 2012.
- Delmonte, E., et al., « Construction Logistics and Cyclist Safety », *Transportation Research Laboratory*, janvier 2013.
- Dill, Jennifer, Christopher M. Monsere, et Nathan McNeil, « Evaluation of bike boxes at signalized intersections », *Accident Analysis and Prevention* 44, n° 1 (2012): 126-134.
- District of Columbia Department of Transportation, « Bicycle Facility Evaluation », Washington, DC: District of Columbia Department of Transportation, avril 2012.
- Elvik, R., « Publication bias and time-trend bias in meta-analysis of bicyclehelmet efficacy: A re-analysis of Attewell, Glase and McFadden, 2001 », *Accident Analysis & Prevention* 43, n° 3 (2011): 1245–1251.
- Elvik, R., A. Høye, T. Vaa, et M. Sørensen, « The Handbook of Road Safety Measures », Bingley, Emerald Group Publishing, Ltd., 2009.
- Fyhri, Aslak, et Ross O. Phillips, « Emotional reactions to cycle helmet use », *50* (2013): 59-63.
- Fyhri, Aslak, Torkel Bjørnskau, et Agathe Backer-Grøndahl, « Bicycle helmets: A case of risk compensation? », *Transport Research Part F*, 2012: 612-624.
- Helman, S., H. Ward, N. Christie, et F. McKenna, « Using behavioural measures to evaluate road safety schemes: Detailed guidance for practitioners », Wokingham, Transport Research Laboratory, mars 2011.
- Hels, T., et M. Møller, « Cyklistsikkerhed i rundkørsler (Bicycle Safety in Roundabouts) », Lyngby, Danmarks TransportForskning, 2007.
- HVU, « Krydsulykker mellem cykler og biler (Accidents entre cyclistes et véhicules motorisés aux intersections) », Copenhague, Havarikommissionen for Vejtrafikulykker (Office danois chargé des enquêtes sur les accidents de la route), 2008.
- « Effekter af overkørsler og blå cykelfelter (Incidences des sorties de chantier et les bandes bleues pour traversée cycliste) », Lyngby, Trafitec, 2006.
- « Smalle cykelbaner ved lyskryds (Étroitesse des bandes cyclables aux intersections signalisées) », Lyngby, Trafitec, 2010.
- « Ulykker mellem højresvingende lastbiler og ligeudkørende cyklister (Accidents entre camions tournant à droite et bicyclettes allant tout droit) », Copenhague, Havarikommissionen for Vejtrafikulykker (Office danois chargé des enquêtes sur les accidents de la route), 2006.
- Jensen, S.U., « Effekter af cykelstier og cykelbaner (Incidences des pistes et bandes cyclables) », Lyngby: Trafitec, 2006.
- Jensen, S.U., « Erstatning af stibomme (Remplacement des barrières pour vélos) », *Dansk Vejtidskrift*, n° 11 (2003).

Jensen, S.U., « Trafiksnering – en sikker løsning (Apaisement de la circulation, une solution sûre) », Dansk Vejtidskrift, n° 10 (2007).

Jensen, S.U., et al. « Idékatalog for cykeltrafik (Inventaire de concepts cyclistes) », Copenhague, Vejdirektoratet (Direction des routes), 2000.

Jensen, S.U., P. Andersson, et L. Herrstedt. « Håndbog, Trafiksikkerhed, Effekter afVejtekniske Virkemidler », Copenhague, Vejdirektoratet (Direction des routes), 2010.

Knight, I, A study of the implementation of Directive 2007/38/EC on the retrofitting of blind spot mirrors to HGVs. Transport Research Laboratory, 2011.

Ligtermoet, Dirk, « Bicycle policies of the European principals: continuous and integral », Utrecht: Fietsberaad (Expertise Centre for Cycling Policy), 2009.

Lusk, Anne C., Peter G. Furth, Patrick Morency, Luis F. Miranda-Moreno, Walter C. Willett, et Jack T. Dennerlein, « Risk of injury for bicycling on cycle tracks versus in the street », Injury Prevention, 2011.

Madsen, Jens Christian Overgaard, « Kørelys på Cykel (Daytime Running Lights on Bicycles) », Aalborg: Aalborg University, 2006.

Mairie de Paris, « Les double-sens cyclables à Paris : Bilan à un an - Octobre 2011 », Mairie de Paris, Paris, 2012.

Minikel, Eric, « Cyclist safety on bicycle boulevards and parallel arterial routes in Berkeley », Accident Analysis and Prevention 45 (2012): 241–247.

Nabors, Dan, Elissa Goughnour, Libby Thomas, William DeSantis, Michael Sawyer, and Kevin Moriarty, « Bicycle Road Safety Audit Guidelines and Prompt Lists », Washington DC, US Federal Highway Administration, mai 2012.

Noland, Robert B, « From theory to practice in road safety policy: Understanding risk versus mobility », Research in Transportation Economics in press (2012).

Parkin, John, et Ciaran Meyers, « The effect of cycle lanes on the proximity between motor traffic and cycle traffic », Accident Analysis and Prevention, 2010: 159-165.

Phillips, R.O., A. Fyrhi, et F. Sagberg, « Risk compensation and bicycle helmets », Risk Analysis31, n° 8.

Pucher, John, et Ralph Buehler, « Making cycling irresistible: lessons from the Netherlands, Denmark, and Germany », Transport Reviews 28, n° 4 (2008): 495–528.

Pucher, John, Jennifer Dill, et Susan Handy, « Infrastructure, programs and policies to increase bicycling: An international review », Preventative Medicine 50, n° Supplement (2010): S106–S125.

Pucher, John, Ralph Buehler, et Mark Seinen, « Bicycling renaissance in North America? An update and re-appraisal of cycling trends and policies », Transportation Research Part A: Policy and Practice 45, n° 6 (2011): 451–475.

Reid, Stuart, et Simon Adams, « Infrastructure and Cyclist Safety », Transport Research Laboratory, décembre 2010.

Reynolds, Conor C. O., M. Anne Harris, Kay Teschke, Peter A. Cripton, et Meghan Winters, « The impact of transportation infrastructure on bicycling injuries and crashes: A review of the literature », *Environmental Health* 8, n° 47 (2009).

Robinson, D.L., « Bicycle helmet legislation: Can we reach a consensus? », *Accident Analysis and Prevention*, 2007: 86-93.

Rosbach, O., « Kantlinjer forbedrer både bilisters og cyklisters sikkerhed (Edge lines improve safety for both cars and bicycles) », *Dansk Vejtidskrift*, 1984.

Rosen, E., H. Stigson, et U. Sander, « Literature review of pedestrian fatality risk as a function of car impact speed », *Accident Analysis and Prevention* 43, n° 1 (2011).

Schepers, P., et K. Klein Wolt, « Single-bicycle crash types and characteristics », *Cycling Research International*, 2012.

Sørensen, M., « Centralt opmærket cykelbane (Centrally marked Bicycle lane) », *Trafik og Veje / Dansk Vejtidskrift*, n° 01 (2011).

SWOV, « Blind spot crashes », Leidschendam, SWOV, 2009.

Teft, Brian C., « Impact Speed and a Pedestrian's Risk of Severe Injury or Death », édité par AAA Foundation for Traffic Safety, Washington DC, 2011.

Teschke, Kay, « Impact of transportation infrastructure on risk of injuries while cycling: Results of the Bicyclists' Injuries and the Cycling Environment », Vancouver, 2012.

Teshke, Kay, et al., « Route infrastructure and the risk of injuries to bicyclists: A case-crossover study », *American Journal of Public Health* 102, n° 12 (2012).

Turner, Shane, Rohit Singh, Tracy Allatt, et Gary Nates, « Effectiveness and Selection of Treatments for Cyclists at Signalised Intersections », *Austrroads Research Report*, édité par Tim Hughes, Sydney, Austrroads Ltd., mai 2011.

Walker, Ian, « Drivers overtaking bicyclists: Objective data on the effects of riding position, helmet use and apparent gender », *Accident Analysis and Prevention*, 2007: 417-425.

Wood, K., I. Summersgill, L.F. Crinson, et J.A. Castle, « Effect of side raised entry treatments on road safety in London », Wokingham: Transport Research Laboratory, octobre 2006.

