

LES CYCLES DANS LES TUNNELS ROUTIERS

Retours d'expérience



AVERTISSEMENT

Les documents d'information ont pour but d'aborder des problématiques ou des techniques nouvelles ou d'apporter des éléments complémentaires à la doctrine. Suivant les cas, ces documents peuvent permettre de faire un point sur les règles de l'art, de proposer des repères susceptibles d'aider le lecteur dans son activité, ou de contribuer à la doctrine relative au sujet traité. Bien que le maximum soit fait pour s'assurer de la fiabilité des informations données et des sources utilisées, la responsabilité du CETU ou des auteurs de ces documents ne saurait être engagée.

LES CYCLES DANS LES TUNNELS ROUTIERS

Retours d'expérience

décembre 2025

Centre d'Études des Tunnels

25, avenue François Mitterrand

69500 BRON – France

Tél. 33 (0)1 40 81 30 30

cetu@developpement-durable.gouv.fr

www.cetu.developpement-durable.gouv.fr

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION	7
2 RETOUR D'EXPÉRIENCE POUR LES TUNNELS SITUÉS EN RASE CAMPAGNE	8
2.1 Tunnel des Grands Goulets – Département de la Drôme	8
2.1.1 Présentation	8
2.1.2 Description de l'ouvrage	9
2.1.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles	9
2.1.4 Retour d'expérience	10
2.1.5 Analyse et observations	10
2.2 Tunnel des Écouges – Département de l'Isère	11
2.2.1 Présentation	11
2.2.2 Description de l'ouvrage	12
2.2.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles	12
2.2.4 Retour d'expérience	13
2.2.5 Analyse et observations	14
2.3 Tunnel de la rampe des Commères – Département de l'Isère	15
2.3.1 Présentation	15
2.3.2 Description de l'ouvrage	15
2.3.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles	16
2.3.4 Retour d'expérience	17
2.3.5 Analyse et observations	17
2.4 Tunnel de Saint-Pancrasse – Département de l'Isère	18
2.4.1 Présentation	18
2.4.2 Description de l'ouvrage	19
2.4.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles	19
2.4.4 Retour d'expérience	20
2.4.5 Analyse et observations	20
2.5 Tunnel du Villaret-du-Nial – Département de la Savoie	21
2.5.1 Présentation	21
2.5.2 Description de l'ouvrage	21
2.5.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles	22
2.5.4 Retour d'expérience	24
2.5.5 Analyse et observations	25
2.6 Tunnels de Bioge et du pont de l'Église – Département de la Haute-Savoie	26
2.6.1 Présentation	26
2.6.2 Description de l'ouvrage	27
2.6.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles	27
2.6.4 Retour d'expérience	29
2.6.5 Analyse et observations	30
3 RETOUR D'EXPÉRIENCE POUR LES TUNNELS URBAINS	31
3.1 Tunnel Jenner – Ville du Havre	31
3.1.1 Présentation	31
3.1.2 Description de l'ouvrage	31
3.1.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles	32
3.1.4 Retour d'expérience	33
3.1.5 Analyse et observations	33

3.2 Tunnel de Cap Estel – Métropole de Nice	34
3.2.1 Présentation	34
3.2.2 Description de l'ouvrage	34
3.2.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles	34
3.2.4 Retour d'expérience	35
3.2.5 Analyse et observations	35
3.3 Tunnel de Kérino – Ville de Vannes	36
3.3.1 Présentation	36
3.3.2 Description de l'ouvrage	36
3.3.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles	37
3.3.4 Retour d'expérience	38
3.3.5 Analyse et observations	38
4 RETOUR D'EXPÉRIENCE POUR LES GALERIES DE SÉCURITÉ AUTORISÉES AU PASSAGE DES CYCLES ET DES PIÉTONS	39
4.1 Tube modes doux du tunnel de la Croix-Rousse – Lyon (Rhône)	39
4.1.1 Présentation	39
4.1.2 Description de l'ouvrage	39
4.1.3 Retour d'expérience	41
4.2 Galerie de sécurité du tunnel du Chat – Département de la Savoie	42
4.2.1 Présentation	42
4.2.2 Description de l'ouvrage	42
4.2.3 Retour d'expérience	43
4.3 Galerie de sécurité du tunnel du Siaix – DIR Centre-Est (Savoie)	45
4.3.1 Présentation	45
4.3.2 Description de l'ouvrage	45
4.3.3 Retour d'expérience	46
4.4 Analyse et observations pour les trois galeries de sécurité	46
5 CONCLUSION	47



INTRODUCTION

La marche et le vélo sont deux modes de transport actifs qui ne produisent pas d'émissions nocives et contribuent à la santé de leurs pratiquants.

En ville, les municipalités cherchent à favoriser ces deux modes de transport actifs et à réduire la part modale des déplacements personnels en véhicules motorisés. L'objectif est de rendre les villes plus attrayantes, avec moins d'embouteillages et une meilleure qualité de vie.

En rase campagne, les cyclistes empruntent des liaisons principalement situées sur des routes départementales ou communales, ou bien circulent sur des voies qui leur sont réservées. Ces déplacements se font essentiellement dans un cadre de loisir touristique ou sportif.

Les itinéraires empruntés par les cyclistes peuvent être amenés à rencontrer des tunnels. Il s'agit alors de permettre à ces usagers plus vulnérables de traverser en sécurité ces ouvrages singuliers, ou à défaut de leur interdire de les traverser.

Les maîtres d'ouvrages doivent ainsi étudier les différentes possibilités de transit et d'aménagement. Cette analyse est à mener en fonction des contraintes liées à la structure du tunnel,

la nature et le volume du trafic, et les vitesses pratiquées des véhicules. Elle doit également prendre en considération les logiques d'itinéraire. Lorsqu'un tunnel est autorisé aux cyclistes, il faut considérer que le tunnel n'est qu'un maillon d'un itinéraire cyclable. S'il est interdit, il est impératif de proposer aux cyclistes un itinéraire alternatif.

Ce document a pour objectif de présenter des aménagements cyclables mis en œuvre récemment dans des tunnels routiers situés en rase campagne, mais également en agglomération où le vélo se développe fortement sous l'impulsion de politiques cyclables volontaristes. Il présente également le cas de trois galeries de sécurité ouvertes au transit des cycles et des piétons.

Pour chaque cas, le document présente les aménagements spécifiques mis en œuvre, les trafics quand ils sont disponibles, ainsi qu'un retour d'expérience en termes d'utilisation et d'accidentologie. Enfin, chaque aménagement fait l'objet d'une analyse du CETU sur des critères spécifiques tels que le partage de la voirie et la gestion du différentiel de vitesse entre usagers cyclistes et véhicules motorisés. L'enjeu principal est de prévenir tout accident ou le cas échéant d'en limiter la gravité.

RETOUR D'EXPÉRIENCE POUR LES TUNNELS SITUÉS EN RASE CAMPAGNE

Ce chapitre a pour objectif de présenter des aménagements spécifiques pour les cycles mis en œuvre dans des tunnels situés sur le réseau routier départemental en dehors des agglomérations.

Quatre exploitants d'ouvrages ont été interrogés afin d'établir un retour d'expérience sur les aménagements spécifiques mis en place dans certains de leurs tunnels, qui représentent un échantillon total de huit tunnels.

2.1 TUNNEL DES GRANDS GOULETS – DÉPARTEMENT DE LA DRÔME

2.1.1 Présentation

Le tunnel des Grands Goulets se situe sur la RD518 entre Sainte-Eulalie-en-Royans et les Baraques-en-Vercors.

Il permet de sécuriser l'itinéraire de la route des Grands Goulets à l'approche des Baraques-en-Vercors, en se substituant à une partie de la route historique, creusée à flanc de falaise et soumise

à des risques importants de chutes de pierres et d'éboulement. Cette route historique est aujourd'hui définitivement fermée à la circulation publique.

Situé sur une voie touristique, ce tunnel supporte un trafic cycliste estival conséquent – jusqu'à 250 cycles les jours de pointe dans le sens montant selon les boucles de comptage magnétiques –, alors qu'il est quasiment nul en hiver.



Tête sud du tunnel des Grands Goulets (© CD26)

2.1.2 Description de l'ouvrage

Le tunnel est constitué d'un tube bidirectionnel à deux voies de circulation, d'une longueur de 1 710 m. Il a été mis en service en 2008.

La vitesse maximale autorisée dans le tunnel est de 70 km/h.

Le tunnel est autorisé aux piétons et aux cyclistes.

Au sens de l'instruction technique annexée à la circulaire du 25 août 2000 (IT 2000), le tunnel des Grands Goulets est classé dans la catégorie des ouvrages :

- non urbains à un tube bidirectionnel ;
- à trafic faible ;
- de gabarit supérieur à 3,50 m ;
- interdits aux véhicules transportant des marchandises dangereuses ainsi qu'aux poids lourds de plus de 19 tonnes.

Le tableau ci-après synthétise les principales caractéristiques de l'ouvrage :

Tunnel des Grands Goulets	
Longueur	1 710 m
Tracé en plan	• rayon de 1 100 m sur 650 m • alignement droit de 610 m • rayon de 500 m sur 450 m
Profil en long	• + 5,86 % sur 150 m (vers les Baraques-en-Vercors) • + 4,71 % sur 1 560 m
Profil en travers	Largeur roulable de 7 m décomposée en : • 2 voies de 3 m • une bande cyclable de 0,65 m dans le sens montant • une bande de rive de 0,20 m dans le sens descendant
Largeur de trottoirs	• 0,85 m au sud • 0,87 m au nord
Hauteur libre minimale	4,45 m
Gabarit autorisé	4,30 m
Équipements	Éclairage, 6 issues de secours, 18 niches de sécurité, ventilation longitudinale au moyen d'accélérateurs situés en voûte, plots de jalonnement, système de détection incendie

Le tableau ci-après synthétise les principales données de trafic de l'ouvrage :

Tunnel des Grands Goulets	
TMJA	1 177 véh/jour (comptage pneumatique de 2021 réalisé par le CD26)
Poids lourds	3,60 %
Cyclistes	Oui
	Comptage 2022 : Données issues de la boucle magnétique installée dans le sens montant uniquement : • moyenne journalière : 38 vélos/jour • pointe maximale : 246 vélos le dimanche 29 mai 2022

2.1.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles

Profil en travers et marquage

Le caractère touristique de la route des Grands Goulets fait que le tunnel est emprunté en période estivale par un nombre élevé de cyclistes.

Pour cette raison, une bande dédiée à la circulation des cycles est aménagée dans le sens montant. Cette bande revêt une couleur différente (beige) et est séparée de la voie de circulation dédiée aux véhicules motorisés par une ligne continue. La bande aménagée n'est pas pourvue de pictogrammes vélo.

Bien qu'il soit recommandé¹ pour les bandes cyclables à l'air libre une largeur minimale de 1,50 m hors marquage, celle aménagée dans le tunnel des Grands Goulets mesure seulement 0,65 m. Elle est donc étroite et présente pour les cyclistes le risque de donner un coup de pédale sur le trottoir.

Signalisation

Une signalisation permanente indique aux conducteurs des véhicules motorisés que des cycles et des piétons sont susceptibles d'être présents dans le tunnel.

En complément, un panneau dynamique à message fixe s'éclaire en tête de tunnel dès lors qu'un cycle est identifié par la boucle de détection magnétique, afin d'informer les conducteurs de véhicules routiers de la présence d'un cycliste.

Le tunnel dispose d'un dispositif d'arrêt du trafic et de sa signalisation associée, avec à chaque tête, des feux d'arrêt R24 associés à des demi-barrières automatiques et des Panneaux à message fixe (PMF) avec feux-flash.

Système de détection

Un système de détection des cyclistes est installé en entrée de tunnel uniquement dans le sens montant. La détection se fait au moyen de boucles magnétiques installées dans la chaussée. Deux boucles sont utilisées afin de sécuriser la détection et limiter les fausses détections. Ce système permet également d'incrémenter un compteur de trafic des cycles dans le tunnel. La signalisation est active avec une temporisation de 15 minutes dès lors qu'un cycle est détecté par la boucle. Si un autre vélo est détecté dans les 15 minutes, la temporisation est réinitialisée et le panneau dynamique reste allumé pour 15 minutes supplémentaires.

Éclairage

Aucune disposition particulière d'éclairage n'est prévue pour les cycles.

1. Fiche pratique n°2 du Cerema sur les aménagements en faveur du vélo : *Les bandes cyclables*.

2.1.4 Retour d'expérience

La détection par boucle magnétique ne permet pas de détecter les vélos en carbone, alors que ces vélos constituent l'essentiel du parc utilisé par les usagers cyclo-sportifs. Afin d'optimiser le système de comptage, le conseil départemental de la Drôme envisage de remplacer le système actuel par une caméra couplée à un logiciel d'analyse d'image. Ce nouveau système permettra de prendre en compte tous les types d'usagers.

Les enquêtes auprès des usagers réalisées par le CD26 montrent que les cyclistes sont satisfaits du système de détection et de signalisation spécifique mis en œuvre. Cependant, selon l'exploitant, il influe peu sur le comportement des conducteurs de véhicules. En particulier, il n'est pas constaté de réduction de vitesse des véhicules motorisés en présence de cyclistes.

Dans le sens descendant, l'exploitant a constaté que même si le différentiel de vitesse entre cyclistes et véhicules motorisés est moindre que dans le sens montant, il demeure significatif, contrairement aux prévisions.

2.1.5 Analyse et observations

Dans le sens montant, le différentiel de vitesse entre cycles et véhicules motorisés est particulièrement important. Il est donc utile d'avertir les conducteurs des véhicules motorisés de la présence de cyclistes dans le tunnel et circulant dans le même sens.

A contrario de la signalisation permanente, la signalisation dynamique donne une information en temps réel. Aussi, la détection doit être particulièrement fiable de manière :

- à donner au conducteur du véhicule motorisé une bonne information (la présence de cycliste doit être effective) ;
- à assurer au cycliste qu'il a bien été détecté et que l'information de sa présence est bien donnée.

L'usage de boucles magnétiques pour la détection et le comptage des cycles n'est pas recommandé en rase campagne, car il ne permet pas de détecter ou comptabiliser de façon fiable l'ensemble des vélos en carbone, qui constituent la part importante des vélos circulant sur ces itinéraires.

La bande cyclable dans le sens montant est relativement étroite, il pourrait être intéressant de mener une évaluation sur cet aménagement afin de prouver ou pas son utilisation effective par les cyclistes. Aucun pictogramme vélo n'a été peint et il n'y a pas non plus de signalisation verticale (panneau C113 indiquant une bande ou une piste cyclable conseillée et réservée aux cyclistes) associée à cette bande cyclable. Il serait utile d'évaluer si une largeur de voie de 3,65 m dans le sens montant sans bande cyclable mais avec des pictogrammes vélo ne serait pas plus adaptée.

Enfin, au regard du trafic cycliste, une limitation fixe de la vitesse à 50 km/h dans le tunnel (contre 70 km/h actuellement) pourrait être envisagée. Cette limitation réduirait, de plus, le différentiel de vitesses entre cycles et voitures, observé également à la descente.



Boucle magnétique et bande cyclable (© CD26)



Entrée de cyclistes en tête nord (© CETU)



Panneau présence cycliste éteint (© CETU)



Panneau présence cycliste allumé après détection (© CETU)

2.2 TUNNEL DES ÉCOUGES – DÉPARTEMENT DE L'ISÈRE

2.2.1 Présentation

Le tunnel des Écouges, situé sur la RD35, permet la desserte de la commune de Rencurel et offre un accès au Vercors ainsi qu'à la station de ski du Col de Romeyer.

Situé sur une route de montagne étroite, sinueuse et soumise à des chutes de pierres, ce tunnel supporte un trafic cycliste estival de l'ordre de 50 vélos par jour.

Depuis 2020, l'ouvrage a fait l'objet d'un programme de sécurisation de sa structure et d'un raccordement au réseau électrique afin d'y installer plusieurs équipements de sécurité, dont en particulier un éclairage sur détection afin de sécuriser le passage des cycles.



Les deux têtes de tunnel des Écouges avant aménagement (© CD38)

2.2.2 Description de l'ouvrage

Le tunnel est constitué d'un tube bidirectionnel à deux voies de circulation, d'une longueur de 491 mètres. Il a été mis en service en 1969.

La vitesse maximale autorisée dans le tunnel est de 50 km/h.

Le tunnel est autorisé aux piétons et aux cyclistes.

Au sens de l'IT 2000, le tunnel des Écouges est classé dans la catégorie des ouvrages :

- non urbains à un tube bidirectionnel de moins de 500 m ;
- à trafic faible ;
- de gabarit supérieur à 3,50 m ;
- interdits aux véhicules transportant des marchandises dangereuses ;
- avec un niveau de surveillance D2.

Le tableau ci-après synthétise les principales caractéristiques de l'ouvrage :

Tunnel des Écouges	
Longueur	491 m
Tracé en plan	Courbes (rayons variant de 200 à 800 mètres) et alignements droits
Profil en long	9,70 % de Saint Gervais vers Rencurel
Profil en travers	Largeur roulable de 3,5 m avec 2 zones de croisement (surlargeur de 3 m)
Largeur de trottoirs	Pas de trottoirs
Gabarit autorisé	2,60 m
Équipements	Éclairage non permanent doté d'un système de détection, 1 poste d'appel d'urgence + extincteurs à chaque tête, feu R24 à chaque tête

Le tableau ci-après synthétise les principales données de trafic de l'ouvrage :

Tunnel des Écouges	
TMJA	265 véh/jour avec une variation saisonnière importante
Poids lourds	Non autorisé (gabarit de 2,60 m)
Cyclistes	Oui
	Comptage : 50 vélos par jour en période estivale (comptage en Juin 2018) ²

2.2.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles

Profil en travers et marquage

La largeur roulable est de 3,5 m avec deux zones de croisement à l'intérieur du tunnel (surlargeur de 3 m). Il n'y a pas de marquage spécifique pour les cycles.

Signalisation verticale

Il n'y a pas de signalisation permanente qui indique aux conducteurs des véhicules motorisés que des cycles et des piétons peuvent être présents dans le tunnel.

Des panneaux à messages variables permettant d'afficher un pictogramme vélo et un message de prudence si des cycles ou des usagers en sens inverse sont détectés.

Système de détection

La détection des usagers et leur nature (cycliste ou véhicule léger) est opérée par caméra thermique. Le tunnel est éclairé uniquement lorsqu'un usager est détecté.

Des capteurs de présence Infra-Rouge (IR) à l'intérieur du tunnel permettent de sécuriser et redondant le système de détection.



Message d'alerte de présence cycliste dans le tunnel des Écouges (tête nord) (© CETU)

2. Les comptages à l'aide des caméras thermiques récemment installées indiquent une moyenne de 150 vélos par jour pour les deux sens confondus mais les caméras ne différencient pas piétons, vélos et motos.

Éclairage

Un éclairage sur détection a été installé à l'occasion du programme de sécurisation.

Trois régimes d'éclairage fournissent des puissances d'éclairage différentes sur détection en journée de cycliste (150 lux) ou de véhicule léger (50 lux), ou la nuit (30 lux).

L'alimentation d'un luminaire sur trois est secourue par une alimentation par batterie-onduleur. Les câbles sont résistants au feu.

La détection par une caméra thermique d'un véhicule ou d'un cycle entrant dans le tunnel lance l'éclairage pour une durée de :

- 400 secondes pour un cycle en sens montant ;
- 90 secondes pour un cycle en sens descendant ;
- 90 secondes pour un véhicule léger en sens montant ;
- 60 secondes pour un véhicule léger en sens descendant.

La détection par l'un des quatre capteurs IR relance la temporisation pour 120 secondes.

Les caméras thermiques peuvent détecter les sorties d'un véhicule ou d'un cycle du tunnel, mais ne sont pas utilisées pour éteindre l'éclairage car cela risquerait d'éteindre le tunnel avec encore la présence d'un usager à l'intérieur.

Le tunnel ne dispose pas d'éclairage de sécurité au sens de l'IT 2000 relative aux dispositions de sécurité dans les nouveaux tunnels routiers, notamment parce qu'il n'est pas allumé en permanence.

Toutefois, des équipements complémentaires permettent de garantir la fiabilité du système de détection et de l'éclairage dès lors qu'un usager est présent dans l'ouvrage :

- redondance des capteurs de détection ;
- redondance des automates ;
- alimentation secourue des équipements de sécurité par onduleur ;
- éclairage à 100 % en cas :
 - de perte de la commande de gradation des luminaires,
 - de perte d'un circuit d'éclairage normal (pilotage par la GTC),
 - de dysfonctionnement de la GTC.

2.2.4 Retour d'expérience

Selon le CD38, après une année de fonctionnement opérationnel, le retour des usagers cyclistes est très positif.

Le CD38 a opéré un suivi technique du système, dont en particulier l'analyse de la cohérence des mesures de détection entre les différents capteurs. Les capteurs Infrarouge apparaissent comme très fiables au niveau des taux de détection, les caméras thermiques un peu moins notamment parce que les usagers sont susceptibles de « divaguer » sur la chaussée et ainsi sortir du champ analysé par la caméra. Cela a permis de confirmer l'intérêt d'avoir une redondance entre capteurs.

Les mesures de vitesse des véhicules montrent que le nouvel éclairage n'incite pas les automobilistes à rouler plus vite. La comparaison des vitesses avant et après les travaux ne montre pas d'évolution.



Intérieur du tunnel des Écouges après travaux (© CETU)



Tête sud du tunnel des Écouges après travaux (© CETU)

2.2.5 Analyse et observations

Bien que l'IT 2000 ne requière pas d'éclairage de sécurité pour les tunnels à faible trafic, dont fait partie le tunnel des Écouges, le CD38 a souhaité installer un système d'éclairage afin d'améliorer la sécurité de circulation des usagers, notamment les cyclistes, en exploitation normale.

Le tunnel a été doté d'un système de détection pour que l'éclairage soit activé uniquement en présence d'usagers.

Le fait d'avoir mis un éclairage en place dans le tunnel des Écouges a grandement amélioré la sécurité des usagers, notamment celle des cyclistes qui sont mieux perçus par les automobilistes et peuvent voir tous les obstacles potentiels.

L'asservissement de l'éclairage à la détection d'usagers est intéressant pour ce type d'ouvrage avec un très faible trafic car il permet de limiter les consommations énergétiques et facilite l'acceptabilité du projet dans une zone où l'on souhaite limiter les éclairages nocturnes.

L'intérêt de différencier les régimes d'éclairage en fonction du type d'usager doit être confirmé par d'autres retours d'expériences ou études approfondies. Il serait également intéressant de pouvoir quantifier les gains énergétiques ainsi obtenus.

Le CETU a par ailleurs mesuré sur site des niveaux de luminance plus élevés que de besoin (jusqu'à 8 cd/m² au lieu de 2 cd/m² pour ce type d'ouvrage). Cela confirme qu'il est préférable

de concevoir un projet d'éclairage en luminance et non en éclairement et de prévoir des mesures de réception pour limiter les consommations. Les mesures ont par contre montré de très bonnes uniformités et aucun problème d'éblouissement, ce qui rend très confortable la conduite dans l'ouvrage. Ce système d'éclairage nécessite des modes de fonctionnement permettant de garantir à l'usager cycliste la présence d'un éclairage en toute circonstance, par exemple en cas de défaillance du système de détection. La redondance de détection assurée par la présence de caméras thermiques et de détecteurs infrarouge dans l'ouvrage est un point important du projet. Le retour d'expérience du CD 38 montre que les détecteurs infrarouge sont plus fiables que la caméra.

L'IT 2000 s'impose aux tunnels neufs de l'État du réseau routier national et constitue un référentiel technique pour aider à définir les dispositions à prévoir dans les autres tunnels comme le tunnel des Écouges. L'IT mentionne notamment que l'éclairage de sécurité n'est pas obligatoire dans les tunnels à faible trafic. À noter que l'instruction technique requiert néanmoins la présence de plots de balisage lumineux placés sur chaque piédroit et allumés en permanence, équipement dont n'est pas doté le tunnel des Écouges.

Il serait intéressant de comparer la consommation électrique réelle à celle que représenterait la consommation d'un éclairage de sécurité permanent assurant un niveau minimal d'éclairement sur la chaussée de 10 lux en moyenne et de 2 lux en tout point.

2.3 TUNNEL DE LA RAMPE DES COMMÈRES – DÉPARTEMENT DE L'ISÈRE

2.3.1 Présentation

Le tunnel de la rampe des Commères est situé sur la RD1091 au sud de Bourg d'Oisans. Cette route à grande circulation, qui assure la jonction avec les Hautes-Alpes, est parcourue par de nombreux vélos en période estivale. Au cours des dernières années, des aménagements cyclables (bandes cyclables, accotements revêtus...) ont été réalisés sur cet itinéraire, en sens montant, pour améliorer la sécurité des cycles.

2.3.2 Description de l'ouvrage

Le tunnel est constitué d'un tube bidirectionnel à deux voies de circulation, d'une longueur de 407 mètres. Il a été mis en service en 1994.

La vitesse maximale autorisée dans le tunnel est de 70 km/h.

Le tunnel est autorisé aux piétons et aux cyclistes.

Au sens de l'IT 2000, le tunnel de la rampe des Commères est classé dans la catégorie des ouvrages :

- non urbains à un tube bidirectionnel de moins de 500 m ;
- à trafic non faible ;

- de gabarit supérieur à 3,50 m ;
- autorisés aux véhicules transportant des marchandises dangereuses ;
- avec un niveau de surveillance D2.

Le tableau ci-après synthétise les principales caractéristiques de l'ouvrage :

Tunnel de la rampe des Commères	
Longueur	407 m
Tracé en plan	En courbe (rayon minimal de 175 m)
Profil en long	5,65 % dans le sens Grenoble vers Briançon
Profil en travers	7,30 m + bande cyclable de 1,10 m (marquage compris)
Dévers	2,5 et 5 %
Largeur de trottoirs	0,75 m sens descendant uniquement
Gabarit autorisé	2,60 m
Équipements	Éclairage et plots de jalonnement, dispositifs d'arrêts, postes d'appel d'urgence, vidéosurveillance, détection cycles



Tête nord du tunnel de la rampe des Commères (© CD38)

Le tableau ci-après synthétise les principales données de trafic de l'ouvrage :

Tunnel de la rampe des Commères	
TMJA	5 400 véh/jour avec une composante saisonnière importante
Poids lourds	8,10 %
Cyclistes	Oui Comptage* : Dans le sens montant, la caméra thermique a enregistré : • juin 2023 : 66 vélos/jour • juillet 2023 : 60 vélos/jour • août 2023 : 49 vélos/jour • septembre 2023 : 28 vélos/jour

* Le trafic cycliste connaît de fortes variations en fonction des périodes et de la météo.

2.3.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles

Le tunnel de la rampe des Commères restait un point dur sur la montée au col du Lautaret, en raison de son tracé en courbe réduisant la visibilité des usagers. Le Département de l'Isère a donc décidé de procéder à une rénovation des équipements de sécurité du tunnel et d'engager, à partir de 2019, des travaux d'aménagement d'une bande cyclable.

Profil en travers et marquage

La largeur roulable est de 8,40 m. Une bande cyclable de 1,10 m est présente dans le sens montant en remplacement du trottoir de service.

Signalisation verticale

Dans le sens montant, un panneau à messages variables permet d'afficher un message de prudence si des cyclistes sont présents dans l'ouvrage.

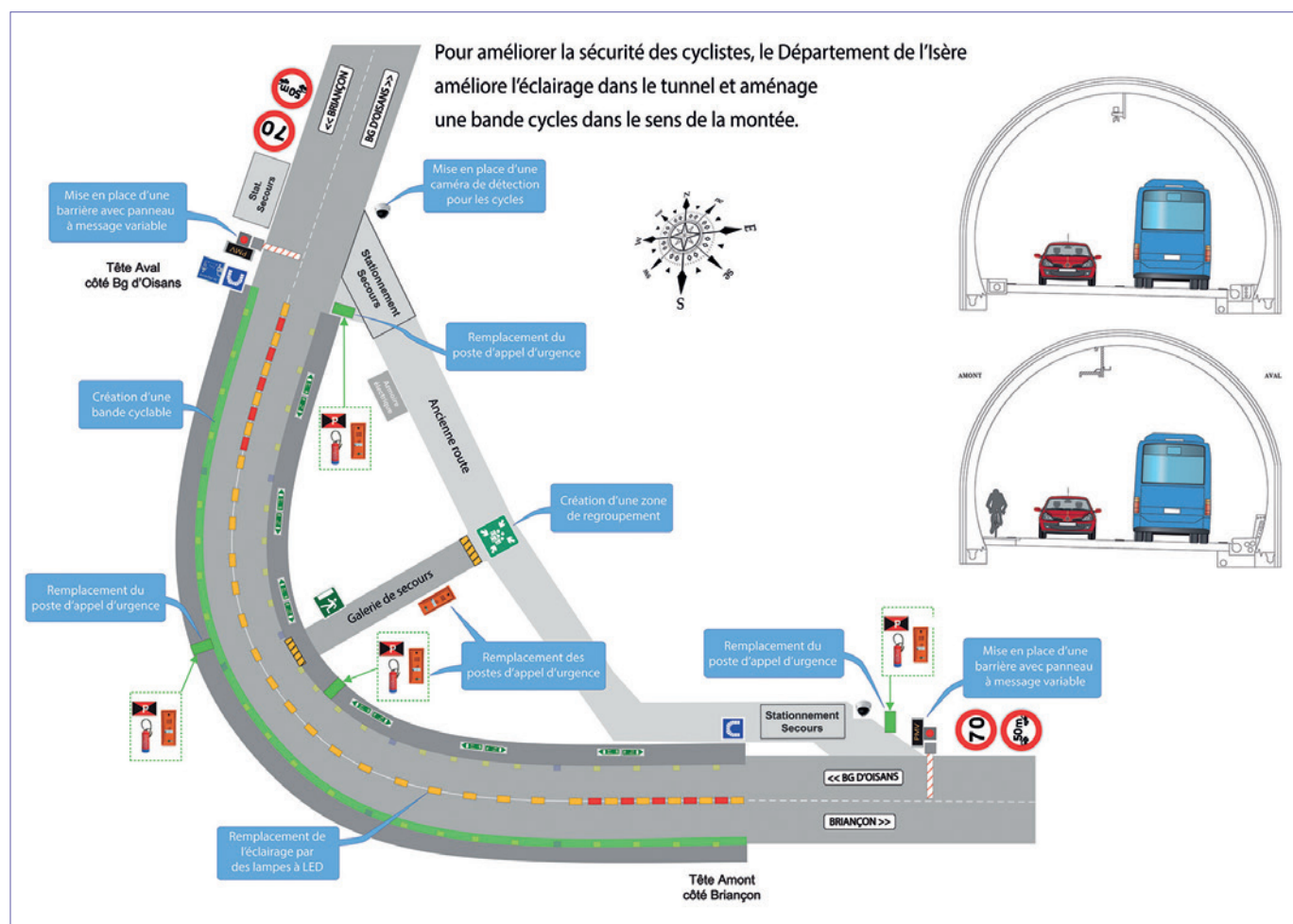
Il n'y a pas de signalisation permanente qui indique aux conducteurs des véhicules motorisés que des cycles et des piétons peuvent être présents dans le tunnel.

Système de détection

La détection des cycles est opérée par caméra thermique.

Éclairage

Un éclairage à LED, plus économe en énergie que l'ancien, a été installé lors des travaux de rénovation.



Tunnel de la rampe des Commères : plan des travaux (© CD38 - Direction des mobilités)



Intérieur du tunnel de la rampe des Commères – sens montant (© CD38)

2.3.4 Retour d'expérience

Le tunnel de la rampe des Commères est fréquenté chaque été par de nombreux cyclistes qui montent depuis Bourg d'Oisans en direction du col du Lautaret.

Au niveau du tunnel, le différentiel de vitesse entre les cyclistes et les automobilistes est important en raison de la pente.

Avant les travaux, cela générait des situations dangereuses, avec des automobilistes qui engageaient des dépassements alors que la visibilité est faible dans le tunnel du fait de son tracé en courbe.

Selon l'exploitant, le retour d'expérience après travaux d'aménagement est globalement positif, avec cependant un point de vigilance sur la nécessité de maintenir en bon état de propreté la bande cyclable.

2.3.5 Analyse et observations

Dans le sens montant, le différentiel de vitesse entre cycles et véhicules motorisés peut être réellement important, du fait de la pente supérieure à 5 %. Le tracé en courbe ne permettait pas une visibilité optimale des cyclistes par les automobilistes. C'est pourquoi la bande cyclable est un vrai gain pour la sécurité, car elle permet aux cyclistes de s'extraire du trafic motorisé. Le système de détection permet de manière complémentaire d'avertir les automobilistes de la présence d'un cycliste sur la bande cyclable et les incite par conséquent à la prudence.

La largeur roulable de 8,40 m entre trottoirs permet d'offrir aux cyclistes une bande cyclable de largeur suffisante (1,10 m) pour être en sécurité. Il est important de préciser que cette bande cyclable doit faire l'objet d'un entretien et d'un nettoyage régulier.

Le marquage au sol est complété par un dispositif d'alerte sonore (DAS³), visible sur la photo ci-avant, qui amplifie la séparation voie véhicules motorisés / bande cyclable et permet d'alerter le conducteur en cas de franchissement.

3. Les spécifications techniques des DAS sont définies dans l'annexe à l'arrêté du 14 janvier 2020 relatif à l'équipement des routes et autoroutes de dispositifs d'alerte sonore.

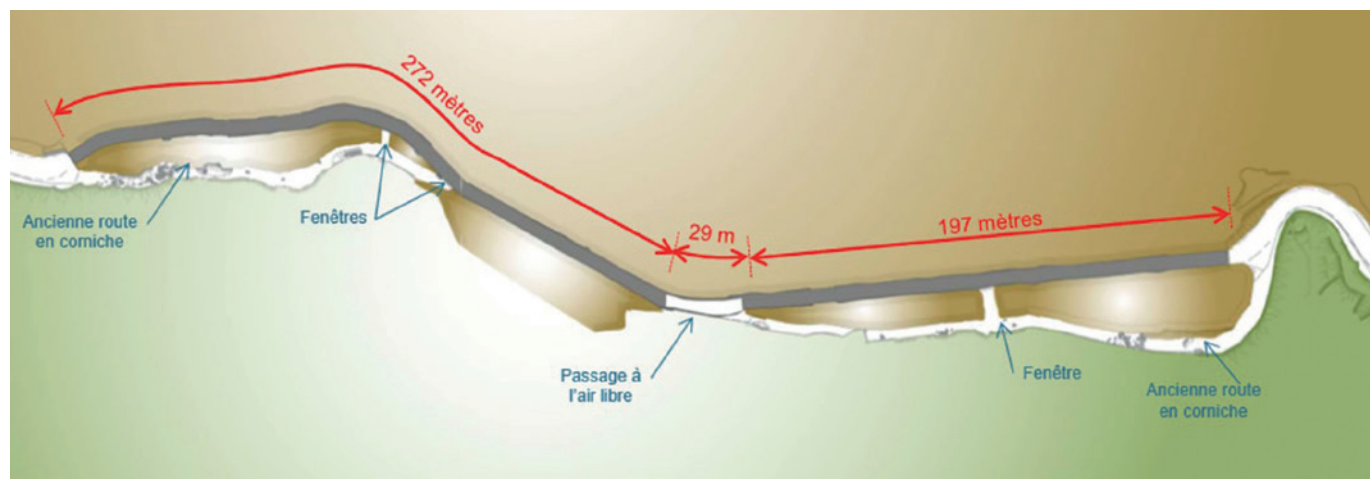
2.4 TUNNEL DE SAINT-PANCASSE – DÉPARTEMENT DE L'ISÈRE

2.4.1 Présentation

Le tunnel de Saint-Pancrasse est situé sur la RD30 dans le massif de la Chartreuse. Cette route de montagne permet l'accès au plateau des Petites Roches depuis la vallée du Grésivaudan. Le trafic est faible et essentiellement pendulaire pour des trajets domicile-travail.

La RD30 est une route de montagne sinueuse, empruntée, outre par des véhicules légers, des cycles, ainsi que par des lignes régulières d'autocars.

Le croisement de véhicules de grandes dimensions dans le tunnel peut être problématique, du fait du profil en travers étroit du tunnel et de son tracé sinueux.



Les deux têtes du tunnel de Saint-Pancrasse avant aménagement (© CD38)



Croisement de véhicules de grande dimension dans le tunnel de Saint-Pancrasse (© CD38)

2.4.2 Description de l’ouvrage

Le tunnel de Saint-Pancrasse est constitué d’un tube bidirectionnel à deux voies de circulation, d’une longueur de 498 mètres. Construit en 1888, il a été mis en service en 1954 dans sa configuration actuelle.

La vitesse maximale autorisée dans le tunnel est de 30 km/h.

Le tunnel est autorisé aux piétons et aux cyclistes.

Au sens de l’IT 2000, le tunnel de Saint-Pancrasse est classé dans la catégorie des ouvrages :

- non urbains à un tube bidirectionnel de moins de 500 m ;
- à trafic faible ;
- de gabarit supérieur à 3,50 m ;
- interdits aux véhicules transportant des marchandises dangereuses ;
- avec un niveau de surveillance D2.

Le tableau ci-après synthétise les principales caractéristiques de l’ouvrage :

Tunnel de Saint-Pancrasse	
Longueur	498 m (272 m et 197 m séparés par un passage à l’air libre de 29 m)
Tracé en plan	En courbe dans le tronçon aval et rectiligne dans le tronçon amont
Profil en long	8 à 10 % depuis la vallée du Grésivaudan vers le plateau des Petites Roches
Profil en travers	Largeur roulable variable de 5,15 à 6,40 m dont 0,80 m de « bande multifonctionnelle » dans le sens montant
Dévers	Variant de 2,5 à 5 % avec changements de dévers
Largeur de trottoirs	Pas de trottoirs
Gabarit autorisé	3 m sauf véhicules autorisés avec un point bas de la voûte à 3,40 m
Équipements	Éclairage, plots de jalonnement, dispositifs d’arrêts, postes d’appel d’urgence, vidéosurveillance

Le tableau ci-après synthétise les principales données de trafic de l’ouvrage :

Tunnel de Saint-Pancrasse	
TMJA	1 700 véh/jour
Poids lourds	Gabarit limité à 3 m sauf dérogation. Interdit aux TMD
Cyclistes	Oui
	Comptage : non

2.4.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles

Profil en travers et marquage

La largeur roulable varie entre 5,15 et 6,40 m dont 0,80 m de « bande multifonctionnelle⁴ » dans le sens montant.

Signalisation verticale

Il n’y a pas de signalisation permanente qui indique aux conducteurs des véhicules motorisés que des cyclistes ou des piétons peuvent être présents dans le tunnel.

En cas de détection, par la caméra de la tête amont ou aval, d’un cycliste entrant, des messages sont affichés pendant 180 secondes. Le profil en long étant très marqué (8 à 10 % de pente), la signalisation n’est pas identique selon le sens de circulation des cycles :

- pour un cycle circulant dans le sens montant, un message est affiché uniquement sur le panneau à messages variables situé à la tête aval, puisque le risque de collision provient essentiellement du différentiel de vitesse avec un véhicule arrivant dans le dos du cycliste ;
- pour un cycle circulant dans le sens descendant, un message est affiché sur les panneaux à messages variables amont et aval, car dans ce cas, le risque peut venir du différentiel de vitesse avec un véhicule arrivant dans le dos du cycliste, mais aussi d’un choc frontal avec un véhicule arrivant face au cycliste.

Lorsqu’un véhicule « encombrant » est détecté par la caméra de la tête amont ou celle de la tête aval, un message est affiché sur le panneau à messages variables situé à la tête opposée.

L’extinction des messages se fait à l’aide d’une temporisation et/ou sur détection lors du passage à la tête opposée. Le CD38 a retenu ce fonctionnement parce qu’en raison du positionnement de la caméra, la détection de sortie n’est pas très fiable pour les cycles.

Système de détection

Le tunnel de Saint-Pancrasse est équipé depuis 2016 d’un système de détection par caméra thermique, en entrée et en sortie. Le système permet une détection différenciée des véhicules légers, des véhicules encombrants et des cycles, de jour comme de nuit.

Le système permet également le comptage des véhicules et la connaissance du trafic en temps réel. Un automate permet le pilotage des scénarios (messages d’avertissement, barrières…) et de l’éclairage.

4. L’accotement revêtu, couramment appelé « bande multifonctionnelle » ou bande dérasée de droite (BDD), peut être défini comme une surlargeur revêtue adjacente à la chaussée. Cet aménagement permet les manœuvres d’évitement, les manœuvres de récupération des véhicules en perte de contrôle, le stationnement des véhicules et facilite le partage des routes avec les engins agricoles, cyclistes et piétons (source : Cerema).



Message de présence cycliste dans le tunnel de Saint-Pancrasse (© CD38)

Éclairage

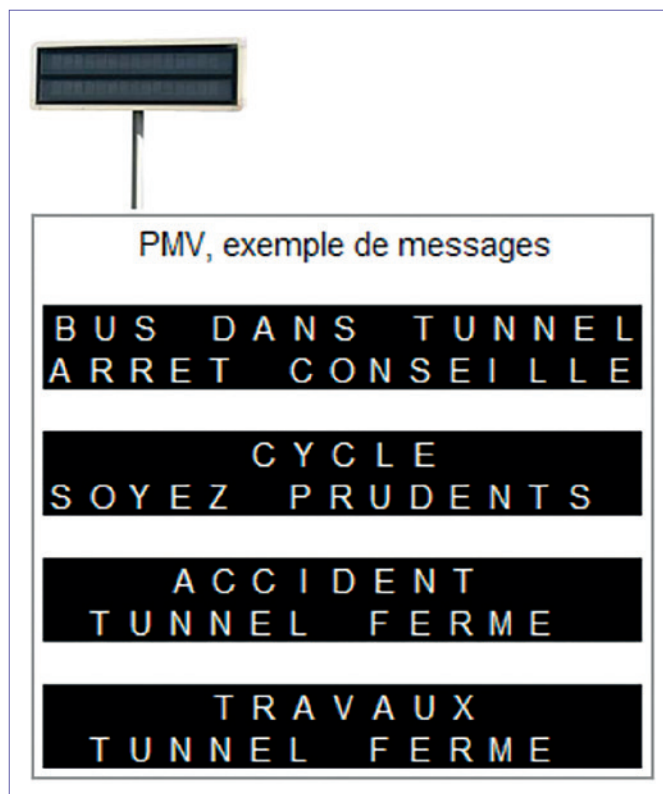
L'éclairage de type LED est piloté en fonction des valeurs remontées par un interrupteur crépusculaire associé à une horloge astronomique. Il y a quatre régimes d'éclairage :

- jour : base à 100 % et renfort selon les valeurs des luminancemètres ;
- nuit : base à 50 %, pas de renfort ;
- nuit réduit sans véhicule détecté : 0 % (extinction), pas de renfort ;
- nuit réduit avec véhicule détecté : base à 50 %, pas de renfort.

2.4.4 Retour d'expérience

Les taux de performance obtenus sur la détection sont de l'ordre de 80 % pour les cycles et proches de 100 % pour les véhicules encombrants.

Le CD38 souligne l'importance de la position de la caméra par rapport aux voies circulées pour avoir un bon taux de détection. Le CD38 souligne avoir eu des difficultés à obtenir des résultats satisfaisants sur la détection des cycles et des véhicules encombrants, en partie liée à la configuration en virage au niveau des têtes. Le paramétrage initial s'est aussi avéré complexe pour éviter, par exemple, de confondre un groupe de véhicules légers circulant de façon très rapprochée avec un véhicule « encombrant ».



Exemples d'affichage PMV dans le tunnel de Saint-Pancrasse (© CD38)

La prise en compte des cycles et des véhicules encombrants par les autres usagers est globalement améliorée. Néanmoins, le système reste perfectible, car la fiabilité du système n'est pas de 100 %. En outre, les usagers déjà engagés dans l'ouvrage ne disposent pas de l'information relative à l'entrée à la tête aval d'un cycle ou d'un véhicule encombrant.

2.4.5 Analyse et observations

La largeur roulable permet d'offrir, du côté droit de la chaussée, dans le sens montant, une zone revêtue (bande multifonctionnelle) de 0,80 m. Cette bande est certes assez étroite, mais elle permet au cycliste de disposer d'un espace de circulation (sans marquage spécifique), alors que le différentiel de vitesse peut être très important avec un véhicule motorisé suiveur (pente de 8 à 10 %), malgré une limitation de la vitesse à 30 km/h.

Le système de détection permet d'avertir les automobilistes de la présence d'un cycliste sur la bande multifonctionnelle et les incite par conséquent à la prudence.

Les difficultés de détection signalées par le CD38 mettent en avant l'intérêt de redonner le système de détection par des technologies différentes, comme ce qui a été réalisé dans le tunnel des Écouges. En particulier, le niveau de fiabilité de la détection doit être une préoccupation majeure quand l'éclairage est éteint totalement.

2.5.1 Présentation

Le tunnel de Villaret-du-Nial fait partie de l'enfilade du Chevril, située sur la RD902. L'enfilade du Chevril est composée de huit paravalanches et de huit tunnels, dont celui du Chevril de longueur supérieure à 300 m. Les autres tunnels présentent des longueurs inférieures à 300 m, dont le tunnel du Villaret-du-Nial.

L'enfilade du Chevril se situe sur la Route des Grandes Alpes, reliant le lac Léman à la mer Méditerranée. Cette section dessert les stations de Tignes et Val d'Isère puis le col de l'Iseran. En saison estivale, on dénombre en moyenne 700 cyclistes par jour.

2.5.2 Description de l'ouvrage

Le tunnel du Villaret-du-Nial est constitué d'un tube bidirectionnel à deux voies de circulation, d'une longueur de 165 mètres. Il a été mis en service en 1955.

La vitesse maximale autorisée dans le tunnel est de 50 km/h.

Le tunnel est autorisé aux cyclistes.

Au sens de l'IT 2000, le tunnel du Villaret-du-Nial est classé dans la catégorie des ouvrages inférieurs à 300 mètres de longueur.

Le tableau ci-après synthétise les principales caractéristiques de l'ouvrage :

Tunnel du Villaret-du-Nial	
Longueur	165 m
Tracé en plan	En alignement droit
Profil en long	Peu pentu
Profil en travers	Largeur roulable de 6,50 m
Largeur de trottoirs	Pas de trottoirs
Gabarit autorisé	4,10 m
Équipements	Éclairage spécifique pour les cyclistes et pictogrammes vélo sur la chaussée

Le tableau ci-après synthétise les principales données de trafic de l'ouvrage :

Tunnel du Villaret-du-Nial	
TMJA	3 000 véh./jour
Poids lourds	5 %. Autorisé aux TMD
Cyclistes	Oui
	Comptage : 700 vélos/jour en période estivale



Tunnel du Villaret-du-Nial – Tête sud (© CD73)

Tunnel du Villaret-du-Nial – Tête nord (© CD73)

2.5.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles

Profil en travers et marquage

Des pictogrammes vélo sont peints sur la bande éclairée (voir § « Éclairage » ci-après).

Signalisation

Une signalisation verticale spécifique d'information destinée aux cyclistes est placée en amont des entrées du tunnel. Elle est détaillée plus bas dans le paragraphe consacré à l'éclairage.

Système de détection

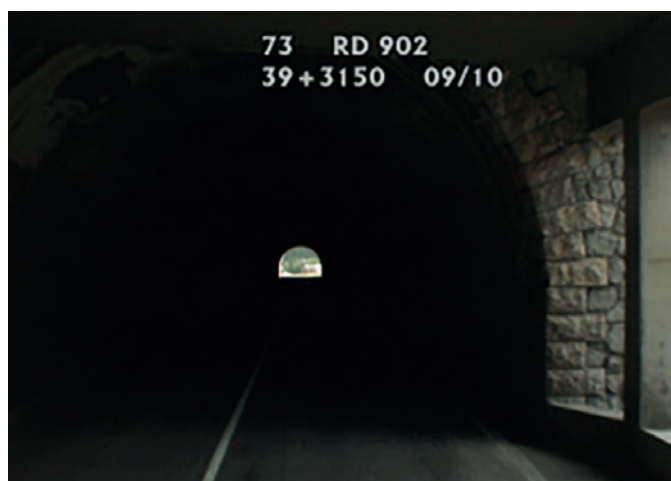
Le tunnel de Villaret-du-Nial n'est pas équipé d'un système de détection des cycles.

Éclairage

Le tunnel du Villaret-du-Nial n'était initialement pas éclairé et a été choisi pour cette raison afin d'expérimenter un aménagement destiné à améliorer la circulation conjointe des cyclistes et des véhicules en limitant les coûts d'investissement d'exploitation.

Précédé d'un paravalanche, il possède une longueur de 162 mètres et la vitesse est limitée à 50 km/h. Très étroit, il est doté de deux voies de 3,25 mètres avec un accotement insuffisant pour l'intégration de bandes cyclables, car les parois sont brutes, simplement revêtues de béton projeté.

Avant aménagement, en l'absence d'éclairage, la visibilité des cyclistes et leur perception par les automobilistes étaient quasi nulles. Des accrochages avaient été constatés avec un fort ressenti d'insécurité, alors que le département souhaite favoriser le trafic cycliste.



Tunnel du Villaret-du-Nial avant aménagement
(© CD73)

En 2014, le département de Savoie a décidé d'expérimenter un dispositif d'amélioration de la perception des cyclistes, en partenariat avec le CETU. Les objectifs principaux étaient :

- d'inciter les cyclistes à rouler au bord de la chaussée, car ils ne sont pas aussi visibles que les automobilistes ;
- d'améliorer leur perception par les automobilistes ;
- de ne pas provoquer d'augmentation de la vitesse des véhicules (des relevés de vitesse ont été effectués et les données de trafic mises à jour) ;
- de maîtriser les coûts.

C'est donc l'expérimentation d'un éclairage innovant qui a été mise en œuvre.

Principe de l'expérimentation menée dans le tunnel de Villaret-du-Nial

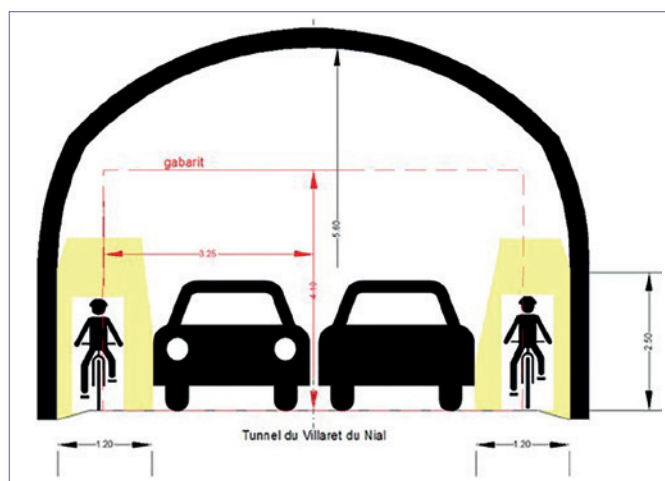
Le principe de l'expérimentation a consisté à créer et à éclairer une bande d'environ 1,20 mètre de large au pied du piédroit, afin d'aider les cyclistes à se positionner sur la droite de la chaussée. Il s'agissait donc de créer une bande cyclable éclairée en bord de chaussée, sur l'accotement disponible. En outre, il a été jugé nécessaire d'éclairer le piédroit sur 2,50 mètres de haut, d'une part pour créer un contraste entre le cycliste et la paroi, et d'autre part afin que les cyclistes en aient une vision nette pour qu'ils puissent s'en approcher en sécurité.

L'expérimentation a suivi plusieurs étapes.

En 2014, deux prototypes ont été testés : un éclairage en clé de voûte (solution 1) ou un éclairage positionné plus bas sur chaque piédroit bas (solution 2). Les deux solutions ont été testées sur une longueur de 20 mètres.

Une fois les deux prototypes déployés, une campagne d'évaluation a été menée auprès des cyclistes en septembre 2014.

Vingt-trois cyclistes ont répondu à la sortie du tunnel à un questionnaire. De manière générale, la solution 2 a été privilégiée, car jugée confortable, adaptée et offrant une perception correcte. Il a aussi été estimé qu'une augmentation de la puissance d'éclairage permettrait d'améliorer le sentiment de sécurité des cyclistes.



Principe de la solution 2 retenue
(éclairage positionné sur chaque piédroit) (© CD73)

En 2017, la solution retenue (solution 2 améliorée) a été déployée dans tout le tunnel et sur chaque piédroit.

Elle présente les caractéristiques suivantes :

- positionnement des luminaires à 3 mètres de hauteur, pour s'affranchir des masques des poids lourds et des cars ;
- interdistance des luminaires de 15 mètres, pour optimiser le coût de l'installation ;
- niveau d'éclairement de 150 lux ;
- chaussée centrale noire afin d'améliorer la netteté des bandes éclairées ;
- renforcement de l'éclairage à chaque entrée du tunnel compte tenu de la forte luminosité extérieure, y compris au niveau du paravalanche qui prolonge le tunnel et qui bénéficie d'un éclairage naturel.

Caractérisation photométrique du dispositif mis en œuvre

La puissance totale de l'installation est de 2 200 W (23 luminaires de 94 W de puissance unitaire, installés sur 164 mètres), ce qui est très inférieur à la puissance d'un éclairage de tunnel routier habituel.

L'efficacité énergétique des luminaires LED est de 130 lm/W.

Les bandes lumineuses sont larges de 1,20 mètre et éclairées en moyenne à 160 lux (mesures réalisées par le CETU). Les uniformités longitudinales sont néanmoins insuffisantes.



Caractérisation photométrique réalisée par le CETU
(© CETU)

Appréciation des usagers

Une seconde enquête a été menée auprès des usagers – aussi bien cyclistes qu'automobilistes – une fois l'aménagement entièrement réalisé.

Les cyclistes ont été interrogés sur site, «à la volée», et des questionnaires ont été transmis aux clubs cyclistes locaux, aux entreprises locales empruntant régulièrement le tunnel, aux offices de tourisme et aux hôtels pour ainsi toucher les travailleurs pendulaires. Le questionnaire a également été produit en anglais en raison de la forte proportion d'usagers étrangers.

Les cyclistes et les automobilistes ont exprimé ressentir une nette amélioration du « confort ». Il est toutefois ressorti de l'enquête une mauvaise compréhension de la fonction de l'éclairage. Peu de cyclistes ont compris que ces aménagements leur étaient destinés, en notant que certains cycles étaient pourvus d'un système d'éclairage, mais d'autres pas.

Il convenait donc de faire comprendre aux cyclistes qu'ils devaient circuler sur la bande éclairée, ce qui a été fait au moyen d'une signalisation spécifique.

Signalisation spécifique

Compte tenu des résultats de l'enquête, deux mesures d'amélioration ont été prises :

- la création et l'installation d'un panneau d'information spécifique, en deux langues du fait de la variété de nationalité des cyclistes empruntant l'itinéraire ;
- la peinture de pictogrammes vélo sur la chaussée, au niveau de la bande éclairée.

Panneau d'information
spécifique réalisé par le CD73
(© CD73)



Le tunnel d4 Villaret-du-Nial après aménagement en 2017
(© CD73)

En 2018, le CD73 a apporté des corrections à la solution déployée initialement. Des engravures ont été réalisées pour y installer les luminaires et éviter les accrochages. Les bandes éclairées ont été élargies, passant de 1,20 m à 1,60 m.

En 2022, le retour d'expérience sur plusieurs années a permis au CD73 de faire encore évoluer la solution déployée. Cette nouvelle version a bénéficié d'un déploiement progressif dans les autres tunnels situés dans l'enfilade du Chevril (« Chevril », « 80 mètres » et « Saut »).

Durant l'hiver 2023/2024, le dispositif d'éclairage installé en 2018 dans le tunnel de Villaret-du-Nial a été déposé. En effet, d'importantes infiltrations d'eau avaient engendré la formation de stalactites de glace sur les équipements (câbles et luminaires) et provoqué leur arrachement. Un éclairage provisoire a dû être mis en place. Des solutions sont à l'étude pour remédier à ces infiltrations d'eau et éviter la formation de glace pendant l'hiver.



Formation de glace sur les équipements du tunnel du Chevril
Hiver 2023/2024 (© CD73)

2.5.4 Retour d'expérience

Le retour d'expérience montre que l'état de la bande cyclable est un élément sensible pour les cyclistes, surtout depuis qu'elle est devenue bien visible et qu'ils comprennent qu'elle leur est destinée. Un nettoyage de l'accotement est devenu nécessaire tous les quinze jours, entre juin et août, en raison des projections provoquées par les transports de matériaux pour les chantiers estivaux en station.

Compte tenu de l'irrégularité du piédroit, la bande éclairée était ressortie comme étant trop étroite pour les cyclistes, qui se déportaient sur leur gauche. Le CD73 a par conséquent décidé d'élargir la bande à 1,60 mètre. L'objectif était également que les cyclistes visualisent mieux la trajectoire à suivre et qu'ils soient vus sur toute leur hauteur.

En raison de l'étroitesse du tunnel, les luminaires étaient régulièrement percutés par les véhicules (rétroviseurs des poids lourds), malgré un gabarit théorique suffisant de 6,5 mètres. La hauteur d'implantation demeurait donc un point sensible. Une engravure a ainsi été réalisée pour y placer les luminaires et obtenir un gabarit de 7 mètres de largeur. Le CD73 constate encore toutefois quelques chocs sur les luminaires.

Le retour d'expérience a par ailleurs montré que d'importantes infiltrations d'eau engendraient, durant l'hiver, la formation de stalactites de glace sur les luminaires, provoquant leur arrachement. Des solutions sont à l'étude pour traiter ce problème, sans pour autant qu'il soit envisagé la mise en œuvre d'une étanchéité totale du tunnel, qui réduirait sa largeur.

Les catégories de cyclistes empruntant le tunnel sont multiples et variées (cyclotouristes, cyclo-sportifs, équipes professionnelles, biathlètes, équipes de France...). Le panneau les aide à bien se positionner. Les automobilistes visualisent correctement les parois du tunnel, ce qui les aide eux aussi à se positionner plus efficacement sur la voie. Il a donc été constaté des améliorations dans les comportements, mais pour aller au-delà de ce constat, le CD73 souhaite procéder à une caractérisation plus fine des améliorations.

Sécurisation cycliste de l'enfilade du Chevril (tunnel du Chevril et tunnel des 80 mètres)

Depuis 2019, les autres ouvrages de l'enfilade du Chevril ont été rénovés selon le même principe, en intégrant le retour d'expérience de l'expérimentation du tunnel du Villaret-du-Nial, et notamment les mesures suivantes :

- positionnement des files de luminaires au-dessus du gabarit routier, au plus proche du piédroit afin :
 - de protéger le système contre les chocs latéraux des véhicules,
 - d'améliorer l'éclairage des cyclistes sur toute leur hauteur,
 - d'améliorer les uniformités longitudinales ;
- maintien d'un niveau d'éclairement à 150 lux variables (y compris pour les vitesses d'approche au-delà des 50 kilomètres par heure) pour affiner le besoin (jour/nuit par horloge astronomique) et faire des économies. Une extinction des lumières serait envisagée durant la nuit lorsque le trafic cycliste redescend ;
- ajout d'un éclairage de renfort en entrée de tunnel pour une meilleure adaptation visuelle ;
- maintien d'une bande éclairée de 1,60 mètres de large ;
- maintien à 2,50 mètres de la hauteur de piédroit éclairée ;
- fort contraste entre les bandes lumineuses et la zone centrale tout en assurant, pour un minimum de sécurité, un éclairage de la zone centrale au moins égal à 10 lux en moyenne en tout point ; cette disposition a été jugée indispensable compte tenu de la longueur du tunnel du Chevril (450 mètres) ;
- efficacité énergétique de 130 lm/W par luminaire.

Compte tenu des enseignements tirés du retour d'expérience et des besoins en termes d'exploitation, un nouveau marché de travaux a été passé pour ces autres ouvrages avec un cahier des charges plus précis, intégrant une phase de développement et des validations de prototypes en atelier. Ceci a permis de concevoir un luminaire peu encombrant et de créer un éclairage plus concentré que celui développé pour le tunnel de Villaret-du-Nial. Ce modèle optimisé a été implanté dans les tunnels du Chevril et dans le tunnel des 80 mètres.

Les premiers retours sur ces installations ont été positifs, le confort étant jugé renforcé du fait que le piédroit est éclairé de plus haut.

À la date de rédaction du document, le CD73 envisageait de généraliser ces installations, mais en traitant au préalable les problèmes d'étanchéité, afin d'éviter les dégradations des installations liées à la présence d'eau et d'humidité, qui ont entraîné des coûts de maintenance élevés pour les premières installations réalisées.



Tunnel du Chevril (© CD73)



Tunnel des 80 mètres (© CD73)

2.5.5 Analyse et observations

Les tunnels de l'enfilade du Chevril étaient initialement dépourvus de système d'éclairage.

S'agissant de tunnels à faible trafic, il est possible dans ce cas de se dispenser d'éclairage à condition que les risques d'accident soient très limités, ne soient pas sensiblement aggravés par l'absence d'éclairage et que le coût de l'éclairage soit excessif par rapport à la sécurité apportée. Il faut alors installer un balisage lumineux et imposer une vitesse adaptée au contexte des accès et du tunnel, sans excéder en principe les 50 km/h⁵. Par ailleurs, l'IT 2000 (§3.3 Éclairage) mentionne qu'« afin d'assurer un jalonnement lumineux au cas où les fumées d'un incendie masqueraient l'éclairage placé en hauteur (et en cas de panne de l'alimentation électrique dans les tunnels à faible trafic qui ne disposent pas d'un éclairage de sécurité), des plots de balisage lumineux (ou hublots de jalonnement) seront placés à 1 m de hauteur environ sur chaque piédroit tous les 10 m environ. Ils seront allumés en permanence ». L'IT 2000 s'impose aux tunnels neufs de l'État du réseau routier national et constitue un référentiel technique pour aider à définir les dispositions à prévoir dans les autres tunnels comme le tunnel du Chevril, dont la longueur est de 450 m.

La forte fréquentation cycliste estivale conjuguée à un trafic motorisé important nécessitait la recherche de solutions visant à améliorer la sécurité des cyclistes et leur perception par les conducteurs de véhicules motorisés.

L'expérimentation menée par le CD73 a permis de développer une solution d'éclairage spécifique et l'on peut considérer que cette solution répond à l'exigence de mise en œuvre d'un balisage lumineux dans le cas très particulier des tunnels où l'éclairage n'est pas obligatoire.

Depuis 2017 et la première solution technique mise en œuvre, le CD73 a profité du retour d'expérience pour optimiser le dispositif d'éclairage et résoudre certaines contraintes d'encombrement.

En termes de signalisation, il conviendrait de faire valider par la Direction de la Sécurité Routière l'utilisation du panneau conçu spécialement pour indiquer aux cyclistes de se positionner sous le faisceau lumineux.

Par ailleurs, comme indiqué pour les tunnels de Bioge et du pont de l'Église (cf. § 2.6), le gain financier en investissement et en fonctionnement d'une telle installation reste limité par rapport à une solution classique en éclairage LED. La durée de vie des équipements installés dans le tunnel de Villaret-du-Nial s'est en outre avérée courte : après 7 ans d'exploitation, la totalité de l'installation a été remplacée par un éclairage classique en voûte, du fait d'un vieillissement prématuré dû aux phénomènes de gel.

5. § 1.3 Dossier pilote éclairage des tunnels, CETU.

2.6 TUNNELS DE BIOGE ET DU PONT DE L'ÉGLISE DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE

2.6.1 Présentation

Les tunnels de Bioge et du pont de l'Église se situent sur la RD902, un axe structurant reliant Thonon-les-Bains sur les bords du lac Léman à Cluses au centre du département de la Haute-Savoie.

Situés sur une route touristique – la Route des Grandes Alpes –, ces tunnels supportent un trafic cycliste conséquent, en particulier lors de la période estivale.



Tunnel de Bioge (© CETU)



Tunnel du pont de l'Église (© CETU)

2.6.2 Description de l'ouvrage

Les tunnels de Bioge et du pont de l'Église comportent chacun un tube bidirectionnel à deux voies de circulation. Le tunnel de Bioge, d'une longueur de 230 m, a été mis en service en 1986. Celui du pont de l'Église, d'une longueur 175 m, a été mis en service en 2004.

La vitesse maximale autorisée dans ces tunnels est de 70 km/h, ils sont autorisés aux cyclistes.

Au sens de l'IT 2000, les tunnels de Bioge et du pont de l'Église sont classés dans la catégorie des ouvrages inférieurs à 300 mètres de longueur.

Le tableau ci-après synthétise les principales caractéristiques de l'ouvrage :

	Tunnel de Bioge	Tunnel du pont de l'Église
Longueur	220 m	175 m
Tracé en plan	Succession d'alignements droits et de courbes	Succession d'alignements droits et de courbes
Profil en long	2 ‰	2 ‰
Profil en travers	Largeur roulable de 7,10 m	Largeur roulable de 7,40 m
Largeur de trottoirs	0,69 m de chaque côté	1,64 m de chaque côté
Gabarit autorisé	Non renseigné	Non renseigné
Équipements	Éclairage spécifique pour les cyclistes et pictogrammes vélo sur la chaussée	Éclairage spécifique pour les cyclistes et pictogrammes vélo sur la chaussée

Le tableau ci-après synthétise les principales données de trafic pour les deux ouvrages qui se succèdent :

Tunnels de Bioge et du pont de l'Église	
TMJA	6 082 véh/jour
Poids lourds	5 ‰. Autorisé aux TMD
Cyclistes	Oui
	Comptage : tunnel du pont de l'Église, 17 vélos/heure en journée lors d'un week-end du mois de juillet 2021

2.6.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles

Profil en travers et marquage

Des pictogrammes vélo sont peints sur les deux bandes éclairées (voir § Éclairage ci-après). Les pictogrammes ont pour objectif d'indiquer aux cyclistes où se positionner sur la chaussée.

Signalisation

Une signalisation verticale spécifique d'information destinée aux cyclistes est placée en amont des entrées de tunnel. Elle est détaillée plus bas, dans le paragraphe consacré à l'éclairage.

Système de détection

Les tunnels de Bioge et du pont de l'Église ne sont pas équipés de systèmes de détection des cycles.

Éclairage

Les deux tunnels étaient initialement équipés d'une installation d'éclairage en voûte, vétuste et énergivore. Avec la volonté d'améliorer le transit des cyclistes sur la Route des Grandes Alpes, le CD74 a engagé un programme de rénovation de ces tunnels.

À titre expérimental, une mise en lumière indirecte des bandes latérales de la chaussée a été créée, en installant des pare-flux sur les luminaires. Les piédroits ont en outre été peints. La lumière indirecte obtenue a permis d'éviter tout éblouissement. La conception du dispositif s'est inspirée de celle de l'aménagement expérimenté par le CD73 dans le tunnel du Villaret-du-Nial (cf. 2.5).

Aucun éclairage de renforcement aux entrées n'a été intégré au dispositif d'éclairage pour des raisons d'économie d'énergie.

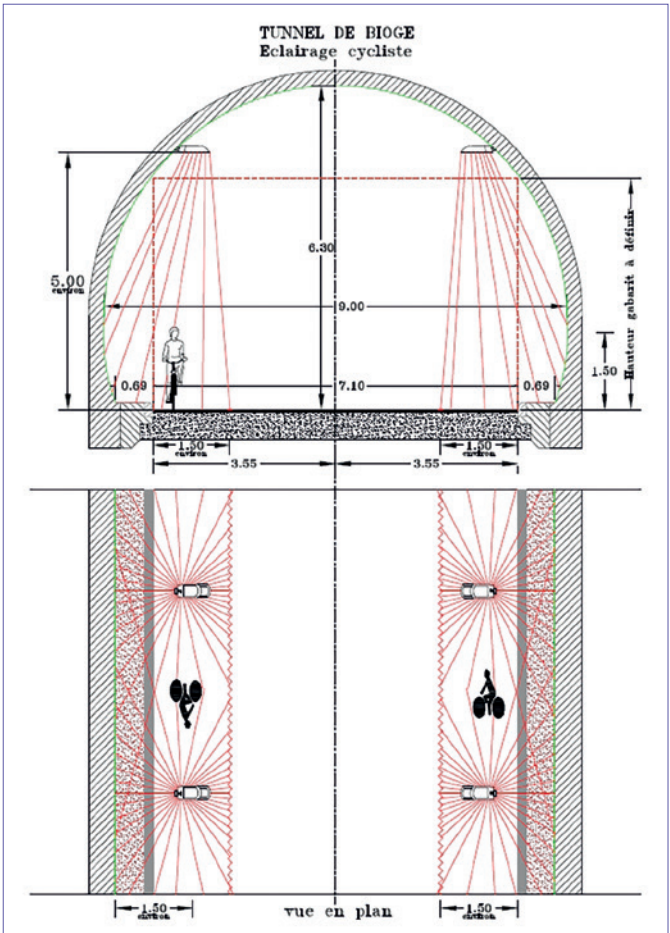


Schéma de principe d'implantation des luminaires spécifiques cyclistes (© CD74)



Bandes latérales éclairées pour la circulation des cycles dans le tunnel de Bioge (© CETU)

La mise en peinture des piédroits avait pour objectif d'améliorer la qualité de l'éclairage et la visibilité du cycliste par effet de contraste, ce qui apparaissait utile du fait de la présence de courbes dans les tunnels.

Par ailleurs, la position des luminaires sur les piédroits a été abaissée, dans le but de minimiser les puissances et permettre des économies d'énergie par rapport à un éclairage zénithal.

Après des tests in situ, les valeurs de 120 lux pour la zone éclairée diurne et de 40 lux pour la zone éclairée nocturne ont été retenues. Les luminaires ont été espacés de 10 m en section courante. Aux entrées, les quatre premiers luminaires ont été espacés de 5 m.

De plus, la conception du dispositif a visé à améliorer la sécurité et l'efficacité des opérations de maintenance en alternant de circulation : nettoyage aisé et – si nécessaire – remplacement rapide de l'ensemble « luminaire + driver + pare-flux » pour réparation en atelier du module démonté. Enfin, la conception du dispositif avait pour objectif de s'affranchir de capteurs pour réduire l'entretien et la maintenance ultérieurs. Ainsi, le passage de l'éclairage de jour à l'éclairage de nuit se fait par horloge astronomique et donc sans capteur.

Le marquage horizontal, composé de pictogrammes et de chevrons, permet de matérialiser la trajectoire souhaitée pour les cyclistes, avec comme effet induit une plus grande attention des automobilistes sur leur présence potentielle. Ce marquage ne change pas la nature de la chaussée et ne modifie pas l'obligation pour les automobilistes qui souhaitent doubler un cycliste, de s'écarter de plus de 1,50 m, avec l'autorisation de chevaucher la ligne blanche⁶.

En complément de ce marquage, un panneau d'information à l'entrée des tunnels permet d'alerter les usagers sur le dispositif en place et les comportements souhaités pour permettre un bon partage de la voirie.

Marquage de positionnement pour les cyclistes (© CETU)



Panneau d'information pour les cyclistes en entrée de tunnel (© CETU)

6. Art 412-19 du code de la route : « Lorsque des lignes longitudinales continues axiales ou séparatives de voies de circulation sont apposées sur la chaussée, elles interdisent aux conducteurs leur franchissement ou leur chevauchement. Toutefois, leur chevauchement est autorisé pour le dépassement d'un engin de déplacement personnel motorisé, d'un cyclomobile léger ou d'un cycle dans les conditions prévues par l'article R. 414-4. »

2.6.4 Retour d'expérience

Évaluation du dispositif

En partenariat avec le CETU, le Cerema a réalisé en 2021, pour le compte du CD74, une évaluation du dispositif.

Il a pour cela effectué une enquête en sortie de tunnel auprès des usagers, cyclistes et automobilistes, afin d'évaluer leur compréhension de l'aménagement et leur ressenti du point de vue de la sécurité et du confort.

Sur la base de vidéos installées à l'été 2021, les trajectoires des cyclistes et des automobilistes, avec un regard particulier porté sur leurs interactions, ont été analysées.

Une évolution de la vitesse à la baisse peut être un critère déterminant pour améliorer le partage de la route. Malheureusement, ces données n'ont pas été mesurées, seuls le volume de trafic et les trajectoires ayant été estimés à partir des vidéos.

Du point de vue du confort et du sentiment de sécurité de la part des usagers, les cyclistes comme les automobilistes ont jugé que la technologie d'éclairage déployée dans les tunnels apportait pour eux un gain significatif, avec une majorité de retours positifs.

L'absence d'éclairage de renforcement en entrée et sortie des tunnels n'a pas semblé perturber les automobilistes. Les résultats de l'enquête usagers laissent supposer que, malgré l'absence de dispositif spécifique, le phénomène de « trou noir » pour l'usager automobiliste est relativement rare. Une faible majorité d'usagers estime même qu'il y a eu une amélioration avec le nouvel éclairage, malgré la suppression de l'éclairage de renforcement. À l'inverse, la majorité des cyclistes interrogés évoque une gêne liée au phénomène de « trou noir » en entrée.

Les analyses vidéo montrent que la plupart des véhicules légers se déportent légèrement sur la gauche, en présence ou non d'un cycle. Il n'est pas évident d'attribuer ce phénomène aux marquages et à l'éclairage. Les parois du tunnel, les bordures ou les courbes peuvent aussi créer ce type d'effet.

Concernant les interactions entre cyclistes et automobilistes, les analyses vidéo font ressortir plusieurs enseignements :

L'interaction principale, quel que soit le sens de circulation, reste le dépassement immédiat.

On observe que les automobilistes qui réalisent le dépassement d'un cycle ne se déportent pas suffisamment du cycliste, afin d'éviter le risque de collision avec un véhicule circulant sur la voie opposée. Ainsi, les vidéos analysées montrent que 20 % des dépassements peuvent être considérés comme trop proches et revêtent un caractère potentiellement dangereux.

Les interactions sont moins nombreuses dans le sens descendant que dans le sens montant et, lorsqu'il y en a, la proportion des véhicules motorisés qui attendent derrière le cycliste est nettement supérieure. Cela peut être lié à la vitesse plus élevée des cyclistes à la descente, plus proche de celle du trafic motorisé.

Il a été observé plusieurs dépassements réalisés malgré la présence de véhicules sur la voie opposée. Cela a été vu uniquement dans le sens montant, lorsque le différentiel de vitesse est le plus important et le temps d'interaction a priori plus court.

Enfin, si la plus grande partie des usagers ont répondu lors de l'enquête avoir maintenu leur vitesse, aucune mesure des vitesses pratiquées avant et après aménagement n'ayant été conduite, il n'est pas possible de conclure quant à l'impact de l'aménagement sur les vitesses réellement pratiquées et l'évolution des comportements.



© CETU

2.6.5 Analyse et observations

Initialement, les tunnels de Bioge et du pont de l'Église étaient pourvus d'un éclairage énergivore et devenu vétuste.

Les deux tunnels, qui supportent un trafic d'environ 6 000 véh/jour, ne peuvent pas être considérés à faible trafic, et du fait de leur longueur supérieure à 150 m, la mise en œuvre d'un éclairage normal et d'un éclairage de renforcement est nécessaire.

L'évaluation réalisée *a posteriori* montre que l'absence d'éclairage de renforcement n'est pas source d'inconfort pour les automobilistes et que la majorité des usagers motorisés juge satisfaisante l'intensité de l'éclairage. Ce point est à relativiser compte tenu du fait que l'ancien éclairage était défectueux et que certains cyclistes évoquent quand même aujourd'hui un phénomène de « trou noir » en entrée. On peut noter que sur un dispositif similaire, le CD73 a fait le choix de rajouter un éclairage de renforcement en entrée (cf. § 2.5.4).

Le CETU a procédé à une étude financière comparative entre l'ancienne installation du tunnel de Bioge, la nouvelle installation mise en œuvre par le CD74, et un éclairage répondant aux préconisations du dossier pilote (renforcement + base).

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des coûts d'installation – sauf pour l'ancienne installation du tunnel de Bioge, pour lequel il n'était pas connu – et des coûts de fonctionnement pour les trois solutions.

En termes d'investissement, la solution développée par le CD74 apparaît onéreuse par rapport à une solution classique. Il faut néanmoins souligner que le montant global intègre de gros travaux de peinture et de signalisation verticale et horizontale, réalisés en accompagnement de la solution d'éclairage.

Le coût de l'installation est finalement très proche de celui d'une installation répondant aux préconisations du dossier pilote (basée sur des estimatifs d'installations réalisées depuis 2019 jusqu'à aujourd'hui). Par contre, les consommations sont nettement plus basses que celles d'une installation classique, du fait principalement de l'absence d'éclairage de renforcement en entrée/sortie.

En termes de signalisation, il conviendrait de faire valider par la Direction de la Sécurité Routière l'utilisation du panneau conçu spécialement pour indiquer aux cyclistes de se positionner sous le faisceau lumineux.

	Ancienne installation du tunnel de Bioge	Nouvelle installation du tunnel de Bioge	Installation répondant aux préconisations du dossier pilote (renforcement + base)
Coût* d'installation global	inconnu – non évalué	160 k€ (y compris peinture et signalisation spécifiques)	110 k€ (estimation valeur 2022)
Puissance en kW	13	3	5 (estimation valeur 2022)
Consommation annuelle en MWh	105	20	30
Coût* annuel de fonctionnement (hors abonnement, taxes et tva)	7 800 € (facture 2013)	2 500 € (0,1256 €/kWh – moyenne HC/HP)	3 800 €

* HT

RETOUR D'EXPÉRIENCE POUR LES TUNNELS URBAINS

Ce chapitre a pour objectif de présenter des aménagements spécifiques pour les cycles mis en œuvre dans les tunnels urbains de trois villes ou agglomérations (Le Havre, Nice et Vannes).

Les exploitants ont été interrogés en termes de retour d'expérience sur ces aménagements spécifiques. Pour chaque tunnel, une analyse est en outre présentée.

3.1 TUNNEL JENNER – VILLE DU HAVRE

3.1.1 Présentation

Le tunnel Jenner est situé au Havre, dans le département de Seine-Maritime. Encadré au nord par la place Jenner et au sud par le cours de la République (ou lieu-dit « Rond-Point »), il relie les villes haute et basse de l'agglomération havraise.

La ville du Havre est maître d'ouvrage et exploitant du tunnel Jenner.

3.1.2 Description de l'ouvrage

Le tunnel Jenner est un ouvrage bitube unidirectionnel creusé de 590 m de long, prolongé aux deux extrémités par une cinquantaine de mètres de paralumes, soit une longueur totale de 690 m.

La vitesse maximale autorisée est de 50 km/h.

Le tunnel est autorisé aux piétons et aux cyclistes.

Au sens de l'IT 2000, le tunnel Jenner est classé dans la catégorie des ouvrages :

- urbains ;
- à deux tubes unidirectionnels ;
- à trafic non faible ;
- de gabarit autorisé inférieur à 3,50 m (tunnel autorisé aux véhicules de hauteur inférieure ou égale à 2,70 m) ;
- interdits aux véhicules transportant des marchandises dangereuses ;
- de degré de surveillance D4.

Les cyclistes sont autorisés à circuler dans le tunnel sur des pistes cyclables qui leur sont dédiées.

Le premier tableau ci-contre synthétise les principales caractéristiques de l'ouvrage.

Le second tableau synthétise les principales données de trafic dans l'ouvrage.

	Tunnel Jenner	
	Tube descendant (nord vers sud)	Tube montant (sud vers nord)
Longueur	590 m tunnel creusé + 50 m de paralumes à chaque tête	
Tracé en plan	Alignement droit	
Profil en long	Pente de 3,78 %	Rampe de 3,78 %
Profil en travers	Largeur entre piédroits d'environ 9,55 m composés, de la droite vers la gauche, de : <ul style="list-style-type: none"> • un trottoir de 1,40 m de largeur et d'une hauteur de 0,15 m aménagé en zone technique (présence d'accélérateurs) • une voie de circulation d'une largeur de 2,80 m • une voie réservée « pompiers » d'une largeur de 2,55 m (séparée de la voie de circulation par une ligne blanche de 0,15 m) • une piste cyclable d'une largeur de 1,70 m séparée de la voie « pompiers » par une bordure infranchissable de 0,40 m de largeur et de 0,15 m de hauteur • un trottoir de 0,35 m 	
Gabarit autorisé	<ul style="list-style-type: none"> • 2,70 m pour la voie de circulation pour véhicules motorisés • 3,50 m pour la voie réservée « pompiers » • 2,70 m pour la piste cyclable 	
Équipements	Galeries de communication intertubes, niches de sécurité, ventilation longitudinale au moyen d'accélérateurs, éclairage et plots de jalonnement, dispositifs de fermeture physique, vidéosurveillance (DAI)	

Tunnel Jenner	
TMJA	15 000 véh/jour
Poids lourds	Non autorisés
Cyclistes	Autorisés
	Comptage : <ul style="list-style-type: none"> • 200 cycles par sens et par jour (février 2022) • 354 cycles par sens et par jour (juillet 2022) • TMJA cycles 2022 : 303 cycles par jour et par sens

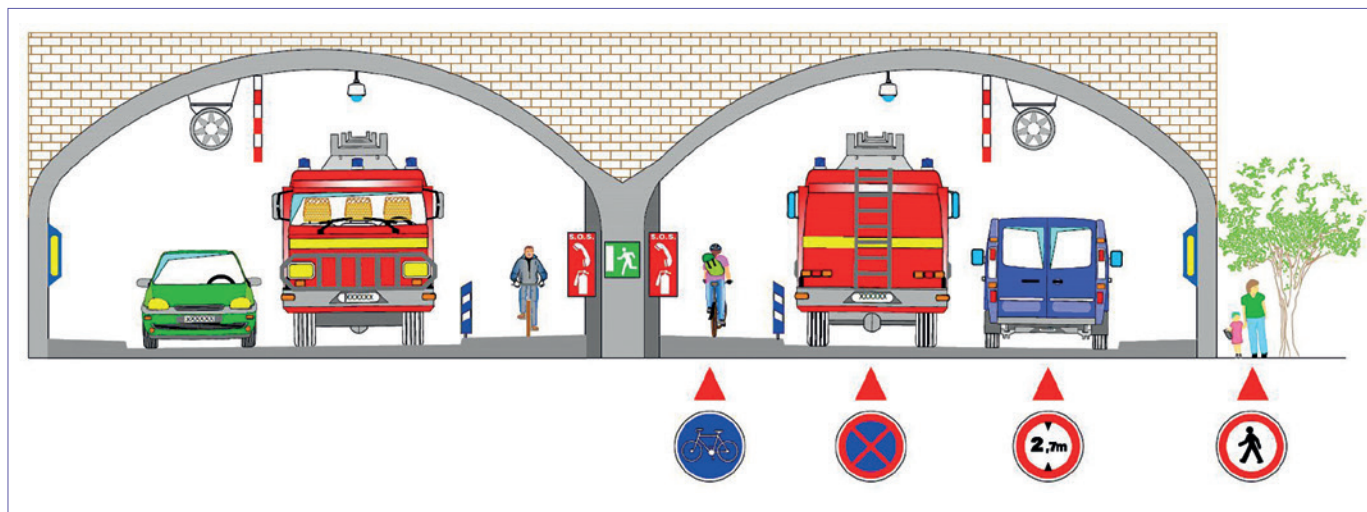
3.1.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles

Profil en travers et marquage

L'ouvrage rénové après travaux de mise en sécurité est organisé selon trois voies de circulation par tube. Une voie est réservée aux voitures (limitée à 2,70 m de hauteur maximale, les poids lourds étant interdits). Une voie est destinée aux

véhicules de secours (essentiellement ceux des pompiers et du SAMU). Une voie a été conservée pour les cycles avec une légère surélévation.

Dans chaque sens, la traversée du tunnel pour les cyclistes a été conçue afin de garantir au maximum leur sécurité en séparant la piste cyclable du trafic routier, au moyen de la voie réservée aux secours. Cette traversée s'inscrit dans un maillage de voies que l'agglomération prévoit de développer dans le cadre de son Plan vélo.



Principe d'aménagement du tunnel Jenner (© CETU)



Tunnel Jenner après rénovation (© Egis)



Tête sud du tunnel Jenner après rénovation (© Egis)

Signalisation

Une signalisation verticale par panneau B22a est implantée sur un portique en amont des entrées du tunnel.

Système de détection

Le tunnel Jenner n'est pas équipé d'un système de détection des cycles.

Éclairage

Le tunnel est doté d'un éclairage de jour comme de nuit avec renforcement en entrée. Aucune disposition particulière d'éclairage n'est prévue pour les cycles.

3.1.4 Retour d'expérience

Depuis 2019, le trafic cycliste, incluant les trottinettes, est en nette augmentation (11 000 vélos par sens en juillet 2022 contre 7 000 en juillet 2019).

Il n'y a pas d'éclairage spécifique pour les pistes cyclables. L'éclairage de type LED installé lors de la rénovation de l'ouvrage apporte un niveau d'éclairement homogène sur l'ensemble des voies.

Concernant l'accidentologie, les accidents de vélos sont essentiellement dus à des comportements inadaptés (alcoolisation, cascades en trottinettes). L'exploitant a relevé quelques cas de chutes en entrée d'ouvrage du fait de la formation occasionnelle de verglas.

Concernant l'aménagement, l'exploitant relève que les cyclistes n'hésitent pas à emprunter le tunnel lorsqu'il est fermé. Si un seul tube est fermé, certains passent sous les barrières du tube fermé – avec un risque de casse de la barrière en entrée ou en sortie –, ou prennent le second tube en contre-sens et croisent ceux circulant dans le sens opposé, alors que la largeur de la piste est confortable mais ne permet pas pour autant à deux cyclistes de se croiser facilement. Quand les deux tubes sont fermés, les cyclistes passent sous les barrières de l'un ou l'autre tube.

3.1.5 Analyse et observations

La configuration bitube conjuguée à la largeur roulable disponible dans chaque tube permet une séparation franche des différents flux. L'intégration d'une voie pompiers entre la voie circulée par les véhicules légers et la piste cyclable permet, en cas de chute du cycliste, de supprimer le risque de collision du cycliste avec un véhicule venant de l'arrière.

L'interdiction d'emprunter l'ouvrage par les piétons complexifie l'exploitation de l'ouvrage.

La continuité de la piste cyclable en entrée et sortie de chaque tube permet de s'affranchir de mouvements inappropriés de la part de certains cyclistes.

L'exploitation en D4 (surveillance 24h/24) permet une action immédiate de l'opérateur ou une intervention rapide des forces de l'ordre dès lors qu'il est constaté par l'opérateur un comportement inapproprié de la part des cyclistes (franchissement de barrière, contre-sens) ou la présence de piétons de l'ouvrage.

3.2 TUNNEL DE CAP ESTEL – MÉTROPOLE DE NICE

3.2.1 Présentation

Le tunnel du Cap Estel est un tunnel situé dans le département des Alpes-Maritimes. Il est localisé sur la Route Métropolitaine RD6098 entre les PR 51+329 et PR 51+947, entre les villes de Nice et de Monaco, sur la commune d'Èze.

La Métropole Nice Côte d'Azur est maître d'ouvrage et exploitante du tunnel de Cap Estel.

3.2.2 Description de l'ouvrage

L'ouvrage est constitué d'un tube bidirectionnel avec une voie de circulation par sens. Le tunnel du Cap Estel est orienté ouest-est dans le sens Nice vers Cap d'Ail. Il a été mis en service en 1993. La longueur de l'ouvrage est de 620 m.

Au sens de l'IT 2000, le tunnel de Cap Estel est classé dans la catégorie des ouvrages :

- non urbains à un tube bidirectionnel ;
- à trafic non faible ;
- de gabarit supérieur à 3,50 m ;
- interdits aux véhicules transportant des marchandises dangereuses ainsi qu'aux véhicules de plus de 7,5 tonnes sauf transports en commun ;
- de niveau de surveillance D4.

Le tableau ci-après synthétise les principales caractéristiques de l'ouvrage :

Tunnel de Cap Estel	
Longueur	620 m
Tracé en plan	Courbe prononcée à gauche (rayon de 80 m) dans le sens ouest-est puis alignement droit
Profil en long	Rampe de 5,4 % sens ouest-est
Largeur roulable	8,50 m se décomposant comme suit : <ul style="list-style-type: none"> • une bande cyclable de 1,3 m sens est-ouest • une voie de circulation d'une largeur de 3 m • une bande libre entre les deux sens de circulation (matérialisée par 2 bandes continues espacées d'environ 60 cm) • une voie de circulation d'une largeur de 3,60 m
Largeur de trottoirs	1,30 m
Gabarit autorisé	4,30 m
Équipements	Éclairage, ventilation naturelle, plots de jalonnement, 2 niches de sécurité par sens dans l'ouvrage, PAU aux têtes, réseau incendie, Vidéo-DAI et caméras mobiles, dispositif de fermeture physique

Le tableau ci-après synthétise les principales données de trafic de l'ouvrage :

Tunnel de Cap Estel	
TMJA	9 152 véh/jour (2022)
Poids lourds	Non autorisés
Piétons	Non autorisés
Cyclistes	Non renseigné

3.2.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles

Profil en travers et marquage

Sens ouest-est (sens montant) : la circulation des cyclistes est interdite dans l'ouvrage, les cyclistes empruntent une voie de desserte locale qui longe l'ouvrage.



Tête ouest du tunnel de Cap Estel (© Nice Métropole)

Sens est-ouest (sens descendant) : les cyclistes empruntent la bande cyclable de 1,30 m de largeur. La bande cyclable commence à l'intérieur de l'ouvrage et non à l'extérieur.

Il n'y a pas de pictogrammes vélo sur la bande cyclable.



Bande cyclable dans le tunnel de Cap Estel (sens est-ouest) (© Nice Métropole)



Tête est du tunnel de Cap Estel (© Nice Métropole)

Signalisation

Une signalisation verticale par panneau B22a est implantée en amont de l'entrée ouest du tunnel.

Il n'y a pas de signalisation permanente qui indique aux conducteurs des véhicules motorisés que des cycles peuvent être présents dans le tunnel dans le sens est-ouest.

Système de détection

Le tunnel de Cap Estel n'est pas équipé d'un système de détection des cycles.

Éclairage

Le tunnel bénéficie d'un éclairage de jour comme de nuit avec renforcement en entrée. Aucune disposition particulière d'éclairage n'est prévue pour les cyclistes.

3.2.4 Retour d'expérience

Dans le sens ouest-est (sens montant), on peut observer que les cyclistes n'empruntent pas systématiquement la voie de desserte extérieure. Il en résulte une présence de cyclistes à l'intérieur du tube montant qui provoque systématiquement la fermeture du tunnel par l'exploitant pour des raisons de sécurité.

En effet, du fait de la pente de + 5,4 % et du différentiel de vitesse qu'elle crée entre cyclistes et véhicules motorisés, la largeur de la voie (3 m) du tube montant ne permet pas la présence simultanée de véhicules motorisés et de cyclistes dans le sens ouest-est dans des conditions de sécurité suffisantes.

3.2.5 Analyse et observations

Dans le sens de la descente (est-ouest), la configuration est assez confortable pour les cyclistes qui disposent d'une bande cyclable relativement large, avec un différentiel de vitesse assez faible avec les usagers motorisés, du fait de la pente descendante.

Il est préférable que les aménagements cyclables en tunnel soient continus avec ceux situés à l'air libre en amont et en aval, afin que les cyclistes les identifient au plus tôt. Ceci est aussi un moyen d'attirer l'attention des usagers motorisés sur la possible présence de cyclistes dans l'ouvrage avant qu'ils entrent dans le tunnel. C'est pourquoi, dans le sens est-ouest, la bande cyclable pourrait démarrer à l'extérieur du tunnel.

Dans le sens montant, afin d'éviter que les cyclistes empruntent l'ouvrage, la signalisation pourrait être renforcée, et en sortie d'ouvrage, une réflexion sur la réinsertion des cyclistes sur la route départementale pourrait être menée, afin de faciliter l'usage de la voie extérieure par les cyclistes et la rendre plus attractive.

3.3 TUNNEL DE KÉRINO – VILLE DE VANNES

3.3.1 Présentation

Le tunnel de Kérino (ou passage inférieur de Kérino) est un tunnel sous-fluvial ouvert aux véhicules motorisés, aux cyclistes et aux piétons. Situé à Vannes, il permet de franchir la Marle à l'embouchure du chenal reliant le port de plaisance de la ville au golfe du Morbihan. Il a été construit afin de fluidifier le trafic routier entre les deux rives de la Marle.

Le maître d'ouvrage est la ville de Vannes. L'exploitant est une filiale de Vinci (SPIK : Société du passage inférieur de Kérino) dans le cadre d'un contrat de Partenariat Public Privé.

3.3.2 Description de l'ouvrage

L'ouvrage, mis en service en 2016, est une tranchée couverte de 250 m de longueur, qui dispose d'un espace dédié aux modes actifs complètement séparé de la circulation routière.

La tranchée couverte dispose de deux espaces de circulation distincts :

- un espace pour les voitures, les deux-roues motorisés, les bus et les poids lourds ;
- un espace dédié aux modes actifs.

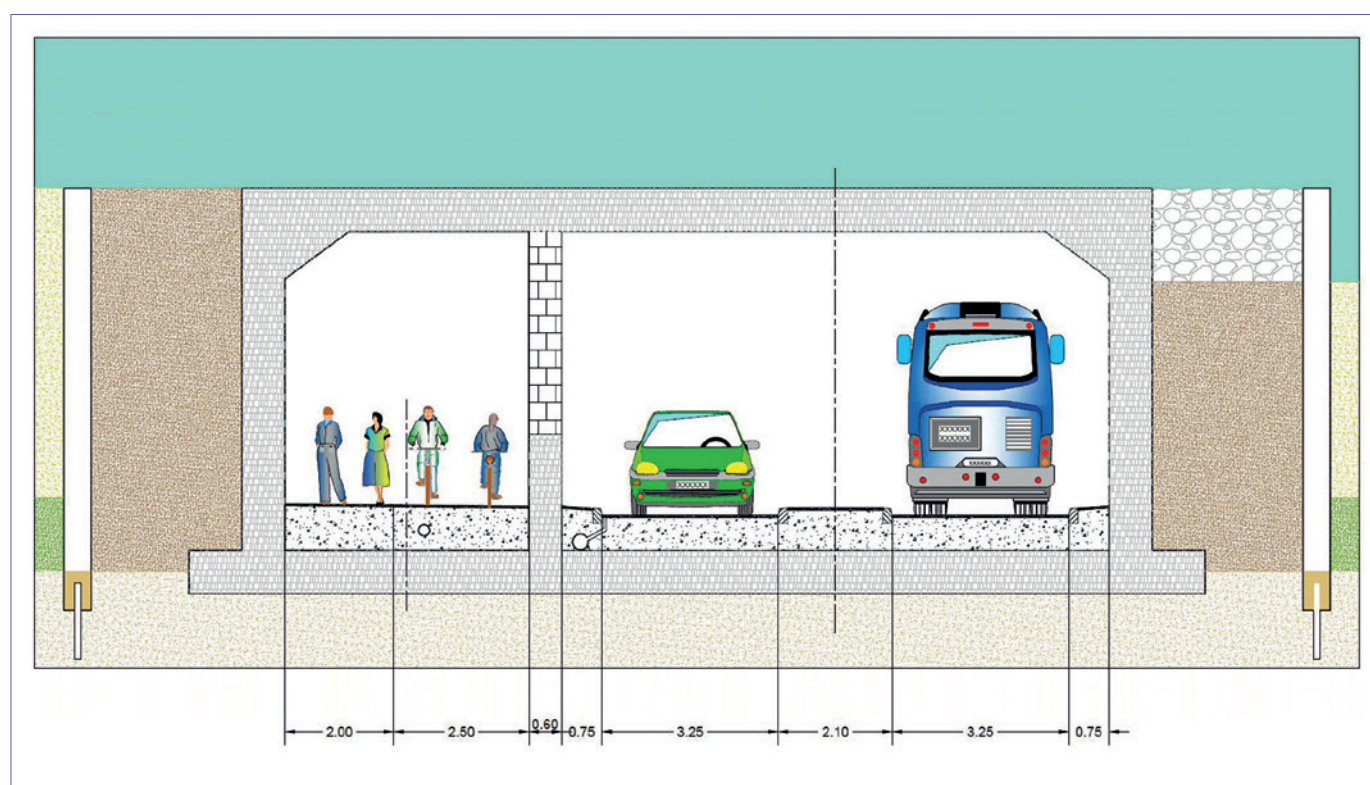
Au sens de l'IT 2000, le tunnel de Kérino est classé dans la catégorie des ouvrages inférieurs à 300 m de longueur.

Le tableau ci-après synthétise les principales caractéristiques de l'ouvrage :

Tunnel de Kérino	
Longueur	250 m
Largeur roulable	<ul style="list-style-type: none"> • espace dédié aux véhicules motorisés : 8,6 m avec séparateur central de largeur 2 m • espace dédié aux modes actifs : 4,5 m
Largeur de trottoirs	0,75 m (dans l'espace dédié aux véhicules motorisés)
Équipements	<ul style="list-style-type: none"> • dans l'espace dédié aux véhicules motorisés : éclairage, vidéo-DAI, niches de sécurité aux têtes, fermeture par feux R24 + barrières positionnés aux carrefours en amont de chaque tête • dans l'espace dédié aux modes actifs : éclairage et vidéosurveillance

Le tableau ci-après synthétise les principales données de trafic de l'ouvrage :

Tunnel de Kérino	
TMJA	15 000 véh/jour (2022)
Poids lourds	4 à 5 % (TMD non autorisés)
Cyclistes	Pas de comptage



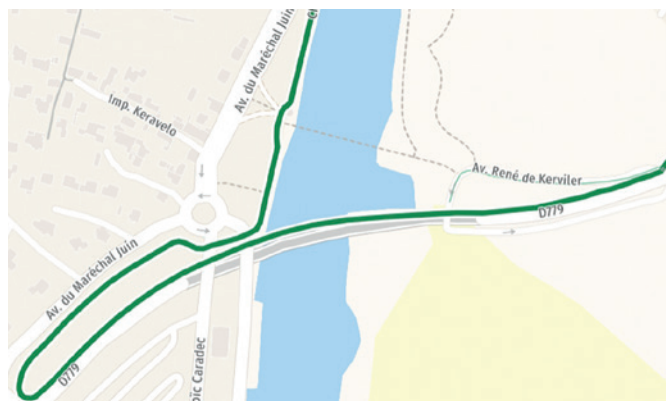
Coupe et profil en travers du tunnel de Kérino (© CETU)

3.3.3 Les aménagements spécifiques pour les cycles

Profil en travers et marquage

La piste cyclable située dans l'ouvrage fait partie d'un tronçon de piste cyclable bidirectionnelle de 1,2 km située entre deux giratoires encadrant l'ouvrage. Elle est complètement séparée de la chaussée empruntée par les véhicules motorisés.

Les cyclistes et les piétons disposent chacun d'un espace de circulation dédié, séparé par une bordure noyée dans le sol. L'espace global de circulation réservé aux modes actifs a une largeur de 4,5 m. Les rampes d'accès présentent un pourcentage de 6 %.



Itinéraire cyclable de part et d'autre du tunnel de Kérino (© Mappy)



Tête est du tunnel de Kérino (© Cerema)



Espace dédié aux modes actifs du tunnel de Kérino (© Cerema)



Signalisation

Une signalisation verticale (panneau d'interdiction cycles et piétons en amont de la tranchée couverte) oblige les cycles et les piétons à emprunter la galerie qui leur est dédiée.

Sur la piste cyclable, des pictogrammes vélo ont été peints.

Système de détection

Le tunnel de Kérino n'est pas équipé d'un système de détection des cycles.

Éclairage

L'espace de circulation dédié aux modes actifs est éclairé et video-surveillé.

3.3.4 Retour d'expérience

L'ouvrage est relativement peu emprunté par les cyclistes qui préfèrent utiliser l'ancien pont désormais réservé aux modes doux.

Les cyclistes empruntent essentiellement le tunnel lorsque le pont au-dessus du fleuve, qui est un pont tournant, est inutilisable.

Aucun événement particulier (conflit entre modes, accident) n'a été recensé dans l'espace du tunnel dédié aux modes actifs depuis sa mise en service.

3.3.5 Analyse et observations

S'agissant d'un ouvrage neuf, l'opportunité de séparer les flux routiers motorisés des flux modes actifs a été saisie dès la conception.

La gestion des flux au niveau des têtes de tunnel est facilitée par la présence d'une piste bidirectionnelle continue de part et d'autre de l'ouvrage. La séparation des flux se fait donc bien en amont de l'ouvrage. Les rampes de 6 % peuvent constituer une difficulté pour des cyclistes non expérimentés. Toutefois, s'ils doivent mettre pied à terre, la largeur de 4,5 m leur permet de marcher sur l'espace dédié aux piétons sans perturber la circulation des autres cyclistes.

4 RETOUR D'EXPÉRIENCE POUR LES GALERIES DE SÉCURITÉ AUTORISÉES AU PASSAGE DES CYCLES ET DES PIÉTONS

Ce chapitre a pour objectif de présenter trois galeries de sécurité de tunnels routiers ouvertes au transit des cyclistes et des piétons :

- le tube modes doux du tunnel de la Croix Rousse, à Lyon ;
- la galerie de sécurité du tunnel du Chat, exploitée par le Conseil Départemental de Savoie ;

- la galerie de sécurité du tunnel du Siaix, exploitée par la DIR Centre-Est, dans le département de la Savoie.

L'analyse de ces trois ouvrages figure en fin de chapitre.

4.1 TUBE MODES DOUX DU TUNNEL DE LA CROIX-ROUSSE – LYON (RHÔNE)

4.1.1 Présentation

Le tunnel de la Croix-Rousse est un tunnel situé sous la colline du même nom, dans les 1^{er} et 4^e arrondissements de Lyon. Il a été ouvert à la circulation le 19 avril 1952 et entièrement réhabilité en 2013.

Dans le but de mettre en sécurité le tunnel routier et d'ouvrir l'itinéraire aux cyclistes et piétons de manière sécurisée, la Métropole de Lyon a opté pour le creusement d'une galerie « modes actifs » à triple fonction :

- évacuation des usagers en cas d'incendie dans le tunnel routier ;
- circulation des cyclistes et des piétons et des bus dans un sens ;
- accès sécurisé des véhicules de secours et de service.

Cette galerie de sécurité est appelée « tube modes doux » dans la suite du document.

4.1.2 Description de l'ouvrage

Au sens de l'IT 2000, le tunnel de la Croix-Rousse, de 1 750 m de longueur, est classé dans la catégorie des ouvrages :

- urbains à un tube bidirectionnel ;
- à trafic non faible ;
- de gabarit supérieur à 3,50 m ;
- interdit aux poids lourds ;
- de niveau de surveillance D4.

Tube routier

Le tableau ci-après synthétise les principales caractéristiques du tube routier :

Tunnel de la Croix-Rousse	
Longueur	1 757 m
Tracé en plan	En alignement droit
Profil en long	Pente < 1 % quasi nulle
Largeur roulable	Largeur roulable se décomposant comme suit : • deux voies de circulation dans chaque sens de largeur • 1 BDD de 0,15 m et 1 BDG de 0,30 m pour chaque sens • un trottoir 0,80 m côté voie lente dans chaque sens • une glissière béton armée sépare les deux sens de circulation (des séparateurs mobiles sont implantés au droit de chaque issue de secours)
Largeur de trottoirs	1,30 m
Gabarit autorisé	3,50 m
Équipements	Séparateurs mobiles (ITPC) piétons au droit et à proximité des issues de secours Séparateurs mobiles (ITPC) véhicules de secours en tunnel au droit des IS à gabarit véhicule Éclairage, ventilation, plots de jalonnement, 11 niches de sécurité par sens dans l'ouvrage, 11 niches incendie par sens dans l'ouvrage, 11 issues de secours communiquant avec le tube modes doux, PAU aux têtes, réseau incendie, DAI et caméras mobiles, dispositif de fermeture physique

Le tableau ci-après synthétise les principales données de trafic du tube routier :

Tunnel de la Croix-Rousse	
TMJA	47 000 véh/jour (2 sens confondus)
Poids lourds	Non autorisés (gabarit de 3,50 m)
Bus	83 par jour

Tube modes doux

Le tableau ci-après synthétise les principales caractéristiques du tube modes doux :

Tunnel modes doux de la Croix-Rousse	
Longueur	1 757 m
Tracé en plan	En alignement droit
Profil en long	Pente < 1 ‰
Largeur utile	Largeur utile se décomposant comme suit : • 1 voie bus unidirectionnelle au sud (largeur 3,5 m avec BDD 0,15 m / BDG 0,15 m / devers de 3 ‰) • 1 piste cyclable au nord (largeur 3,0 m / devers de 1,5 ‰) • 1 voie piétonne au centre (largeur 1,77 m / devers de 2 ‰) • une glissière béton armée séparant la voie bus de l'espace piétons / cycles (des séparateurs mobiles sont implantés au droit de chaque issue de secours)
Largeur de trottoirs	1 m (piédroit côté voie bus)
Gabarit autorisé	3,50 m
Équipements	Séparateurs mobiles (ITPC) piétons au droit et à proximité des issues de secours Séparateurs mobiles (ITPC) véhicules de secours en tunnel au droit des is à gabarit véhicule Éclairage, ventilation, plots de jalonnement, 11 niches incendie par sens dans l'ouvrage, 11 issues de secours communiquant avec le tube modes doux, un PAU en face de chaque issue de secours sur le piédroit nord (voie piétons et cyclistes), PAU aux têtes, vidéo-DAL sur la voie bus uniquement, caméras mobiles, dispositif de fermeture physique totale au moyen de portails installés aux têtes

Le tableau ci-après synthétise les principales données de trafic du tube modes doux :

Tunnel modes doux de la Croix-Rousse	
Bus	1 bus toutes les 10 minutes environ soit 83 bus/jour (1 seul bus à la fois dans le tube, géré par régulation automatisée) dans le sens Rhône-Saône
Cycles	3 600 cyclistes/jour en 2023
Piétons	Non renseigné

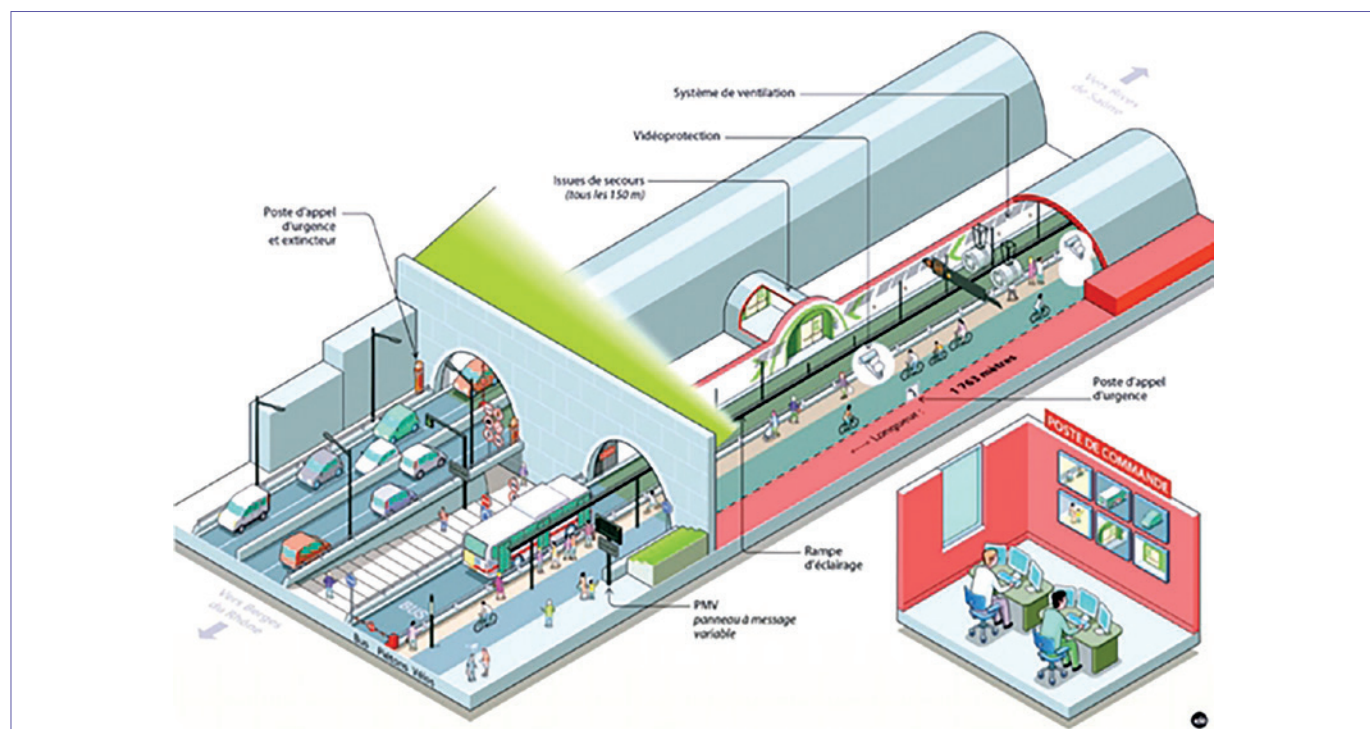
L'espace de circulation pour les cyclistes et les piétons est constitué :

- d'une piste cyclable à double sens, de largeur 3 m, avec pictogrammes vélo et marquage séparatif pour chaque sens de circulation ;
- d'une voie piétons de largeur 1,77 m.

La piste cyclable et l'espace piétons sont séparés par une double ligne continue, une bordure noyée et une couleur différente de revêtement.

La voie bus et l'espace cyclistes et piétons sont séparés par une glissière de sécurité en béton. Des séparateurs mobiles sont implantés au droit de chaque issue de secours.

En 2013, ces séparateurs ont été considérés par la Délégation à la Sécurité à la Circulation Routière comme des interruptions de terre plein central, dispositifs assimilés aux raccordements et pour lesquels la norme européenne était en préparation. Ces dispositifs n'étaient pas encore soumis au marquage CE en 2013. Ainsi, seules les exigences en matière de respect des géométries et des raccordements étaient à respecter, selon la circulaire n°88-49 du 9 mai 1998 relative à l'agrément et aux conditions d'emploi des dispositifs de retenue.



Principe d'aménagement du tunnel de la Croix-Rousse (© Grand Lyon)



Tunnel modes doux de la Croix-Rousse (© CETU)

La procédure d'évacuation des usagers en cas d'incendie dans le tube routier ou dans la galerie de sécurité est identique. Les usagers ont pour consigne d'évacuer le tube sinistré par les intertubes.



Ainsi, dans la galerie de sécurité, au droit des issues de secours, la glissière séparant l'espace circulé par les bus et l'espace cyclistes et piétons dispose d'un élément mobile automatisé permettant aux cyclistes et piétons de rejoindre les issues de secours.



Issue de secours – Tunnel modes doux de la Croix-Rousse (© CETU)



Glissière mobile – Tunnel modes doux de la Croix-Rousse (© CETU)

4.1.3 Retour d'expérience

À la mise en service, en 2014, seul l'intérieur du tunnel à proximité des têtes était éclairé et seules les animations portées sur le piédroit opposé à la piste cyclable permettaient d'éclairer la piste cyclable et la voie piétonne.

Suite à plusieurs accidents et plaintes d'usagers, les niveaux d'éclairage ont été sensiblement augmentés sur les espaces dédiés aux cyclistes et aux piétons. L'utilisation des animations a été limitée à de courtes périodes.

Des aménagements cyclables en amont de chaque tête permettent de séparer les flux cyclistes des flux routiers.



Tête est – Galerie modes doux (© CETU)



Tête ouest – Galerie modes doux (© CETU)

GALERIE DE SÉCURITÉ DU TUNNEL DU CHAT – DÉPARTEMENT DE LA SAVOIE

4.2.1 Présentation

Le tunnel du Chat est situé sur la RD1504 (commune de Bourdeau – tête est – et Saint-Jean-de-Chevelu – tête ouest). Il a fait l'objet de travaux lourds de mise en sécurité. Suite à ces travaux, il a été rouvert à la circulation le 18 novembre 2017.

Dans le but d'ouvrir l'itinéraire aux cyclistes et aux piétons de manière sécurisée, le CD73 a choisi de conserver le tunnel routier bidirectionnel et de creuser une galerie de sécurité possédant la triple fonction :

- d'évacuation des fumées en cas d'incendie dans le tunnel par une gaine de désenfumage située en partie haute de la galerie de sécurité ;
- de circulation des cyclistes et des piétons ;
- d'accès des véhicules de secours et de service.

Cet itinéraire permet aux véhicules motorisés, y compris cars et camions de manière contrôlée mais hors TMD, et désormais aux cyclistes et aux piétons, de relier l'avant-pays savoyard et le Bugey d'une part, au bassin d'Aix-les-Bains et Chambéry d'autre part.

4.1.2 Description de l'ouvrage

Au sens de l'IT 2000, le tunnel du Chat, de 1 490 m de longueur, est classé dans la catégorie des ouvrages :

- non urbains à un tube bidirectionnel ;
- à trafic non faible ;
- de gabarit supérieur à 3,50 m ;
- interdit aux véhicules transportant des marchandises dangereuses ;
- de niveau de surveillance D4.

Tube routier

Le tableau ci-après synthétise les principales caractéristiques du tube routier :

Tunnel du Chat	
Longueur	1 486 m
Tracé en plan	En alignement droit
Profil en long	Profil en toit, pentes comprises entre 1 et 2 ‰
Largeur roulable	Largeur roulable de 6,5 m (2 voies de circulation de 3,25 m de largeur dans chaque sens)
Largeur de trottoirs	0,65 m
Gabarit autorisé	4,30 m
Équipements	Éclairage, ventilation, plots de jalonnement, niches de sécurité, 4 niches incendie, 4 issues de secours qui communiquent avec la galerie de sécurité, PAU aux têtes, réseau incendie, vidéo-DAI et caméras mobiles aux têtes, dispositif de fermeture physique

Le tableau ci-après synthétise les principales données de trafic du tube routier :

Tunnel du Chat	
TMJA	12 760 véh/jour (2 sens confondus) en 2017
Poids lourds	120 par jour en 2017

Galerie de sécurité

La galerie de sécurité a une largeur de 3,5 m et une hauteur de 3 m. Elle est reliée au tunnel routier par quatre rameaux de communication.

Les piétons et les cyclistes circulent dans les deux sens dans le même espace ; il n'y a pas de voie spécifique pour chaque type d'utilisateurs ni pour chaque sens de circulation.



© CD73

Le tableau ci-après synthétise les principales caractéristiques de la galerie de sécurité :

Galerie de sécurité du tunnel du Chat	
Longueur	1 486 m
Tracé en plan	En alignement droit
Profil en long	Profil en toit, pentes comprises entre 1 et 2 %
Gabarit autorisé	3 m
Équipements	PAU, garage de dimensions 15 m x 2 m au débouché de chaque rameau destiné à l’exploitant et aux services de secours Éclairage de base adaptatif : <ul style="list-style-type: none"> • éclairage de jour : 45 lux en moyenne et en permanence • éclairage de nuit sur détection de présence : <ul style="list-style-type: none"> – mode réduit en l’absence de détection – mode nominal (45 lux) par tronçon de 300 m quand un usager est détecté Éclairage de renforcement aux entrées Éclairage de sécurité permanent : 10 lux en moyenne et 2 lux en tout point, signalisation Dp2a et Dp2b, poteaux incendie aux têtes Câble rayonnant

Le tableau ci-après synthétise le trafic cycliste dans la galerie de sécurité en 2022 :

Galerie de sécurité du tunnel du Chat Passages de cyclistes/mois en 2022	
Janvier	75
Février	682
Mars	1 977
Avril	2 509
Mai	3 788
Juin	3 184
Juillet	4 150
Août	4 312
Septembre	3 171
Octobre	3 817
Novembre	1 392
Décembre	556

Données issues d'un éco-compteur par boucle magnétique permanent installé à l'entrée de la galerie de sécurité (côté Bourdeau) (© CD73)

Quelques randonneurs sont en outre comptabilisés par le CD73.

4.2.3 Retour d'expérience

L'enquête terrain réalisée par le CD73, suite à la mise en service, montre que la galerie est bien appréciée des usagers.

Côté Yenne, l'entrée de la galerie n'étant pas visible depuis le giratoire d'entrée du tunnel. Quelques rares cas de cyclistes ont emprunté le tunnel routier dans le sens Yenne vers Bourdeau. Une signalisation directionnelle et des pictogrammes vélo sur la chaussée indiquent aux cyclistes l'entrée de la galerie de sécurité. Il est à noter qu'en cas de présence d'un cycliste dans le tunnel, les opérateurs ferment le sens dans lequel est présent le cycliste jusqu'à ce qu'il sorte.



Entrée galerie côté Yenne à l'ouest à 32 m du tunnel routier (© CD73)

Actuellement, l'accès au tunnel s'effectue par plusieurs routes dont aucune n'est dotée de bande cyclable. Dans le cadre de son plan vélo, le CD73 travaille actuellement sur un projet d'aménagement d'accès cyclables à la galerie côté Yenne. Ainsi, un nouveau tronçon de voie verte est à l'étude, d'une longueur de 11 km entre la galerie du Chat et Yenne, le long de la RD1504. Les travaux seront réalisés sur la période 2024-2027 (source : https://www.savoie.fr/web/sw_116361/le-departement-mise-sur-le-velo).

Côté Bourdeau, une bande cyclable est aménagée sur la RD1504 dans le sens montant depuis le hameau de Chalignat, sur une distance de 3 km.

En arrivant vers l'ouvrage, une piste cyclable bidirectionnelle a été aménagée. Elle est séparée de la RD1504 par une Glissière en Béton Armé (GBA) sur une longueur de 100 m.

Cette piste amène les cyclistes directement à l'entrée de la galerie.

Pour les cyclistes en sortie, la piste débouche sur un carrefour qui permet aux cyclistes de s'engager sur la RD1504.

Les cyclistes peuvent ainsi traverser en sécurité et commencer la descente en sécurité.



Entrée galerie côté Bourdeau à l'est à 45 m du tunnel routier (© CD73)



Entrée tunnel routier côté Bourdeau (© CETU)

4.3.1 Présentation

La RN90, reliant Albertville à Bourg-Saint-Maurice, constitue un accès unique aux agglomérations de la Haute-Vallée de la Tarentaise.

Cet itinéraire comprend le tunnel routier du Siaix.

Dans le but de mettre en sécurité le tunnel routier et de sécuriser la traversée du tunnel pour les cyclistes et les piétons, la DIR Centre-Est a opté pour le creusement d'une galerie de sécurité possédant la triple fonction :

- évacuation des usagers en cas d'incendie dans le tunnel routier ;
- circulation des cyclistes et des piétons ;
- accès des véhicules de secours et de service.

4.3.2 Description de l'ouvrage

Au sens de l'IT 2000, le tunnel du Siaix, de 1 620 m de longueur, est classé dans la catégorie des ouvrages :

- non urbains à un tube bidirectionnel ;
- à trafic non faible ;
- de gabarit supérieur à 3,50 m ;
- autorisés aux transports de marchandises dangereuses avec restrictions les week-ends et jours fériés ;
- de niveau de surveillance D4.

Tube routier

Le tableau ci-après synthétise les principales caractéristiques du tube routier :

Tunnel du Siaix	
Longueur	1 619 m
Tracé en plan	En alignement droit
Profil en long	Profil en toit, pente de + 1,5 % puis - 0,9 % dans le sens Moutiers vers Aime
Largeur roulable	Largeur roulable se décomposant comme suit : <ul style="list-style-type: none"> • bande de rive de 0,25 m • voie circulée de 3,50 m • voie neutralisée réservée pour les secours de 3,10 m • voie circulée de 3,50 m • bande de rive de 0,25 m
Largeur de trottoirs	1 m
Gabarit autorisé	4,50 m
Équipements	Éclairage, ventilation, plots de jalonnement, niches de sécurité, 4 niches incendie, 7 issues de secours qui communiquent avec la galerie de sécurité, PAU aux têtes, réseau incendie, vidéo-DAI et caméras mobiles aux têtes, dispositif de fermeture physique

Le tableau ci-après synthétise les principales données de trafic du tube routier :

Tunnel du Siaix	
TMJA	12 089 véh/jour (2 sens confondus) en 2017
Poids lourds	925 par jour

Galerie de sécurité

Les piétons et les cyclistes circulent dans les deux sens dans le même espace, avec une voie spécifique pour chaque sens de circulation.



Intérieur de la galerie de sécurité (© CETU)

Côté Moutiers, l'accès à la galerie se fait depuis le hameau de Saint-Marcel, situé à 800 m en amont de l'entrée du tunnel, avec une voie partagée dans un premier temps pour rejoindre le hameau, puis une piste cyclable jusque la tête ouest de la galerie.



Entrée ouest de la galerie de sécurité côté Moutiers (© DIR Centre-Est)

Côté Aime, l'accès à la galerie se fait depuis le hameau de Centron, situé à 500 m en amont du tunnel. Les cyclistes circulant sur la RN90 empruntent une sortie obligatoire pour rejoindre le hameau, puis une piste cyclable jusqu'à la tête est de la galerie.



Entrée est de la galerie de sécurité côté Aime (© DIR Centre-Est)

Le tableau ci-après synthétise les principales caractéristiques de la galerie de sécurité :

Galerie de sécurité du tunnel du Siaix	
Longueur	1 469 m
Tracé en plan	En alignement droit
Profil en long	En toit, respectivement sur des longueurs de 1350 m environ depuis la tête aval pour une rampe moyenne de 1,4 % et de 105 m depuis la tête amont pour une pente moyenne de 2,5 %
Gabarit autorisé	3 m
Équipements	Éclairage permanent (45 lux en journée et 10 lux la nuit), postes d'appel d'urgence à chaque tête et au débouché de chaque rameau, signalisation Dp2a et Dp2b, câble rayonnant, PMV et barrière à chaque tête de la galerie

La DIR Centre-Est ne dispose pas de données relatives au trafic cycliste dans la galerie.

4.3.3 Retour d'expérience

La DIR Centre-Est n'a pas connaissance d'incident ou d'accident étant survenu dans la galerie depuis sa mise en exploitation.

4.4 ANALYSE ET OBSERVATIONS POUR LES TROIS GALERIES DE SÉCURITÉ

Les trois galeries présentées ci-avant ont été construites dans les années 2010 pour mettre en sécurité les usagers de chacun des trois tunnels routiers en cas d'événement nécessitant leur évacuation, afin de répondre aux exigences du code de la voirie routière.

Permettre aux modes actifs d'emprunter les galeries de sécurité est donc pour ces ouvrages une fonction complémentaire qui ne doit pas entraver leur fonction initiale de mise en sécurité des usagers.

Afin d'assurer dans de bonnes conditions l'usage de la galerie de sécurité par les modes doux, les exemples ci-avant illustrent qu'il est important d'offrir en amont et en aval de l'ouvrage un itinéraire bien identifié de manière à éviter que des cyclistes ou des piétons se retrouvent dans le tunnel routier.

Dès lors qu'une galerie de sécurité est empruntée par un véhicule motorisé de type transport public, des équipements spécifiques (détection, alerte, ventilation...) doivent être mis en œuvre pour faire face au risque d'incendie. C'est ce qui a été fait dans le tube mode doux de la Croix-Rousse, du fait de la présence de bus.

Concernant les galeries de sécurité uniquement empruntées par des véhicules de l'exploitant, il convient de fermer ces ouvrages temporairement – lors de la circulation des véhicules de l'exploitant – de manière à éviter toute présence d'usagers pendant l'intervention des équipes d'exploitation. En effet, lorsque la galerie de sécurité n'est pas équipée de moyens de détection et d'alerte, les usagers ne pourraient en particulier pas être informés de la nécessité d'évacuer en cas d'incendie sur un véhicule de l'exploitant.

La présence de dispositifs de fermeture aux têtes des galeries de sécurité permet de les fermer aux modes actifs en cas d'incendie dans le tunnel routier. Cette fermeture permet d'éviter d'éventuelles collisions entre les cycles et les personnes qui évacuent à pied depuis les intertubes.

En ce qui concerne l'éclairage, il faut retenir que les niveaux et la qualité de l'éclairage sont des facteurs importants pour la sécurité des cycles et doivent être regardés avec attention. Les galeries de sécurité sont toutes éclairées en permanence avec un niveau minimal. Les dispositifs de variation du niveau d'éclairage en cas de détection d'un usager nécessitent des capteurs qui demandent de la maintenance. Leur installation est donc à évaluer en fonction du gain attendu, qui dépend beaucoup du trafic et de la puissance des sources lumineuses.

CONCLUSION

L'évolution des mobilités, et en particulier le développement significatif des modes actifs, nous conduit à réinterroger les usages des tunnels routiers. La circulation des cyclistes – voire dans certains cas des piétons et de tout type d'engins de déplacement personnel motorisés – doit en particulier être prise en compte dans la démarche de sécurité des tunnels. Cela concerne aussi bien les tunnels situés en milieu urbain qu'en rase campagne, quelle que soit leur longueur.

Les tunnels d'une longueur supérieure à 300 m doivent de surcroît faire l'objet d'un examen périodique de sécurité prévu par le code de la voirie routière, démarche dans laquelle la circulation des cycles – et des modes actifs en général – doit être intégrée.

Ainsi, dès lors que des tunnels se trouvent sur un itinéraire autorisé aux cycles ou plus largement aux modes actifs, ils deviennent des points de passage obligés, pour lesquels des dispositions doivent être mises en place pour garantir la circulation dans de bonnes conditions de sécurité.

La disposition réglementaire actuelle spécifique aux tunnels routiers – en particulier l'instruction technique du 25 août 2000, qui constitue le référentiel technique en matière de sécurité – ne contient toutefois pas de disposition particulière concernant la circulation des modes actifs.

Par ailleurs, si de nombreuses dispositions d'aménagement pour les modes actifs existent à l'air libre, toutes ne sont pas applicables ou adaptables aux tunnels. Pour ce qui concerne l'éclairage diurne, spécifique aux tunnels, les dispositions restent par exemple à définir.

Ainsi, les gestionnaires, exploitants et bureaux d'études ne disposent pas aujourd'hui d'un référentiel technique sur lequel s'appuyer pour aménager les tunnels routiers à la circulation des modes actifs.

Depuis une quinzaine d'années en France, des aménagements destinés à l'accueil des modes actifs pour des traversées de tunnels ont cependant été réalisés. En s'appuyant sur un recueil d'informations réalisé par le CETU auprès d'exploitants d'ouvrages ayant mis en œuvre ces aménagements, ce document présente douze exemples de réalisations, accompagnées d'un retour d'expérience partagé par l'exploitant de chaque ouvrage, ainsi que d'une analyse du CETU.

Ce document constitue ainsi une première base d'informations sur laquelle chaque gestionnaire de tunnels confronté au passage des modes actifs dans l'un de ses ouvrages pourra s'inspirer afin de concevoir son propre aménagement.

Il ressort de l'ensemble des exemples présentés quelques enseignements importants.

Tout d'abord, si l'ouvrage est autorisé aux cyclistes, il est nécessaire d'en informer les usagers motorisés au moyen d'une signalisation fixe, afin de les alerter qu'ils sont susceptibles de rencontrer un cycliste lors de la traversée de l'ouvrage. Ceci est particulièrement vrai pour les ouvrages présentant des rampes supérieures à 2 %, car, dans ce cas, le différentiel de vitesse entre un cycliste en rampe et un véhicule motorisé peut être très important.

En complément, il peut être pertinent de disposer d'une signalisation dynamique pour prévenir les automobilistes de la présence d'un cycliste dans l'ouvrage. Ce dispositif doit permettre de détecter le cycliste lors de son passage. L'information est ensuite transmise à un panneau lumineux qui signale sa présence dans le tunnel et reste allumé pendant le temps moyen de sa traversée. Le dispositif peut être automatique, comme ceux présentés dans ce document (basés sur des prises de vue ou une boucle magnétique insérée dans la voie de circulation). La CNESOR évoque par ailleurs, dans son rapport d'activités 2006-2008, la possibilité d'utiliser un dispositif actionnable par les cyclistes eux-mêmes à leur entrée dans l'ouvrage (pas de retour d'expérience à ce jour).

En ce qui concerne le profil en travers, la solution idéale est de disposer d'une bande cyclable dans chaque sens de circulation. Toutefois, les exemples illustrant ce document montrent que si la largeur roulable est insuffisante pour créer deux bandes cyclables, il peut être pertinent, dès lors qu'un ouvrage présente des rampes, d'avoir un profil en travers dissymétrique avec l'intégration d'une bande cyclable dans le sens de la montée, sens pour lequel le différentiel de vitesse est le plus important entre cyclistes et véhicules motorisés.

En ce qui concerne l'éclairage, les exemples montrent que les types de dispositions retenus sont très variés, fortement liés aux niveaux de trafic. Dans le cas de tunnels à fort trafic pour les véhicules motorisés et dotés par conséquent d'éclairage de jour comme de nuit assurant une bonne visibilité pour les automobilistes, aucune adaptation spécifique n'a généralement été réalisée pour les cycles. À l'inverse, dans certains tunnels très peu circulés, parfois non éclairés initialement, des systèmes d'éclairage spécifiques ont été installés afin d'améliorer la sécurité des cycles. Ces systèmes sont souvent innovants et propres à chaque ouvrage. Ils visent à concilier à la fois les critères de sécurité de circulation, de coût d'investissement et de sobriété énergétique. Toutefois, la doctrine reste encore à établir dans ce domaine.

Le retour d'expérience présenté ici, restreint à la France, est destiné à être élargi au niveau européen, où de nombreux pays se sont saisis du sujet et mettent en œuvre des solutions novatrices. C'est ainsi que des réflexions sont en cours dans le cadre des travaux de l'association mondiale de la route (PIARC) sur la prise en compte des modes actifs dans les tunnels routiers.

NOTES

[illegible]

NOTES

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

NOTES

[illegible]

PILOTAGE DE LA RÉDACTION

Michaël POTIER

CONTRIBUTEURS

Le CETU remercie pour leur contribution et le partage de retour d'expérience :

- Guillaume DIENY du Conseil Départemental de l'Isère ;
- Stéphane MANSON du Conseil Départemental de la Drôme ;
- Daniel LAMARCHE et Benoit COLLERY du Conseil Départemental de la Savoie ;
- Fabienne LOURDELLE du Conseil Départemental de la Haute-Savoie ;
- Guillaume MAZZOLINI de la Métropole de Lyon ;
- David FAVRE de la DIR Centre-Est ;
- Damien HORENT de la communauté urbaine Le Havre Seine Métropole ;
- Olivier MARTINETTO d'Egis Tunnels ;
- Flavien LOPEZ du Cerema.

Centre d'Études des Tunnels

25 avenue François Mitterrand
69500 BRON - FRANCE
Tél. +33 (0)1 40 81 30 30
cetu@developpement-durable.gouv.fr



**MINISTÈRE
DES TRANSPORTS**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



www.cetu.developpement-durable.gouv.fr