

# LA RENOVATION DES TUNNELS ROUTIERS DE LA REGION DE BRUXELLES-CAPITALE

**A.KABUYA**

**Bruxelles Mobilité - AED - DGE**

## Résumé

Suite aux incendies tragiques survenus en Europe (Mont Blanc, Tauern, Fréjus,...), les exigences de sécurité des tunnels routiers ont fait l'objet d'une révision approfondie. Une nouvelle directive européenne (n°2004/54) est ainsi entrée en vigueur le 29/04/2004. Cette dernière a généré de nombreux projets de sécurisation des tunnels visant à atteindre, pour les tunnels existants, un niveau de sécurité comparable à celui des tunnels nouveaux.

La Région de Bruxelles-Capitale a ainsi mis en œuvre des études et des travaux de rénovation de ses tunnels routiers existants en vue de l'amélioration de leur sécurité. Ces études et ces travaux se basent sur la nouvelle directive européenne en tenant compte du contexte spécifiquement urbain des tunnels routiers bruxellois.

Cette communication présente, d'une part, la méthodologie suivie par la Région de Bruxelles-Capitale pour la rénovation de ses tunnels routiers (état des lieux, comparaison avec le texte de référence et élaboration du programme de mise à niveau), et d'autre part un exemple d'une étude en cours sur le tunnel Porte de Hal.

## Samenvatting

Als gevolg van de tragische branden in Europese tunnels (Mont Blanc, Tauern, Fréjus,...), werden de veiligheidseisen voor wegentunnels grondig herzien. Op 29/04/2004 werd een nieuwe Europese richtlijn (nr. 2004/54) van kracht. Dit leidde tot heel wat ingrepen ter beveiliging van de tunnels om de bestaande tunnels uit te rusten met een zelfde veiligheidsniveau als de nieuwe tunnels.

Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest liet studies uitvoeren en renovatiewerken verrichten aan de bestaande Brusselse wegentunnels om de veiligheid ervan te verhogen. Deze studies en werken zijn gebaseerd op de nieuwe Europese richtlijn en houden rekening met de specifieke stedelijke context van de Brusselse wegentunnels.

In deze bijdrage wordt enerzijds de methodologie uiteengezet die het Brussels Hoofdstedelijk Gewest gevolgd heeft bij de renovatie van zijn wegentunnels (plaatsbeschrijving, vergelijking met referentieteksten en uitwerking van een programma om alle tunnels op een zelfde niveau te krijgen) en anderzijds wordt een voorbeeld beschreven van een studie die momenteel wordt uitgevoerd met betrekking tot de Hallepoorttunnel.

## **1. La situation Réglementaire en vigueur à ce jour.**

### **1.1 Textes réglementaires applicables en Région de Bruxelles-Capitale**

La réglementation générale qui s'applique aux tunnels routiers situés en Région de Bruxelles-Capitale est la réglementation générale pour la construction des ouvrages d'art. Les normes techniques minimales de sécurité relatives à la construction et à l'entretien des routes sont déterminées par l'Etat fédéral en concertation avec les Régions.

Une rapide analyse de la situation réglementaire des tunnels routiers en RBC a montré que le seul texte réglementaire en vigueur concernant spécifiquement les tunnels routiers en RBC est l'arrêté relatif à la qualité de l'air dans les tunnels routiers

### **1.2 Cadre réglementaire européen**

En ce qui concerne la nouvelle directive européenne sur la sécurité dans les tunnels, elle ne s'applique qu'aux tunnels autoroutiers et n'est donc pas imposable aux tunnels de la Région de Bruxelles-Capitale. Néanmoins il est quasi certain qu'à terme, les prescriptions techniques de cette directive devront être prises en considération également pour les autres tunnels car il ne sera pas possible de justifier que les tunnels urbains peuvent avoir des critères de sécurité inférieurs à ceux des autres tunnels. Cependant, de par leur spécificité propre, les tunnels urbains et surtout ceux qui interdisent l'accès aux véhicules de plus de 3,5 t et à toutes les matières dangereuses (comme ceux de la Région de Bruxelles-Capitale) ne doivent pas nécessairement satisfaire d'office à toutes les spécifications techniques de la directive. Cela est d'ailleurs prévu par la directive qui autorise de déroger à celles-ci pour autant qu'une étude d'analyse des risques justifie ces dérogations éventuelles.

Néanmoins, pour clarifier les objectifs visés en matière de rénovation des tunnels, la Région de Bruxelles-Capitale a choisi de préciser et d'adapter les exigences de la directive au contexte urbains des tunnels de la Région de Bruxelles-Capitale sur les points qui le nécessitent. L'adaptation de la directive se fait en s'inspirant des référentiels techniques adoptés par d'autres pays européens pour des ouvrages urbains équivalents. Dès 2009, la Région de Bruxelles-Capitale définira un référentiel technique par catégorie de tunnel sur la base de la directive européenne 2004/54/EC et d'autres textes de références (Instruction technique française IT 2000-63 révisée en 2006 et anglaise BD78/99 en cours de refonte, les recommandations de PIARC, comité technique 3.3 et 4.2). Ce référentiel technique sera la référence pour l'établissement des diagnostics de sécurité et des programmes d'amélioration de la sécurité dans les tunnels existants.

## **2. Principaux objectifs de sécurité**

La mise en conformité des tunnels de la Région de Bruxelles-Capitale par rapport au texte de référence « Directive n°2004/54 du parlement européen et du conseil du 29 avril 2004 concernant les exigences de sécurité minimale applicables aux tunnels routiers transeuropéens » vise en cas d'incident ou d'accident les objectifs fondamentaux suivants:

Détecter les situations anormales et assurer la communication avec les usagers (moyens de surveillance et de détection, signalisation, postes téléphoniques d'appel d'urgence, etc.) ;

Permettre la protection et l'évacuation des usagers et l'accès des secours (issues de secours, abris, garages, éclairage de sécurité, ventilation, alimentation électrique, etc.)

Se prémunir et lutter contre l'incendie (réaction et résistance au feu, moyens d'extinction, moyens de communication des services de secours, désenfumage, etc.).

## **3. Caractéristiques spécifiques de projets de rénovation des tunnels et nécessité d'une méthodologie pour la Région de Bruxelles-Capitale**

Les nouvelles dispositions réglementaires sont plus complètes, plus précises et plus exigeantes. Elles ont bouleversé fondamentalement l'approche de la sécurité des tunnels routiers.

Le cas des ouvrages en exploitation reste particulier, le principe est d'y rechercher un niveau de sécurité comparable à celui d'un tunnel neuf :

- Par une « application raisonnable » de textes réglementaires destinés aux nouveaux tunnels
- Dans un « délai minimum raisonnable » en tenant compte des impératifs de sécurité, des délais d'études et de travaux et des capacités de financement.

Pour atteindre les objectifs de sécurité visés dans le texte de référence, compte tenu de l'ancienneté de certains tunnels bruxellois, des contraintes de génie civil existant, des investissements de rénovation des tunnels qui peuvent parfois être lourds, les projets de rénovations de tunnels ne peuvent pas s'improviser. Ils doivent être méthodiquement organisés et planifiés.

#### **4. Méthodologie suivie par la Région de Bruxelles-Capitale pour la rénovation des tunnels.**

La méthodologie suivie par la région de Bruxelles-Capitale se décompose en quatre phases :

**Phase 1** : Etat des lieux du tunnel, visites de l'ouvrage, définition initiale des contraintes financières et de délais

**Phase 2** : Après la phase de l'état des lieux, une analyse comparative est faite entre cet état des lieux et les prescriptions de la « Directive n°2004/54 du parlement européen et du conseil du 29 avril 2004 concernant les exigences de sécurité minimale applicables aux tunnels routiers transeuropéen ». L'état des lieux doit faire apparaître les différences (écarts) avec les prescriptions de la directive. Sur la base des résultats de cette comparaison, un programme d'amélioration est élaboré, les différentes possibilités d'amélioration de la sécurité dans le tunnel sont proposées. Une analyse comparative des solutions possibles est faite dans une approche globale et multidisciplinaire (génie civil, équipements, sécurité, exploitation et recherche opérationnelle : méthode et planification).

**Phase 3** : Etude projet définitif, établissement des différents cahiers spéciaux des charges et des documents d'adjudication en ce compris la budgétisation détaillée des différents travaux ;

**Phase 4** : Travaux préparatoires et travaux de rénovation avec implication des services de maintenance et d'exploitation.

#### **5. Phase 1 Etat de lieux**

La démarche de conception d'un projet de rénovation et de sécurisation d'un tunnel consiste d'abord en un diagnostic de son état initial. Dans cette phase, la Région de Bruxelles-Capitale effectue une analyse globale de l'état des ouvrages, et ensuite le maître d'œuvre réalise l'état des lieux détaillé des ouvrages.

L'état des lieux comporte au minimum :

##### **5.1 Phase préparation :**

- Recueil des entrants, analyse des archives,

- Création d'une base documentaire informatique (sur chaque ouvrage). Le tout est remis sur un disque dur au MRBC,
- Etablissement d'un référentiel technique permettant d'évaluer les écarts,
- Préparation et organisation des visites sur site.

## **5.2 Phase contrôle sur le site (Appréciation des parties physiques de l'ouvrage) :**

- Inspections visuelles :
  - Des équipements et dispositifs de sécurité (implantation et état),
  - De structures de l'ouvrage, voûte, piédroit, issues de secours et locaux techniques,
- Essais fonctionnels des installations,
- Essais de performance, ventilation, éclairage,

Une prise de vue HD haute définition de l'ensemble des ouvrages souterrains, comme base documentaire complémentaire, réalisée lors des visites de nuit (également remise sur disque dur au MRBC).

## **5.3 Phase étude de diagnostic :**

- Analyse détaillée de la tenue au feu des structures des ouvrages connexes et des équipements,
- Analyse des performances des équipements

Etude de trafic :

- De chaque ouvrage,
- Sur des tronçons d'itinéraires cohérents,

Analyse des documents d'exploitation, des moyens et de l'organisation de l'exploitation du PC MOBIRIS,

Rédaction d'un rapport d'inspection visuel des défauts des structures,

Rédaction d'un rapport d'état des lieux des dispositifs de sécurité pour chaque ouvrage :

- Contexte de l'ouvrage (cohabitation avec d'autres structures, ouvrages, voiries, contexte urbain),
- Trafic dans l'ouvrage, sur l'itinéraire,
- Etat détaillé des équipements dispositifs de sécurité (même vétustes) et proposition d'amélioration,


- Comparaison objective aux textes de référence : directive européenne et autres textes (s'inspirer des référentiels techniques adoptés par d'autres pays notamment sur la ventilation et la tenue au feu),
- Liste des écarts.

Le référentiel technique est celui appliqué sur le tunnel de Porte de Hal, éventuellement complété par de points particuliers liés à la typologie de certains ouvrages.

Comparaison objective aux textes de référence : directive européenne et autres textes (s'inspirer des référentiels techniques adoptés par d'autres pays notamment sur la ventilation et la tenue au feu),

Calcul et liste des écarts.

Tunnel Porte de Hal : Exemple d'un extrait de tableau de comparaison et de calcul des écarts par rapport aux textes de référence

Porte de Hal L= 640m	European directive 2004/54/EC	Française IT 2000-63	Anglaise BD 78	Commentaires
Mesures structurelles	2 tubes ou plus	§2.1	-	Pas de voile centrale
Mesures structurelles	Pente ≤ 5 %	§2.2	=	§4.22 =
Mesures structurelles	Trottoirs	§2.3.1	=	§2.1 - §3.15 =
Mesures structurelles	Issues de secours au moins tous les 500 m	§2.3.3 §2.3.9	=	§2.2 - §3.16 -
Mesures structurelles	Traversée du terre plein central à l'extérieur de chaque tête du tunnel	§2.4.2	-	§2.3.2 - -
Mesures structurelles	Garages au moins tous les 1000m	§2.5	+	§2.3.1 + §3.19 +
Mesures structurelles	Drainage des liquides inflammables et toxiques	§2.6	=	§7.2.3 = §7 = Pas de TMD
Mesures structurelles	Résistance au feu des structures	§2.7	-	§4.2 §4.3 §7.2.3 - §8.56 -
Ouvrages connexes	Résistance au feu des postes techniques	§2.17 §2.18	-	§4.4 - -
Eclairage	Eclairage normal	§2.8.1	=	Dossier pilote CETu = §6.6 =
Eclairage	Eclairage de sécurité	§2.8.2	-	§3.3 - §11.43 - Pas de circuit de sécurité
Eclairage	Eclairage d'évacuation	§2.8.3	-	§3.3 - §11.43 - Pas de circuit de sécurité
Ventilation	Ventilation sanitaire		=	§3.2.1 = = Vétuste
Ventilation	Ventilation mécanique de désenfumage	§2.9	=	§3.3.2 - §5.13 - Pas de ventilation de désenfumage
Ventilation	Dispositions spéciales pour la ventilation transversale	§2.9.5	=	§3.3.2b = §5.78 =
Poste de secours/niche	Nouveaux tunnels : 150 m Tunnels existants : 250 m.	§2.10	+	§2.4 + §3.12 = Tous le 50m
Alimentation en eau	Au moins tous les 250m (capacité 120 m <sup>3</sup> /h)	§2.11	-	§2.5 - §3.12 - Hydrant de DN 40
Signalisation routière		§2.12	-	§3.7.1 - -

## 6. Phase 2 Programme d'amélioration

Cette phase est réalisée par le maître d'œuvre, sous le contrôle de la Région de Bruxelles-Capitale

L'élaboration du programme d'amélioration est une phase complexe et décisive du projet de rénovation d'un tunnel. L'objectif est de définir aussi précisément que possible un programme de travaux qui soit, comme on l'a dit plus haut, une « interprétation » du référentiel technique, adaptée au contexte spécifique de l'ouvrage existant. Le programme d'amélioration est soumis à l'avis du groupe de sécurité tunnels de Bruxelles Mobilité, des partenaires externes impliqués dans la gestion de la sécurité en tunnel et d'un expert externe en matière de sécurité des tunnels. Le programme définitif est accompagné d'une analyse de risques. Celle-ci permet de mettre en évidence les éventuelles lacunes ou faiblesses de l'ouvrage et de ses équipements dans son état de référence. L'état du tunnel, en supposant réalisé le programme des travaux de rénovation, constitue l'état de référence prise en compte pour l'analyse de risque.

Le programme d'amélioration de la sécurité dans le tunnel est donc idéalement la meilleure synthèse de l'ensemble des contraintes techniques, d'exploitation, de sécurité, de délais et de budget. Cette synthèse peut faire l'objet de nombreuses itérations.

Ce programme doit :

être cohérent avec les contraintes spatiales et de maintien de d'exploitation,

être cohérent avec le maintien en service des dispositifs existants pendant les travaux,

satisfaire aux objectifs de mise en sécurité des usagers en cas d'incendie. C'est à dire la meilleure adéquation possible, entre les systèmes de ventilation et de protection et/ou d'évacuation des usagers compte tenu du trafic et des contraintes de l'existant.

assurer l'intervention des secours et la mise en sécurité des ouvrages et voiries, éventuellement contigus aux tunnels, par des protections au feu des structures,

Anticiper les travaux permettant d'améliorer la sécurité et la fiabilité de l'exploitation pendant les travaux.

A l'issue de cette phase, le programme de travaux (de l'état futur de l'ouvrage), le planning et le budget de rénovation correspondant constituent un ensemble cohérent

Le contenu du programme d'amélioration comprend :

- le génie civil,
- la ventilation,
- la sécurité,
- les équipements d'exploitation,
- les procédures d'exploitation du tunnel.

## Tunnel Porte de Hal : exemple d'un extrait de programme d'amélioration

Résumé des exigences minimales	European directive 2004/54/EC				Française IT 2000-63	Anglaise BD 78	Tunnel Porte de Hal L= 640m	
	Trafic > 2 000 veh. Par voie / L 500-1 000 m	Conditions supplémentaires pour que la mise en œuvre soit obligatoire ou remarques					Existant	Proposition
								dalle de chaussée tunnel.
Mesures structurelles	Angles saillants						Des angles saillants sont identifiés au niveau des zones de parking	Nous proposons de les protéger par des dispositifs adaptés.
Mesures structurelles Ouvrages connexes	Postes techniques	§2.17 §2.18		Visé à maintenir les fonctions de sécurité nécessaires. Les circuits électriques, de mesure et de contrôle sont conçus de telle façon qu'une panne locale, due à un incendie par exemple, ne perturbe pas les circuits non touchés	§4.4 Niveau N3 requis : pour alimentations électriques de puissance et réseaux de transmission. Donc pour les ouvrages qui les reçoivent.		Le poste technique actuel n'est pas totalement isolé de l'espace trafic. Les cloisons actuelles ne garantissent pas la continuité (pas de résistance au feu) des services essentiels à la gestion d'un scénario incendie (commande via la GTC de la ventilation et maintien des alimentations électriques). Les portes d'accès côté couverture ne présentent pas de degré coupe-feu. Un volume libre, important, est disponible côté Louise, sens Midi-Louise.	Les locaux techniques destinés à recevoir des équipements essentiels à la sécurité de l'ouvrage et à l'intervention des secours sont protégés au feu quand ils sont contigus à l'espace trafic des couvertures. La démarche est la même pour les réseaux multitubulaires sous couverture. Les voiles et dalles devront être protégés. Les portes côté tunnel présenteront la même tenue au feu que la structure "protégée". Nous proposons également d'utiliser l'espace libre, côté Louise, pour créer un second local, pour séparer physiquement et cantonner les dispositifs de sécurité.
Eclairage	Eclairage normal	§2.8.1			Cf. dossier pilote du CETu (il fait également référence à la CIE)	§6.6 BSS489 P17 est le standard utilisé pour le dimensionnement de l'éclairage	Niveau minimal assuré comme 2000-63. Néanmoins, les appareils d'éclairage sont vétustes et la distribution ne permet pas d'assurer le cantonnement des circuits.	A rénover en appliquant les prescriptions minimum de la CIE et NBN_L_18 003:2001 et le principe de cantonnement des circuits (i.e. : 2 cantons par sens d'environ 300m, en cohérence avec l'éclairage de renforcement).
Eclairage	Eclairage de sécurité	§2.8.2			§3.3 Obligatoire avec un niveau de luminance de 2 lux minimum.	§11.43 10% de l'éclairage normal sur onduleur pour permettre l'évacuation des usagers et ensuite la fermeture du tunnel. Quand la fermeture du tunnel est inacceptable, prévoir l'éclairage de jour sur groupe électrogène.	Il n'y a pas d'éclairage de sécurité, pas de circuits résistants au feu indépendants de l'éclairage normal.	Un circuit de sécurité sera ajouté : résistant au feu (câbles et boîtes CR1-C1 ou selon EN), indépendant des circuits "normaux", alimenté par une source maintenue (sans coupure de type ASI). Le niveau au sol sera de 10 lux moyen.

## 7. Phase 3 Etude du projet défini

Après discussion avec la Région de Bruxelles-Capitale, le maître d'œuvre fait :

- la réalisation du projet définitif avec les documents d'adjudication (prescriptions techniques, schémas de principe, plans, métrés, caractéristiques minimales auxquelles doit répondre le matériel, délai, phasage ...), l'établissement d'une estimation précise du coût (fournitures, coûts d'installations, coûts de mise en service, coûts de réceptions en usine et sur site, ...), tous les documents étant à fournir en français et en néerlandais. Ces pièces définissent sans ambiguïté les limites de prestations entre les différents corps de métiers et permettent aux entreprises de s'engager sur un prix ;



- la rédaction des méthodes d'exécution et d'installation ;
- l'établissement d'un calendrier d'exécution des travaux qui précise le commencement et les durées d'intervention principales par corps de métiers ;
- l'optimisation du phasage des travaux : selon les différentes modalités des horaires de travail envisageables, en lien avec les contraintes d'exploitation sous chantier et selon les plannings des autres chantiers dans le tunnel et ses environs, y compris lointains ;
- une analyse des impacts induits par les travaux en fonction des différentes propositions de phasage (notamment trafic et déplacements)
- la réalisation de la mission de coordinateur de sécurité et santé phase projet

## **8. Phase 4 : Travaux préparatoires et travaux de rénovation .**

Dans cette phase, sous la direction de la Région de Bruxelles-Capitale,, le maître d'oeuvre supervise sur site toutes les activités d'exécution de l' (des) entreprise(s) de travaux et ses/leurs sous-traitants.

Compte tenu des contraintes d'exploitation et techniques la rénovation de l'ouvrage se décompose en plusieurs phases :

### **8.1 Reconnaissances**

Pour les besoins des travaux l'ouvrage, tout doit être mieux maîtrisé du point de vue géométrique et de la nature des structures. Il faut donc procéder dans une première phase :

- Au déshabillage des parements
- A la recherche de zones pour l'implantation des installations de chantier,
- Au relevés topographiques détaillés :
- A des reconnaissances, des sondages des éléments de structure, de la dalle de chaussée (notamment au droit des issues de secours et des locaux techniques),
- A l'hydrocurage des grilles, regards, collecteurs et baches (avec vidange préalable) de récupération des eaux.

### **8.2 Préparation**

Pour les besoins des travaux de génie civil il faut procéder à des travaux de renforcement de la sécurité et de dévoiements :

- Remise à niveau de la GTC.
- Dévoiement en voûte des câbles dans les caniveaux des trottoirs,
- Dévoiement des équipements en interface avec les travaux, caméras, câbles rayonnants, câble de détection incendie, ...,
- Pose d'une conduite incendie apparente, en voûte, en remplacement de la conduite en PE sous trottoirs,
- Pose éventuelle d'un circuit d'éclairage de chantier,
- Travaux éventuel d'amélioration de la sécurité (DAI détection automatique d'incident, jalonnement lumineux, ...).

### 8.3 Phase "Travaux génie civil

Dans l'ordre, les travaux suivants peuvent se dérouler comme suit (exemple du tunnel Porte de Hal) :

- Rénovation des trottoirs par un nouveau bloc trottoir béton, incluant la conduite incendie (avec équipement), le réaménagement des niches et les abaissements de trottoirs au niveau des issues pour le passage des PMR (sous réserve de faisabilité),
- Création de traversées en voûte résistant au feu,
- Création des nouvelles issues de secours (génie civil, métallerie et équipements provisoires),
- Réaménagement des issues de secours existantes,
- Rénovation éventuelle de l'assainissement,
- Traitement des venues d'eau en voûte,
- Reprise éventuelle des chaussées,
- Étanchéité, rénovation des cloisons avec les locaux techniques,
- Protection au feu de la voûte. Ateliers glissants avec:
  - dépose de l'ancienne installation d'éclairage et du câble de détection incendie,
  - pose des protections,
  - repose de la nouvelle installation d'éclairage,
- Rénovation des portes des issues et des locaux techniques par des portes coupe feu,
- Traitement des angles saillants,
- Dépose de la conduite incendie provisoire

## 8.4 Phase 2 "Travaux d'équipements"

Dans l'ordre, les travaux suivants peuvent se dérouler comme suit (exemple du tunnel Porte de Hal) :

- Equipements HT et BT
- Réaménagement des locaux HT et BT ,
- Ajout d'ASI alimentations statiques sans interruptions, pour l'alimentation des équipements de sécurité (éclairage, vidéo, signalisation, GTC, ...)
- Tirage des câbles dans les nouveaux multitubulaires et armoires divisionnaires BT,
- Sécurisation des réseaux de communication,
- Mise en œuvre d'une nouvelle GTC/supervision,
- Alimentation définitive de la nouvelle installation d'éclairage,
- Pose des nouveaux équipements :
  - Des accélérateurs,
  - Du contrôle de l'atmosphère (CO, NOx, Opacité, Vitesse d'air),
  - Des issues de secours (éclairage, sur-signalisation, signalétique pour PMR, poste de secours, moyens de détection et de surveillance),
  - Des plots de jalonnement lumineux en voie lente,
  - De la signalétique d'évacuation et de repérage,
  - D'une DAI détection automatique d'incident par vidéo,
  - De SAV signaux d'affectation de voies,
  - Eventuellement, ajout de barrières automatique de fermeture,
  - Repose des câbles rayonnants (remplacement des câbles),
  - Repose du câble de détection incendie (remplacement des câbles),
  - Equipements des garages,
  - Equipements des niches incendie,
  - Fermeture éventuelle des niches de sécurité par des portes,
- Rénovation de :
  - La signalisation des niches et des issues,
  - La vidéosurveillance et ajout d'une DAI,
  - L'analyse du trafic (comptage),
  - Des installations de pompage,

De la signalisation dynamique PMV et feux d'arrêt,  
De l'installation des téléphones de secours,  
Des équipements des niches (prises, extincteurs),  
Transfert des nouvelles installations au PC MOBIRIS

- Dépose des anciennes installations :
  - Equipements,
  - Chemins de câbles provisoires et câbles,
  - Réfection éventuelle des chaussées,
  - Réalisation de nouveaux parements coupe feu dans la zone nécessaire,
  - Repose de parements acoustiques.

## **8.5 Contraintes**

Travaux de nuit dans l'espace trafic entre 22h00 et 06h00

Travaux dans un site urbain dense, problématique : maintien du niveau de service des dispositifs de sécurité en tunnel,

## **9. Conclusions**

Les principaux enseignements à retenir sont les suivants :

Le processus de rénovation des tunnels en exploitation est complexe et itératif.

Une obligation de mettre en place une méthodologie et une d'organisation tout au long du projet de rénovation.

Les diagnostics des tunnels et les reconnaissances sont des étapes importantes pour maîtriser les coûts, les délais et la qualité des travaux de rénovation.

Une approche globale « génie civil - équipements - ventilation –exploitation - sécurité » est nécessaire pour le projet de rénovation des tunnels en vue de trouver la solution de sécurisation optimale.