



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral des routes OFROU

DIRECTIVE

**ANALYSE DE RISQUES
POUR LES TUNNELS DES
ROUTES NATIONALES**

*Édition 2014 V1.10
ASTRA 19004*

Impressum

Auteurs / Groupe de travail

Gammeter Christian	OFROU, N-SSI
Gogniat Bernard	OFROU, N-SSI
Jeanneret Alain	OFROU, N-SSI
Siegenthaler Reto	OFROU, I-B (OpSi)
Folly Matthias	OFROU, I-FU

Schubert Matthias	Matrisk GmbH
Brandt Rune	HBI Haerter AG
Høj Niels Peter	HOJ Consulting GmbH
Köhler Jochen	Matrisk GmbH
Faber Michael H.	Matrisk GmbH

Traduction

allemand (version originale)
français (HBI Haerter AG)
italien (HBI Haerter AG et services linguistiques de l'OFROU)

Éditeur

Office fédéral des routes OFROU
Division réseaux routiers N
Standards et sécurité de l'infrastructure SSI
3003 Berne

Diffusion

La directive est téléchargeable gratuitement sur le site www.astra.admin.ch.

© OFROU 2014

Reproduction à usage non commercial autorisée avec indication de la source.

Avant-propos

La directive ASTRA 19004 « Analyse de risques pour les tunnels des routes nationales » met en œuvre les exigences des instructions du DETEC ASTRA 74001 « Exigences de sécurité applicables aux tunnels du réseau des routes nationales ». Elle définit une méthodologie pour la détermination des risques applicables aux tunnels des routes nationales. La documentation ASTRA 89005 « Concept de risque pour les tunnels des routes nationales » et l'exemple d'application ASTRA 89007 complètent et illustrent cette directive.

La directive s'inscrit dans le processus de prise de décision et de réalisation de projets au sein de l'OFROU. Elle s'intègre tant au niveau de la génération de projets, que de l'étude de projets, de la réalisation et de l'exploitation des tunnels routiers. Elle décrit les meilleures pratiques de gestion des risques et se base sur des analyses quantitatives. Elle spécifie un cadre général et permet d'analyser les risques de manière transparente, compréhensible et homogène. Pour les organes de décision, elle représente un outil pour la détermination des risques, compte tenu des conditions spécifiques à l'objet et au lieu. Enfin, elle permet d'évaluer des mesures de réduction des risques.

La directive a été développée par un groupe de travail constitué de spécialistes issus de la pratique et d'experts académiques internationaux, sous la direction de l'OFROU. L'OFROU remercie le groupe de travail et les experts externes qui ont collaboré au projet pour leur contribution et leur engagement.

Office fédéral des routes

Rudolf Dieterle, Dr. sc. techn.
Directeur

Table des matières

Impressum	2
Avant-propos	3
 1 Introduction	 7
1.1 Objectif de la directive	7
1.2 Champ d'application	7
1.3 Destinataires	7
1.4 Entrée en vigueur et modifications	7
 2 Références légales et normatives	 8
2.1 Indications relatives aux prescriptions légales	8
2.2 Standards et documents techniques du DETEC et de l'OFROU	8
2.3 Autres documents	10
 3 Contexte	 12
3.1 Enjeux de l'analyse de risques	12
3.2 Identification de l'organe de décision	12
3.2.1 Identification de l'autorité d'exécution	12
3.2.2 Tâches de l'organe d'exécution	12
3.3 Conditions-cadres	12
3.4 Conséquences considérées	12
 4 Processus intégral	 13
4.1 Génération du projet	13
4.1.1 Projet de construction ou d'aménagement	13
4.1.2 Projet d'entretien	13
4.2 Etude de projets / Réalisation	15
4.2.1 Etude de projet	15
4.2.2 Réalisation	16
4.3 Exploitation / Entretien d'exploitation	16
 5 Application du concept de risques	 17
5.1 Application dans les phases de projet	17
5.1.1 Procédure simplifiée	17
5.1.2 Procédure détaillée	18
5.2 Changements de projet	18
5.3 Mise à jour du rapport de risques	18
 6 Exigences de sécurité applicables aux tunnels	 19
6.1 Caractéristiques particulières	19
6.1.1 Concept des dispositifs de sécurité	19
6.2 Ecart par rapport aux standards OFROU et aux normes	19
 7 Concept de risques	 20
7.1 Système	21
7.1.1 Définition du système	21
7.1.2 Représentation du système	22
7.1.3 Dangers	23
7.2 Détermination des risques	23
7.3 Evaluation des risques	24
7.3.1 Mesures et combinaisons de mesures diminuant les risques	24
7.3.2 Efficacité des mesures	24
7.3.3 Evaluation de mesures et de combinaisons de mesures	25

8	Résultats	26
8.1	Résumé des résultats	26
8.2	Recommandation	26
8.2.1	Tableau récapitulatif	26
8.2.2	Représentation graphique	27
8.2.3	Choix de variante	30
9	Rapport de risques	31
9.1	Contenu du rapport de risques.....	31
	Annexes	32
	Glossaire	37
	Bibliographie	38
	Liste des modifications	41

1 Introduction

1.1 Objectif de la directive

La directive décrit l'application de la méthode d'analyse de risques pour les tunnels des routes nationales, afin d'assurer un niveau de sécurité adéquat des personnes.

Elle fixe, pour les différentes phases de projet, les bases, les méthodologies et les conditions spécifiques applicables à la détermination et à l'évaluation des risques.

La directive spécifie, d'une part dans quelles conditions la méthodologie de la documentation ASTRA 89005 [14] est appliquée, selon la procédure simplifiée ou détaillée, et, d'autre part dans quelles conditions elle n'a pas besoin d'être appliquée.

La directive se base sur un processus unifié facilitant ainsi l'analyse de risques pour les tunnels des routes nationales. Elle garantit des résultats tenant compte de tous les critères de risques pertinents et la comparabilité des évaluations.

1.2 Champ d'application

La directive s'applique aux tunnels et aux tranchées couvertes des routes nationales, existants ou projetés, dont la longueur de la voie de circulation la plus longue est égale ou supérieure à 300 m, pour la partie totalement fermée de l'ouvrage. La directive concerne toutes les phases du cycle de vie de l'ouvrage : étude, génération du projet, construction, exploitation et entretien.

La directive s'applique également aux projets de tunnels qui sont réalisés par les cantons dans le cadre de l'achèvement du réseau routier national.

Les galeries peuvent également être évaluées à l'aide de la présente directive, si les exigences selon [14] sont remplies, car elles peuvent présenter des conditions analogues à celles que l'on trouve dans un tunnel.

Les aspects d'ordre général sont réglés dans l'instruction du DETEC [7].

Les limites du système sont fixées 50 m avant les portails d'entrée et 50 après les portails de sortie. Le portail est défini comme le lieu où la section du tunnel est entièrement fermée. Ces limites définissent le système qui englobe le tunnel lui-même et les tronçons de route définis ci-avant. Le système intègre aussi la charge de trafic et tous les dangers engendrés par la circulation routière, selon [14]. Tous les autres dangers (p. ex. les dangers naturels) sont exclus du système.

1.3 Destinataires

La directive s'adresse principalement :

- aux organes d'exécution de l'OFROU dans le cadre de la génération de projets, de l'étude et de la réalisation de projets, de l'exploitation et de l'entretien d'exploitation,
- aux Maîtres d'Ouvrage et
- aux utilisateurs, chargés de l'exécution (p. ex. ingénieurs, experts).

1.4 Entrée en vigueur et modifications

La présente directive « Analyse de risques pour les tunnels des routes nationales » entre en vigueur le 13.10.2014.

La liste des modifications se trouve à la page 41.

2 Références légales et normatives

Les sous-chapitres suivants listent les références légales et normatives, ainsi que les standards de l'OFROU concernés et associés.

2.1 Indications relatives aux prescriptions légales

Décret du législatif

- Loi fédérale sur les routes nationales du 8 mars 1960 (LRN; SR 725.11)
- Loi fédérale sur la circulation routière du 19 décembre 1958 (LCR; SR 741.01)

Décret de l'exécutif

- Ordonnance sur les routes nationales du 7 novembre 2007 (ORN; SR 725.111)
- Ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs (OPAM; SR 814.012)
- Ordonnance relative au transport des marchandises dangereuses par route du 29 novembre 2002 (SDR; SR 741.621)
- Ordonnance sur la signalisation routière du 5 septembre 1979 (OSR; SR 741.21)

2.2 Standards et documents techniques du DETEC et de l'OFROU

Instructions DETEC

- Exigences de sécurité applicables aux tunnels du réseau des routes nationales (ASTRA 74001)

Les instructions du DETEC (ASTRA 74001) permettent d'assurer un niveau de sécurité optimal et unifié pour les usagers des tunnels du réseau routier national, de sorte que des incidents, représentant un danger mortel ou critique pour l'environnement et les équipements d'exploitation, puissent être évités.

Directives OFROU

Les directives faisant foi pour l'analyse de risques dans les tunnels sont en autres (voir aussi Fig. 2.1) :

- Mesures de sécurité sur les routes nationales selon l'ordonnance sur les accidents majeurs (ASTRA 19001)

La directive ASTRA 19001 contient les informations spécifiques concernant les mesures de sécurité selon l'OPAM.

- Application de l'ordonnance sur les accidents majeurs sur les routes nationales (ASTRA 19002)

La directive ASTRA 19002 décrit la procédure de mise en œuvre de l'OPAM au sein de l'OFROU. Elle définit les tâches des personnes impliquées dans les différentes phases de projet et les exigences relatives au rapport succinct ou à l'étude de risques approfondie. Elle énonce les principes de base de l'OPAM tels qu'appliqués par l'OFROU.

- Analyse de risques pour les tunnels des routes nationales (ASTRA 19004)

La directive ASTRA 19004 présente le processus pour l'analyse des risques dans les tunnels des routes nationales afin d'augmenter et d'assurer la sécurité des personnes grâce à des mesures efficaces. Elle définit les tâches incombant aux personnes impliquées aux différents niveaux du projet et décrit dans quels cas des approches simplifiées de la détermination des risques peuvent être appliquées.

- Ventilation des tunnels routiers (ASTRA 13001)

La directive ASTRA 13001 décrit les systèmes de ventilation usuels au moment de sa publication. Elle définit les principes et les critères à observer pour le choix du système, le dimensionnement et l'exploitation des installations de ventilation de tunnels routiers.

Les directives suivantes contiennent des informations complémentaires et peuvent être pertinentes pour l'analyse de risques :

- Ventilation des galeries de sécurité des tunnels routiers (ASTRA 13002)
- Détection des incendies dans les tunnels routiers (ASTRA 13004)
- Installation Vidéo (ASTRA 13005)
- Systèmes de radiocommunication dans les tunnels routiers (ASTRA 13006)
- Signalisation des dispositifs de sécurité dans les tunnels routiers (ASTRA 13010)
- Portes et portes carrossables des tunnels routiers (ASTRA 13011)
- Postes de comptage du trafic (ASTRA 13012)
- Structure et désignation des équipements d'exploitation et de sécurité (AKS-CH) (ASTRA 13013)
- Gestion du trafic en Suisse (VM-CH) (ASTRA 15003)
- Sécurité opérationnelle de l'exploitation (ASTRA 16050)
- Profils types, aires de repos et de ravitaillement des routes nationales (ASTRA 11001)

Manuels techniques OFROU

- Manuel technique Tunnel/Géotechnique (T/G)

Le manuel technique T/G compile des solutions standards pour limiter les variantes d'exécution, tout en respectant les instructions, directives et normes applicables, en optimisant le rapport prestations-coûts du cycle de vie de l'installation et en garantissant sa sécurité.

Le manuel technique suivant contient des informations complémentaires et peut être utile pour l'analyse de risques :

- Manuel technique équipements d'exploitation et de sécurité (EES)

Normes SIA

Les normes suivantes sont déterminantes pour l'analyse de risques :

- Norme SIA 197 - Projets de tunnels - Bases générales, 2004.

La norme SIA 197 contient les principes qui doivent être respectés lors de l'étude de projets de tunnels dédiés à la circulation, quelle que soit leur utilisation (ferroviaire ou routière).

- Norme SIA 197/2 - Projets de tunnels - Tunnels routiers 2004.

La norme SIA 197/2 complète la norme SIA 197 et contient des particularités à considérer pour les tunnels routiers.

Normes VSS

Les normes suivantes peuvent contenir des informations complémentaires et être utiles pour l'analyse de risques :

- SN 640 551-1 Éclairage public dans tunnels routiers, galeries et passages souterrains
- SN 640 080b La vitesse, base de l'étude des projets

Documentations OFROU

Les documentations ASTRA faisant autorité pour l'analyse de risques dans les tunnels sont (voir aussi Fig. 2.1) :

- Transport des marchandises dangereuses dans les tunnels routiers (ASTRA 84002)

La documentation ASTRA 84002 décrit la méthodologie de détermination des risques pour les personnes résultant d'accidents majeurs engendrés par le transport de marchandises dangereuses dans les tunnels routiers.

- Concept de risques pour les tunnels des routes nationales (ASTRA 89005)

Méthodologie pour la détermination et l'évaluation des risques dans les tunnels

La documentation ASTRA 89005 décrit la méthodologie et les modèles utilisés pour la détermination des risques. Elle définit de même les principes liés à la prise de décision en faveur d'une sécurité accrue des usagers.

- Analyse de risques pour les tunnels des routes nationales (ASTRA 89007)

Exemple d'application

La documentation ASTRA 89007 contient un exemple d'application conforme au rapport des risques et représentatif du processus.

- Mise en œuvre de l'ordonnance sur les risques majeurs sur les routes nationales.

Rapport succinct

(ASTRA 89006)

La documentation ASTRA 89006 définit les prescriptions concernant la structure et le contenu d'un rapport succinct selon l'OPAM.

Les documentations OFROU suivantes peuvent contenir des informations complémentaires et utiles pour l'analyse de risques :

- Exigences minimales en matière d'exploitation des tunnels routiers (ASTRA 86053)

Guide relatif à la sécurité opérationnelle de l'exploitation

- Documentation concept d'exploitation galerie / tunnel routier (ASTRA 86052)

Guide relatif à la sécurité opérationnelle de l'exploitation

2.3 Autres documents

- Mesures et échéancier pour répondre aux directives et normes en vigueur dans les tunnels routiers du réseau national (liste TUSI).

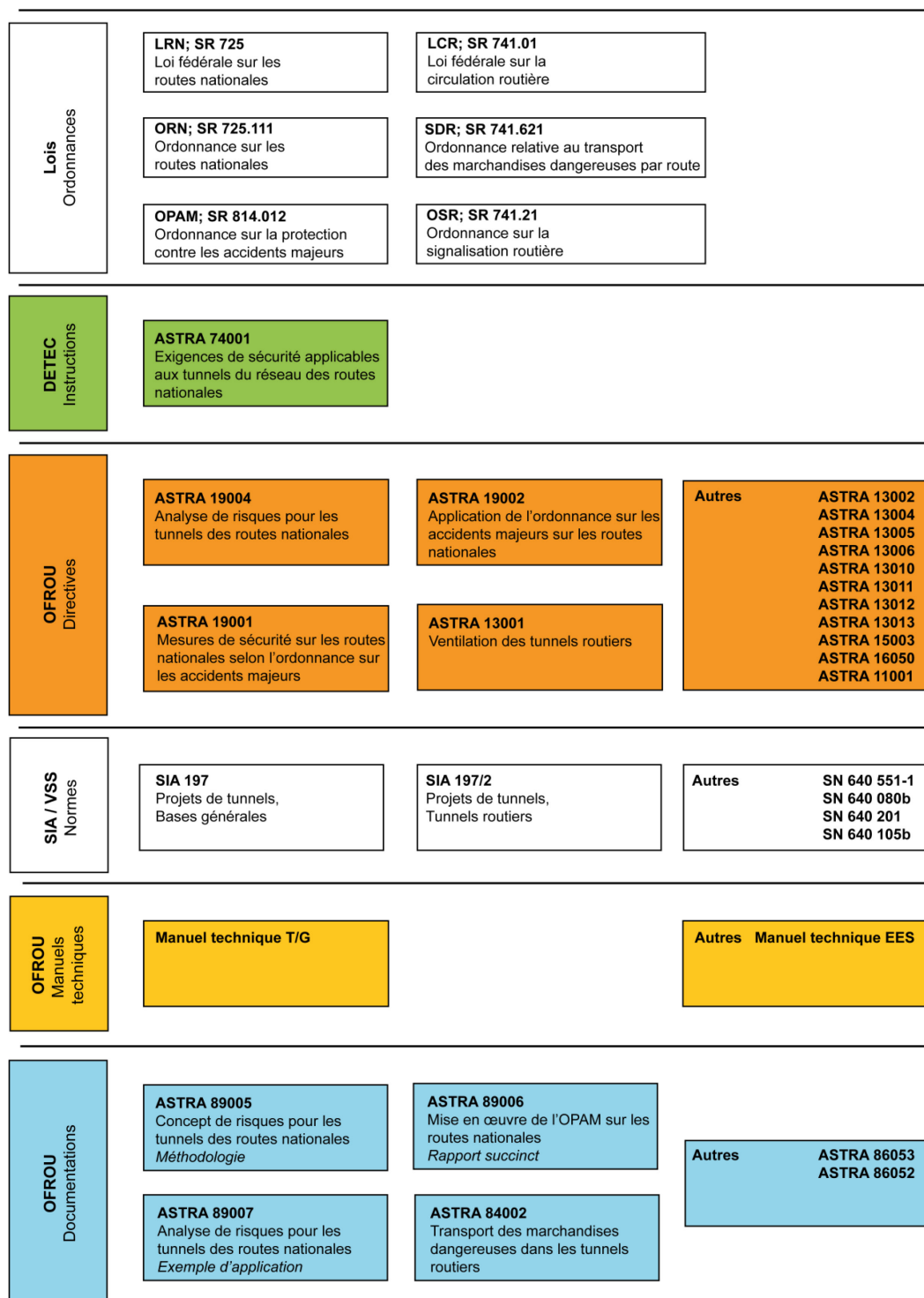


Fig. 2.1 Vue d'ensemble des documents techniques de l'OFROU de référence pour la sécurité des tunnels.

3 Contexte

3.1 Enjeux de l'analyse de risques

Cette analyse vise à garantir un niveau de risque socialement acceptable et veille au respect du principe de proportionnalité des investissements concernant la sécurité des personnes.

L'analyse quantitative procure à l'organe de décision un support clair, compréhensible et standardisé à l'échelle du réseau routier national, pour l'étude et la réalisation des projets de construction, d'aménagement et de maintenance.

3.2 Identification de l'organe de décision

L'organe de décision est l'OFROU en tant qu'autorité administrative. Elle a le devoir, en utilisant les ressources disponibles, de garantir une sécurité maximale sur tout le réseau routier national ainsi que sa fonctionnalité. Par conséquent, une considération sociale axée sur la sécurité des usagers est prise en compte dans l'analyse de risques. Les aspects économiques liés à l'exploitation ne sont pas considérés dans la méthodologie.

3.2.1 Identification de l'autorité d'exécution

L'autorité d'exécution est définie, suivant le cycle de vie de l'ouvrage, selon Fig. 4.1.

3.2.2 Tâches de l'organe d'exécution

L'organe d'exécution vérifie que les hypothèses faites lors de l'analyse de risques concordent avec les conditions réelles et contrôle que les mesures mises en œuvre correspondent à ces hypothèses. L'organe d'exécution tient à jour un document de suivi pour le contrôle de l'efficacité des mesures et établit des certificats d'exécution de ces mesures.

L'organe d'exécution consigne l'état existant et contrôle si des changements d'état apparaissent durant le projet. L'organe d'exécution évalue et documente les changements. Il s'assure aussi que l'analyse de risques est actualisée.

L'organe d'exécution gère les interfaces entre les organismes concernés selon [7] et assure une bonne communication entre ceux-ci.

3.3 Conditions-cadres

En plus des conclusions de l'analyse de risques, d'autres paramètres peuvent être essentiels à la prise de décision. En premier lieu, les conditions-cadres légales doivent être respectées de même que les choix ou les enjeux politiques. Chaque contrainte identifiée doit être documentée dans le rapport de risques.

Les prescriptions légales sont des conditions-cadres strictes, qui doivent être respectées, quel que soit le résultat de l'analyse de risques.

3.4 Conséquences considérées

La directive ne considère que les dommages aux personnes consécutifs à des événements qui ont lieu dans le tunnel, qu'il s'agisse d'accidents, d'incendies ou d'incidents liés au transport de marchandises dangereuses. Les dommages matériels touchant l'infrastructure et les conséquences suite à une fermeture partielle ou complète du tunnel ne sont par contre pas considérés. La prise de décision ne considère que l'effet d'une mesure sur la sécurité des personnes.

4 Processus intégral

L'analyse de risques concerne tant l'entretien de tunnels que l'étude de projet de nouveaux tunnels ou de projets d'aménagement.

La nécessité d'exécuter une analyse de risques selon [14] et le choix de son niveau de détail dépendent de plusieurs facteurs :

- construction d'un tunnel ou tunnel existant;
- phase de planification ou d'étude de projet;
- exigences sécuritaires pour les tunnels selon les instructions du DETEC;
- écarts par rapport aux normes ou directives.

Le processus intégral (Fig. 4.1) décrit les tâches dévolues aux unités organisationnelles au sein de l'OFROU et montre également les relations qui en découlent. Dans les chapitres qui suivent, le processus est décrit dans son déroulement ; le déroulement de l'analyse de risques est, quant à lui, présenté dans [14].

4.1 Génération du projet

La génération du projet est initiée par différentes unités organisationnelles en fonction de la catégorie de projet. Une différence est faite entre les projets de construction, d'aménagement et d'entretien d'un tunnel.

4.1.1 Projet de construction ou d'aménagement

Le secteur achèvement du réseau (NV) du domaine soutien technique (FU), division I, est responsable de la génération des projets pour la construction de nouveaux tunnels. Les bases et la définition des projets sont établies sous sa responsabilité (Fig. 4.1).

Pour les projets d'aménagement, la filiale concernée, division I, est responsable de la génération des projets et de la constitution des bases des projets.

4.1.2 Projet d'entretien

La gestion du patrimoine (EP) de la filiale concernée, division I, est responsable de la génération des projets d'entretien. Elle priorise en premier lieu les tunnels à assainir. Les priorités sont fixées en fonction du budget à disposition et de la version officielle du document « Rapport sur le développement des mesures de sécurité tunnels » [19]. Ce rapport contient une liste identifiant les tunnels non-conformes aux normes en vigueur, car ceux-ci peuvent présenter un risque élevé pour la sécurité.

La gestion du patrimoine (EP) de la filiale responsable établit la définition de projet et la transmet au domaine gestion de projets (PM) concerné.

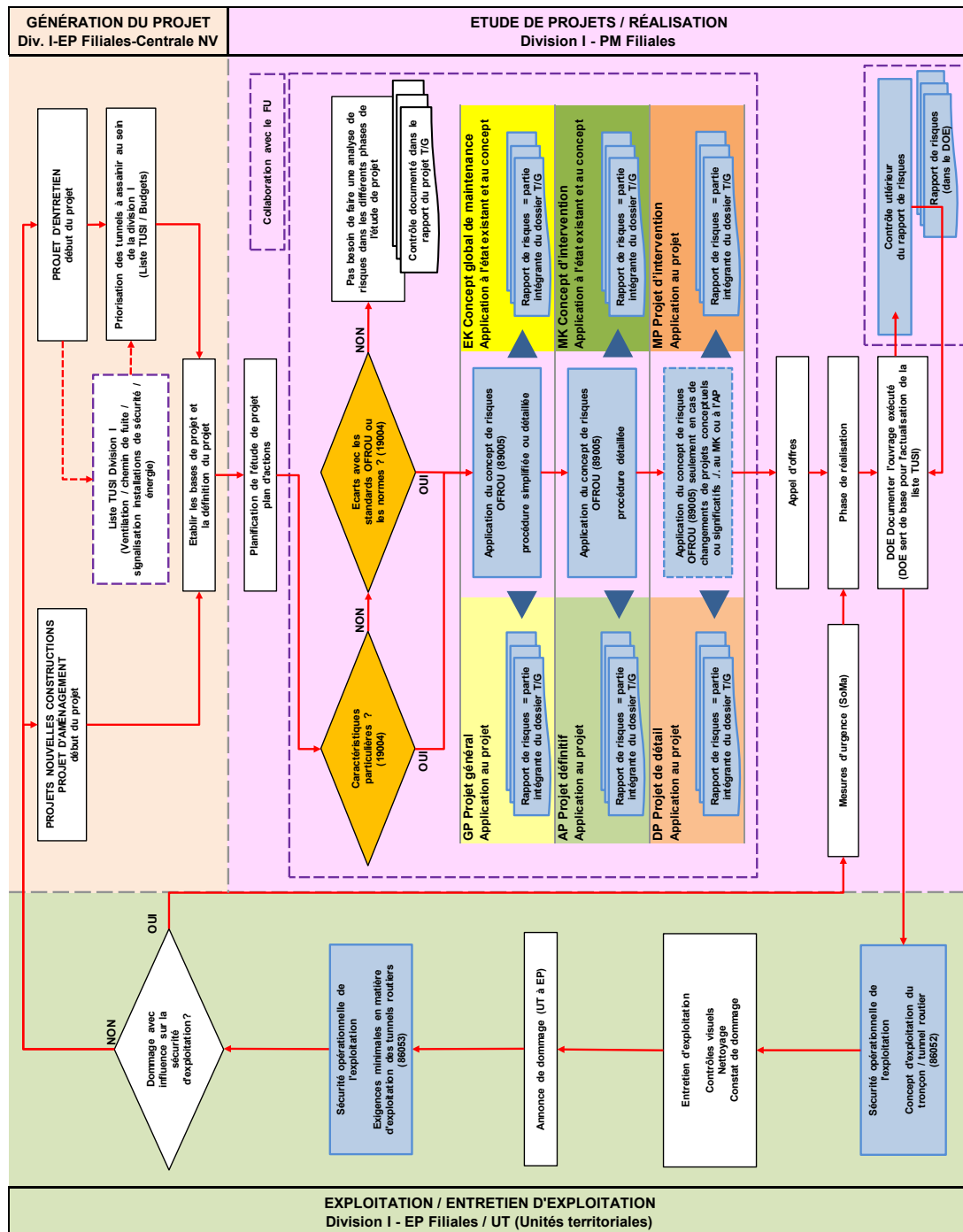


Fig. 4.1 Processus intégral avec la représentation des parties impliquées, leurs tâches et leurs interdépendances.

4.2 Etude de projets / Réalisation

La gestion de projet (PM) de la filiale concernée, division I, est responsable de l'ensemble de l'étude de projet, de l'appel d'offres et de la réalisation.

Le soutien technique (FU) donne un support aux filiales pour des problématiques spécifiques. Typiquement, il émet un avis si l'analyse de risques dépasse les limites du système définies dans [14], et tient à disposition les informations ressortant d'autres analyses de risques. Il approuve le projet des mesures recommandées par l'analyse de risques, en vue de leur réalisation.

4.2.1 Etude de projet

La décision d'effectuer une analyse de risques est prise lors de l'étude de projet ; le choix du niveau de détail de l'analyse est également fixé.

Cette décision se base sur un processus en deux temps. Dans une première phase, on contrôle si le tunnel possède des caractéristiques particulières. Dans une seconde phase, on contrôle si des écarts existent par rapport aux standards OFROU et aux normes.

En l'absence de caractéristiques particulières et d'écarts par rapport aux standards OFROU et aux normes, le risque est considéré comme tolérable selon [14] ; en conséquence, une analyse de risques n'est pas nécessaire. Ces éléments doivent être consignés dans le rapport de risques selon le § 9, qui doit être rédigé dans tous les cas.

Même si aucun écart par rapport aux standards OFROU et aux normes n'existe, et qu'aucune caractéristique particulière n'est identifiée, on peut néanmoins effectuer une analyse de risques pour autant qu'elle s'avère pertinente et utile à l'organe de décision dans le cadre d'une problématique particulière.

Caractéristiques particulières

Il faut vérifier si le tunnel possède des caractéristiques particulières qui nécessitent l'exécution d'une analyse de risques. Cette vérification est effectuée à l'aide de la liste de contrôle donnée en annexe I. Le résultat de cette vérification doit être documenté dans le rapport de risques. Si une caractéristique particulière est identifiée, le concept de risques (cf. § 7 p. 20) doit être appliqué suivant le niveau de détail exigé par la phase de projet.

Écarts par rapport aux standards OFROU et aux normes

Si un écart par rapport standards OFROU et aux normes est identifié, une analyse de risques est nécessaire au stade de l'étude de projet. Le résultat doit être documenté dans le rapport de risques. Le niveau de détail adéquat est déterminé suivant la phase de projet.

Phase GP / EK

Au niveau du *projet général* GP (analyse de risques pour le projet), respectivement du *concept global de maintenance* EK (analyse de risques pour l'état existant et pour le concept), on peut mettre en œuvre la procédure simplifiée du concept de risques selon § 5.1.1. Si les conditions sont réunies, il est néanmoins souhaitable d'appliquer le concept de risques avec la procédure détaillée dans cette phase de projet. La décision d'effectuer une évaluation simplifiée ou détaillée est prise au cas par cas.

Au stade du *concept global de maintenance* EK, le niveau d'analyse pour l'état existant et pour le concept doit être identique.

Le résultat de l'analyse de risques doit être consigné dans le rapport de risques conformément au § 9. Ce rapport fait partie intégrante du dossier de projet T/G. L'application du concept de risques pour cette phase est présentée dans [14].

Phase AP / MK

Au niveau du *projet définitif* AP ou du *concept d'intervention* MK, les résultats de l'évaluation de la phase précédente doivent être remplacés par les résultats de la phase AP/MK, basés sur la procédure détaillée conformément au § 5.1.2. Ils doivent aussi être documentés dans le rapport de risques.

Au niveau du *concept d'intervention* MK, le concept de risques doit être appliqué pour l'*état existant* du tunnel et pour le *concept*.

Pour un *projet définitif* AP, le concept de risques doit être appliqué au projet.

Le rapport de risque fait partie intégrante du dossier de projet T/G. L'application du concept de risques pour cette phase est présentée dans [14].

Phase DP / MP

Au niveau du *projet de détail* DP ou du *projet d'intervention* MP, une application du concept de risques pour le projet conformément à [14] ne doit être faite qu'en cas de modifications conceptuelles ou de modifications importantes du projet par rapport aux concepts de la phase AP / MK. Le cas échéant, le concept de risques selon [14] est appliqué au projet selon la procédure détaillée.

Le rapport de risque fait partie intégrante du dossier de projet T/G. L'application du concept de risques pour cette phase est présentée dans [14].

Projet individuel

Un projet individuel pour l'amélioration de la sécurité d'un tunnel doit être le résultat d'une planification fondée sur une analyse de risques complète, selon la procédure détaillée. Pour des réalisations échelonnées, il faut identifier la combinaison de mesures la plus efficace pour chaque échelon de réalisation. En effet, les mesures peuvent s'influencer mutuellement au niveau de leur efficacité.

4.2.2 Réalisation

Après l'appel d'offres et la phase de réalisation, le rapport de risques, qui fait partie du *dossier de l'ouvrage exécuté* DOE, doit être actualisé et, le cas échéant, le concept de risques réappliqué. Le rapport de risque mis à jour doit être intégré dans le DOE.

4.3 Exploitation / Entretien d'exploitation

Après la mise en service d'un tunnel routier, la gestion du patrimoine (EP) des filiales concernées est responsable de la sécurité au niveau de l'exploitation du tunnel (i.e. responsable de tronçon *StreMa*). Si les responsables de la sécurité opérationnelle (responsable de tronçon *StreMa*, chargé de sécurité du tronçon *SiBe*) constatent des dégâts et les évaluent comme étant critiques pour la sécurité, des mesures d'urgence doivent être prises. Les mesures d'urgence doivent si possible être évaluées en fonction de leur efficacité. Si les dégâts ne sont pas critiques pour la sécurité ou ne nécessitent pas de mesures urgentes, ils seront communiqués au domaine de la gestion du patrimoine (Fig. 4.1) pour traitement ultérieur.

5 Application du concept de risques

Le propriétaire des routes nationales est responsable de la mise en œuvre de cette directive. Selon [7], l'OFROU est responsable de l'analyse de risques. L'application du concept de risques est exécutée par un organisme indépendant de l'OFROU. L'OFROU a la responsabilité de vérifier que toutes les hypothèses retenues dans les différentes analyses de risques effectuées pour un tunnel soient identiques.

L'application du concept de risques est décrite dans [14]. Le mandataire, choisi par l'OFROU pour effectuer une analyse de risques, porte la responsabilité d'une application correcte de la méthodologie.

Il doit s'assurer que le risque est tolérable après l'exécution des mesures. Dans des cas particuliers, un écart par rapport à la méthodologie de détermination des risques peut être nécessaire, pour autant qu'il soit justifié. Tout écart doit être documenté de manière exhaustive et transparente dans le rapport de risques et doit être accepté par l'autorité d'exécution, selon § 7. Conformément à la documentation OFROU 89005 [14], aucun écart n'est toléré par rapport à la philosophie d'évaluation des mesures et de l'acceptation des risques.

5.1 Application dans les phases de projet

L'application du concept de risques est effectuée selon des niveaux de détails adaptés aux différentes phases de projet.

Le niveau de détail de l'évaluation et de la détermination des risques doit refléter l'état des connaissances disponibles de la phase de projet. En principe, l'analyse des risques doit inclure tous les indicateurs de risques connus et pertinents.

5.1.1 Procédure simplifiée

Dans la phase de projet GP ou EK, une procédure simplifiée du concept de risques peut être appliquée. Elle se rapporte donc exclusivement aux données connues qui sont utilisées dans l'analyse de risques. Elle doit prendre en compte au minimum les indicateurs suivants :

- longueur du tunnel,
- quantité de trafic,
- type de la gestion du trafic (unidirectionnel respectivement bidirectionnel),
- taux de poids lourds,
- nombre de voies de circulation par direction,
- type de système de ventilation,
- distance entre les sorties de secours.

De plus, la procédure simplifiée doit considérer les indicateurs qui ont été utilisés pour déterminer, dans un tunnel, un écart par rapport aux exigences. Pour tous les indicateurs au sujet desquels aucune information n'est disponible, la détermination des risques se calcule à l'aide d'une distribution de probabilités a priori.

La procédure simplifiée permet une première estimation du niveau de risque. Les résultats obtenus n'ont qu'une valeur informative.

Le tunnel est divisé en segments homogènes, qui dépendent des indicateurs choisis. Un segment homogène est un tronçon de tunnel pour lequel les indicateurs sont constants.

5.1.2 Procédure détaillée

Dans la phase de projet AP ou MK, il faut exécuter des analyses de risques selon la procédure détaillée. Concrètement, cela signifie que tous les indicateurs définis dans [14] doivent être connus sur toute la longueur du tunnel et être utilisés dans le calcul des risques. Aucune distribution de probabilités a priori n'est admissible dans le calcul des risques avec la procédure détaillée.

Les indicateurs à prendre en compte sont énumérés dans la Fig. 7.2.

Des segments homogènes sont définis en fonction des indicateurs.

Les résultats issus des phases de projet AP et MK présentent le meilleur niveau de détail possible et facilitent la prise de décision pour déterminer les mesures de réduction des risques. Ils permettent aussi de confirmer et de documenter que le risque résiduel est acceptable.

Si un projet individuel n'est traité que dans la phase de projet MP / DP, la procédure détaillée est nécessaire.

5.2 Changements de projet

Si, au niveau de la phase DP ou MP, le projet subit des changements conceptuels importants ou des modifications qui pourraient influencer les risques, une nouvelle analyse de risques doit être effectuée selon la procédure détaillée pour tenir compte de ces modifications.

Si les coûts de réalisation de mesures changent de manière significative durant le projet, l'efficacité économique de ces mesures doit être vérifiée en appliquant à nouveau la procédure détaillée. La notion de changement significatif implique que la variation des coûts est supérieure à la limite de précision du devis pour les phases de projet AP et MK, telle que définie dans les manuels techniques.

Si la modification a une influence sur les recommandations faites dans la phase de projet précédente AP ou MP, il peut s'avérer nécessaire d'adapter le projet en conséquence.

Selon les modifications apportées, le rapport de risques doit être mis à jour.

5.3 Mise à jour du rapport de risques

Le rapport de risques doit être mis à jour suite à la réalisation des mesures. Cela est en particulier vrai pour les changements opérés lors de l'exécution des travaux. La mise à jour du rapport assure que ces derniers sont documentés et que leur influence sur les risques est évaluée.

Le rapport de risques mis à jour fait partie intégrante du DOE.

6 Exigences de sécurité applicables aux tunnels

Les exigences de sécurité sont définies par les instructions du DETEC [7]. Selon ces instructions [7], il faut déterminer si le tunnel possède une caractéristique particulière sur la base de différents facteurs d'influence.

Si aucune caractéristique particulière et qu'aucun écart par rapport aux standards OFROU et aux normes n'est décelé, alors on peut supposer qu'aucune mesure ne réduira le risque de façon efficiente. Dans ce cas, le risque est considéré comme tolérable.

6.1 Caractéristiques particulières

En conformité avec les instructions DETEC [7], la détermination des caractéristiques particulières doit, entre autres, considérer les facteurs spécifiques liés à l'ouvrage et au trafic. Ces facteurs sont :

Ouvrage

- longueur du tunnel ;
- utilisation des tubes du tunnel ;
- voie d'entrée / de sortie ;
- nombre de voies de circulation ;
- largeur des voies de circulation ;
- dévers ;
- déclivité longitudinale.

Trafic

- volume de trafic par tube (y compris sa répartition dans le temps) ;
- risque de congestion quotidien ou saisonnier ;
- présence et pourcentage de poids lourds ;
- présence, pourcentage et type de véhicules transportant des marchandises dangereuses ;
- aspects liés à la vitesse.

Chaque paramètre doit être analysé et il faut évaluer, suivant la liste de contrôle en annexe I, s'il présente une caractéristique particulière.

Si un écart est constaté, il faut exécuter une détermination et une évaluation des risques selon Fig. 4.1. Le processus d'évaluation des risques est décrit dans [14].

6.1.1 Concept des dispositifs de sécurité

Le chapitre 5.5 des instructions du DETEC [7] exclut toute modification du concept des dispositifs de sécurité. Ceci dans le but par exemple que les sorties de secours aient toutes le même aspect dans chaque tunnel, tant pour les tunnels existants que futurs.

6.2 Ecart par rapport aux standards OFROU et aux normes

Tout écart par rapport standards OFROU et aux normes doit être déterminé conformément aux instructions du DETEC [7] ou conformément à [19]. En outre, il est possible que certains écarts, par rapport à d'autres normes et directives spécifiques au projet, s'avèrent déterminants. Si un écart existe, une analyse de risques est nécessaire.

7 Concept de risques

Le concept relatif à l'analyse de risques pour les tunnels des routes nationales est basé sur une procédure décrite et expliquée en détail dans [14]. De ce concept découle un processus global d'analyse de risques de systèmes techniques, applicable également à des problématiques liées aux tunnels routiers, qui peuvent éventuellement nécessiter une analyse de risques dépassant les limites définies du système.

Le risque d'un événement, par rapport à une période ou à une valeur de référence, est calculé par le produit de sa probabilité d'occurrence, respectivement de sa fréquence d'occurrence, avec les conséquences qui en résultent.

Le risque correspond à la valeur attendue nominale du nombre d'accidents, de décès et de blessés par période de référence suite à des événements déclencheurs, tels qu'accidents, incendies et événements liés aux transports de marchandises dangereuses.

Ce concept est appliqué après avoir vérifié la nécessité de mener une analyse de risque. Le principe de déroulement est présenté dans la Fig. 7.1. Il comprend la définition du système, la détermination des risques et leur évaluation.

Dans un premier temps, le système et les conditions-cadres sont définis. La définition du système contient également les exigences spécifiques concrètes pour l'analyse de risques. Ces dernières sont définies, en collaboration avec l'organe d'exécution, en fonction de la problématique et sont décrites dans un cahier des charges. Les aspects suivants doivent être considérés pour chaque objet :

- Définition de la problématique et des conditions-cadres.
- Définition du niveau de détail de l'analyse.
- Définition de l'état existant de l'ouvrage du point de vue technique et du point de vue du trafic et de son évolution.
- Détermination des données spécifiques au lieu et à l'ouvrage tel que plans, analyses de risques existantes et données liées aux accidents.
- Dangers pertinents connus par le planificateur et par l'exploitant.
- Planification et, éventuellement, inspection sur site et séances afin d'identifier les situations de danger et de discuter de mesures possibles.
- Nécessité d'effectuer une analyse de risques dépassant les limites du système.

Lorsque toutes les données d'entrée sont définies, le risque peut être calculé en utilisant la méthodologie (détermination des risques) proposée dans [14]. Si, dans un cas particulier, une analyse de risques dépassant les limites du système est nécessaire, la méthodologie peut être complétée et améliorée.

Durant l'évaluation des risques, le niveau de risque du tunnel complet est évalué et des recommandations ou des propositions de mesures sont formulées. Ces recommandations sont basées sur l'évaluation de leur proportionnalité, en fonction des ressources mobilisables par la société et des valeurs limites pour éviter des situations de dangers exceptionnellement élevées.

Toutes les recommandations résultant de l'évaluation des risques se basent sur les valeurs nominales issues de la détermination des risques.

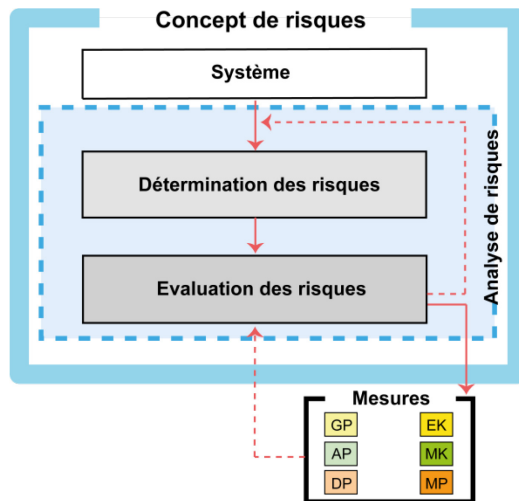


Fig. 7.1 Représentation du principe de déroulement du concept de risques.

7.1 Système

La détermination du système comprend sa définition, ses limites et sa représentation, ainsi que la définition des dangers.

7.1.1 Définition du système

Le système « tunnel » est défini et délimité formellement par le domaine de validité de l'analyse et par les données requises selon le niveau de détail de cette analyse.

Le système étudié comprend tout le tunnel ainsi que les 50 m avant le portail d'entrée et après le portail de sortie. Le portail est défini comme l'endroit où la section du tunnel est entièrement fermée.

La période de référence pour un risque est d'une année. Si des évolutions temporelles ou des fluctuations saisonnières doivent être prises en compte, le risque doit être calculé séparément pour ces scénarios. Le risque doit être ensuite pondéré afin de définir le risque annuel.

Tous les écarts par rapport au domaine d'application doivent être documentés et justifiés. S'il faut tenir compte des variations temporelles de charge de trafic, des scénarios correspondants doivent être définis. Ceux-ci doivent aussi considérer l'évolution temporelle au niveau des taux d'événements lors du calcul des risques.

Dans le cadre de la procédure détaillée du concept de risques, la définition du système doit de plus inclure les points suivants :

- Une description du tunnel en question et ses voies d'accès, ainsi que les plans nécessaires à la compréhension du concept d'exploitation et de ses règles.
- Une description du trafic actuel et prévu avec une description et une justification de la réglementation actuelle et future du transport de marchandises dangereuses.
- Une analyse des dysfonctionnements importants et des accidents répertoriés doit être effectuée. Cette analyse fait partie de la définition du système.

7.1.2 Représentation du système

Le système est généralement représenté à l'aide des indicateurs considérés et de leurs relations fonctionnelles. Ils comprennent des informations quantifiées du système sous la forme de probabilités d'occurrence de différents événements ou de différents états. Pour l'application de la procédure détaillée du concept de risques, il faut tenir compte des indicateurs énumérés Fig. 7.2.

Fig. 7.2 Aperçu des indicateurs

Indicateurs	Trafic	Sens de circulation
		Courbe de variation temporelle
		Moment de la journée
		Charge de trafic
		Taux de poids lourds
		Congestion
		Vitesse
		Classe ADR
	Ouvrage	Urbain/rural
		Zones
		Entrée/sortie
		Rayon de courbure
		Déclivité longitudinale
		Largeur de la voie de circulation
		Nombre de voies de circulation
		Gestion du trafic
		Distance entre sorties de secours
		Dévers
		Système d'évacuation des eaux
		Distance entre dispositifs d'écoulement
	Installations auxiliaires	Grandeur des caniveaux à fente
		Éclairage
		Système de ventilation
		Éclairage de secours
		Détection d'événement

Le tunnel est divisé en segments homogènes. Un tronçon de tunnel est considéré comme homogène si tous les indicateurs considérés sont constants sur ce tronçon. Dès qu'un des indicateurs varie, un nouveau segment est défini. Le nombre de segments dans le tunnel n'est pas limité et doit être adapté à la problématique étudiée. Etant donné que le *sens de circulation* est un indicateur, les différents sens de circulation doivent être étudiés séparément. Les conséquences d'un incendie ne sont pas forcément limitées à un segment, mais peuvent influencer plusieurs, voire la totalité des segments. Ce cas de figure doit donc être pris en compte dans la modélisation des conséquences. En principe, les décès et les blessés sont considérés en tant que conséquences.

Les sens de circulation ainsi que les entrées et sorties constituent des composants séparés du système global « tunnel ».

7.1.3 Dangers

Les scénarios de dangers suivants doivent être considérés dans la détermination des risques :

- Accidents liés au trafic avec dommages aux personnes,
- incendies suite à des accidents,
- incendies suite à des défauts ou surchauffes électriques et
- incendies suite à des surchauffes mécaniques.

Il faut aussi considérer les scénarios de dangers suivants liés au transport de marchandises dangereuses :

- Incendie en nappe,
- explosion et
- événements impliquant des substances toxiques.

7.2 Détermination des risques

La détermination des risques a pour but d'évaluer la valeur attendue nominale du nombre de décès et blessés par année, sur la base de données locales.

Celles-ci sont déterminées à l'aide d'indicateurs. Pour l'application de la procédure simplifiée, l'évaluation des risques est effectuée en utilisant une quantité limitée d'informations relative aux indicateurs (voir § 5.1). Si aucune information n'est disponible pour un indicateur, une distribution de probabilités a priori est utilisée. Cette distribution reflète un état général dans les tunnels routiers suisses.

Pour l'application de la procédure détaillée, tous les indicateurs doivent être déterminés en fonction d'informations spécifiques au lieu et à l'objet. Tout écart doit être documenté, justifié et discuté avec l'organe d'exécution.

La détermination des risques permet aussi d'évaluer l'impact possible de mesures futures sur le niveau de risque.

Le niveau de risque de l'état existant du tunnel est évalué et représenté séparément, pour chaque segment homogène et chaque sens de trafic, à l'aide des indicateurs déterminés. La détermination des risques doit tenir compte de l'influence sur le risque des indicateurs définis dans le § 7.1.2, suivant un niveau de détail approprié. Le niveau de détail est approprié s'il permet d'assurer que les résultats de l'évaluation permettent un classement clair des mesures de réduction des risques possibles. Le profil de risque sur la longueur du tunnel doit être représenté.

Si le tunnel est constitué de plusieurs composants [14], la détermination des risques de l'état existant doit être effectuée pour chaque composant. Le risque total est égal à l'agrégation des risques évalués pour chaque composant.

L'agrégation doit être effectuée sur la distribution spatiale et temporelle du risque ainsi que sur tous les types de conséquences. Le risque est évalué à l'aide de la valeur attendue du nombre de décès dans le tunnel. Les blessés sont considérés par l'intermédiaire du paramètre « décès équivalent ».

Les risques découlant d'accidents liés aux transports de marchandises dangereuses doivent être représentés par un diagramme probabilité-conséquence. Cela permet de les comparer aux résultats obtenus avec la méthodologie pour les événements impliquant des marchandises dangereuses [17]. Etant donné que les limites du système de [9] dépassent les limites du tunnel, les deux méthodes ne sont pas directement comparables du point de vue de la probabilité d'un nombre élevé de décès. L'évaluation des risques pour les personnes suite à des accidents impliquant des marchandises dangereuses est effectuée conformément à [16].

7.3 Evaluation des risques

Le risque de l'ensemble de l'ouvrage « tunnel » doit être évalué suivant à l'aide des deux valeurs limites définies dans [14]. Si l'analyse de risques montre que le niveau de risque est plus petit que la limite inférieure spécifiée, le niveau de risque est considéré comme tolérable et, par conséquent, aucune mesure n'est nécessaire.

7.3.1 Mesures et combinaisons de mesures diminuant les risques

Si le niveau de risque de l'ouvrage « tunnel » est au-dessus de la limite inférieure définie, les mesures doivent être évaluées en fonction de leur proportionnalité. Dans ce cadre, il faut tenir compte aussi bien des coûts des mesures, liés au cycle de vie de l'ouvrage, que de leur utilité en relation avec la sécurité des usagers.

L'identification de toutes les mesures possibles est d'une importance cruciale dans tout processus intégral de gestion des risques. Elle doit inclure toutes les mesures envisageables et raisonnables dans les domaines du trafic, de l'ouvrage et de l'équipement. Outre les mesures techniques et constructives, il faut également tenir compte de toutes les mesures organisationnelles possibles. Ces mesures organisationnelles incluent aussi des prescriptions spécifiques liées aux activités d'exploitation de l'OFROU dans les tunnels des routes nationales.

L'identification de mesures de réduction du risque et de combinaison de mesures est un processus nécessitant une connaissance approfondie de nombreux domaines techniques et organisationnels. Par exemple, il est possible d'identifier des mesures pertinentes dans le cadre de sessions de type « Screening Meetings ». Ces sessions permettent une discussion entre spécialistes (entre autres FU, experts du risque, experts en construction de tunnel, experts en ventilation, spécialistes de l'éclairage, exploitants de tunnels, pompiers et police).

Les mesures constructives / techniques se réfèrent généralement à des indicateurs qui sont inclus dans la méthodologie. Néanmoins, certaines mesures ne se réfèrent pas à des indicateurs explicitement pris en compte par le modèle. Dans ce cas, la réduction du risque (et les coûts des mesures correspondants) devrait être déterminée par des méthodes appropriées, éventuellement quantitatives. Les méthodes choisies doivent être consignées dans le rapport de risques.

La méthodologie ne permet pas de prendre en compte toutes les mesures organisationnelles possibles qui sont décrites dans les standards OFROU. Si, dans des cas particuliers, on doit s'écarter de ces standards, il faut évaluer et si possible quantifier l'influence de cet écart sur les risques et sur les coûts de la mesure. Cette influence doit être évaluée dans le cadre de la prise de décision en rapport avec les objectifs du projet. La justification de cette quantification est à documenter dans le rapport des risques.

7.3.2 Efficience des mesures

La proportionnalité d'une mesure ou de combinaisons de mesures possibles doit être évaluée selon le principe des coûts marginaux de substitution (voir [14]). Ces coûts marginaux sont fixés par l'Office fédéral du développement territorial ARE (*Value of statistical life (VOSL) : empfohlener Wert der Zahlungsbereitschaft für die Verminderung des Unfall- und Gesundheitsrisikos in der Schweiz*).

Les mesures prévues peuvent être uniques ou combinées. Par conséquent, les mesures ne sont pas forcément indépendantes et peuvent s'influencer positivement ou négativement. Cette influence concerne non seulement le niveau de risque mais aussi le coût des mesures. Dans le cas d'une combinaison de mesures, il faut considérer l'influence réciproque de ces mesures en relation avec leur coût et leur utilité.

7.3.3 Evaluation de mesures et de combinaisons de mesures

Si le niveau de risque de l'ouvrage « tunnel » est plus grand que la valeur limite supérieure, ce risque est considéré comme intolérable. Afin de ramener ce niveau en-dessous de cette limite, d'autres mesures ou combinaisons de mesures doivent être évaluées, même si certaines ne répondent pas aux critères de proportionnalité. De manière générale, le projet doit être réévalué.

Si le niveau de risque de l'ouvrage « tunnel » est plus petit que la valeur limite supérieure, le risque n'est admis comme tolérable que s'il n'existe pas de mesures supplémentaires plus efficaces que celles qui sont déjà envisagées.

8 Résultats

Le résultat de l'évaluation des risques représente une recommandation pour l'organe d'exécution. Il est documenté dans un rapport de risques et présente de façon transparente l'ensemble de l'analyse de risques et les hypothèses formulées. De plus, il garantit la traçabilité des informations. La structure et le contenu du rapport sont énoncés dans le § 9.

8.1 Résumé des résultats

Chaque rapport de risques commence par un résumé des résultats. Ce résumé doit contenir les éléments essentiels de l'analyse. Plus précisément, le résumé décrit textuellement les points suivants :

- nom, situation, longueur et âge du tunnel ;
- description de l'axe routier ;
- données caractéristiques du trafic et la période de référence (TJM et taux de poids lourds) ;
- justification de l'analyse de risques (brève description de la problématique) ;
- indication de la phase du projet et du degré de détail de l'analyse de risques ;
- niveau de risque de l'état existant ;
- liste des mesures proposées et estimations de leur coût ;
- niveau de risque, sous l'hypothèse de l'exécution des mesures, et la réduction du niveau de risque en pourcent.

8.2 Recommandation

La recommandation inclut une brève description des combinaisons de mesures dont la mise en œuvre est conseillée. Si le niveau de risque de l'état existant est acceptable, la recommandation doit stipuler que la mise en œuvre de mesures n'est pas préconisée.

8.2.1 Tableau récapitulatif

Le tableau récapitulatif contient les résultats de l'ouvrage « tunnel », au moins pour l'état existant, et pour toutes les combinaisons de mesures étudiées. Lorsque d'autres résultats sont disponibles, par exemple le pronostic du risque pour un état futur, ceux-ci doivent aussi y figurer. Pour chaque configuration étudiée, les résultats de la détermination des risques doivent être présentés sous la forme d'un tableau récapitulatif.

Fig. 8.1 Exemple d'un tableau récapitulatif d'une détermination des risques

	Nombre de décès par année	Nombre de blessés par année	Nombre d'évènements par année
Accidents	0.0295	0.735	0.478
Incendies	0.0047	0.011	0.357
Marchandise dangereuse	0.0008	0.002	0.000
Total	0.0350	0.749	0.835
Trafic	12.230		mio*véh*km/an
Taux d'accidents	0.039		1/mio*véh*km
Taux d'incendies	29.000		1/mia*véh*km
Taux de décès	2.860		1/mia*véh*km
Taux de blessés	0.042		1/mio*véh*km

De plus, un tableau comparatif doit être établi de manière à évaluer rapidement les différentes configurations étudiées. Ce tableau contient au minimum les informations énumérées dans Fig. 8.2.

Fig. 8.2 Modèle de tableau comparatif des résultats pour l'ouvrage « tunnel ».

	Etat existant	Combinaison de mesures
	M_{Existant}	M_{Comb}
Taux d'accidents [1/mio*véh*km]		
Taux d'incendie [1/mia*véh*km]		
Taux de décès [1/mia*véh*km]		
Nombre d'accidents		
Nombre de blessés suite à un accident par année		
Nombre de décès suite à un accident par année		
Nombre d'incendie par année		
Nombre de blessés suite à un incendie de véhicule par année		
Nombre de décès suite à un accident de véhicule par année		
Nombre d'événements impliquant des marchandises dangereuses par année		
Nombre de blessés suite à un événement impliquant des marchandises dangereuses par année		
Nombre de décès suite à un événement impliquant des marchandises dangereuses par année		
Nombre total de décès (y compris les cas de décès équivalents)		
Rapport entre utilité des mesures et leur coût		
Mesures préconisées		

Le tableau récapitulatif contient également le risque résiduel après la mise en œuvre des mesures et de leurs combinaisons.

8.2.2 Représentation graphique

Les éléments suivants doivent être représentés sous forme graphique pour l'état existant et pour l'état après la mise en œuvre des mesures préconisées :

- Taux d'accidents par 1/mio*véh*km sur toute la longueur du tunnel ; présenté séparément pour chaque calcul effectué.
- Taux de décès par 1/mia*véh*km sur toute la longueur du tunnel ; présenté séparément pour chaque calcul effectué.
- Taux d'incendie par 1/mia*véh*km sur toute la longueur du tunnel ; présenté séparément pour chaque calcul effectué.

Les taux d'accidents et les taux de blessés sont toujours donnés en millions de véhicules kilomètre. Les taux de décès sont toujours indiqués en milliards de véhicules kilomètres.

La valeur limite G_{II} doit toujours être indiquée dans le diagramme représentant le taux de décès (voir Fig. 8.4).

Le taux d'événement dû à un incendie est donné en milliards de véhicules kilomètre sur toute la longueur du tunnel. Sa représentation graphique est faite par calcul et par sens de circulation.

Le graphique présentant la courbe de fréquence cumulée du taux de décès dû à un événement impliquant des marchandises dangereuses par 100 m de tunnel doit inclure la limite d'acceptation selon [7] (voir Fig. 8.5). Si cette dernière est dépassée, il faut déterminer selon [8] les suites à donner.

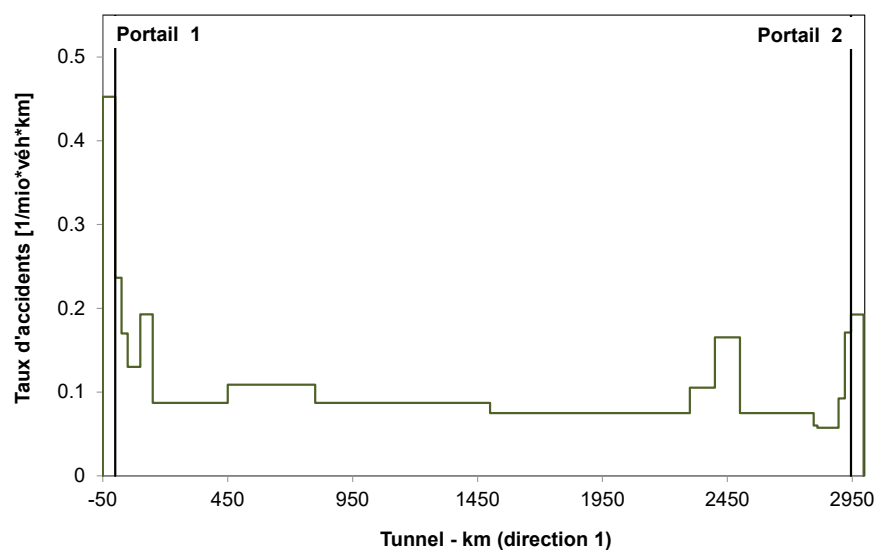


Fig. 8.3 Exemple du graphe du taux d'accidents sur la longueur du tunnel résultant de la détermination des risques.

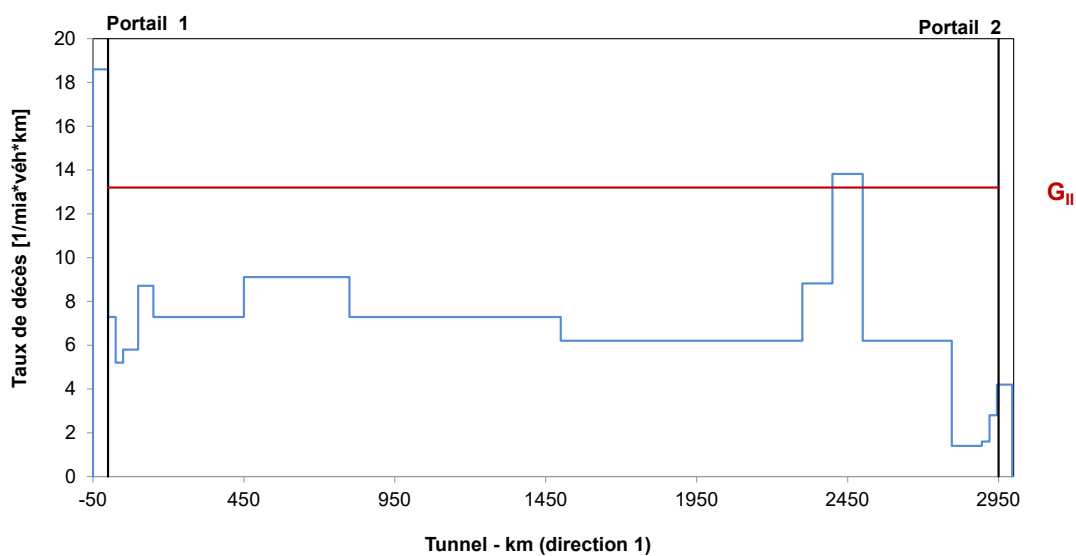


Fig. 8.4 Exemple du graphe du taux de décès sur la longueur du tunnel résultant de la détermination des risques.

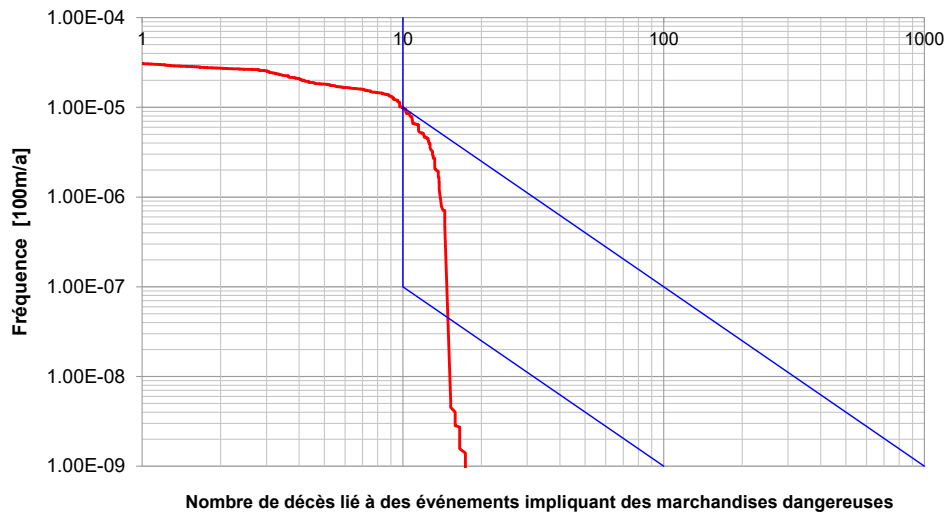


Fig. 8.5 Exemple de courbe de fréquence cumulée du taux de décès suite à un événement impliquant le transport de marchandises dangereuses. Longueur de référence : 100 m.

Les mesures et les combinaisons de mesures préconisées sont représentées dans un graphique XY. L'axe Y correspond à l'utilité annualisée des mesures et l'axe X correspond au coût annualisé des mesures. Les mesures sont représentées successivement en commençant par la plus efficiente. Le seuil d'acceptation, basé sur le principe des coûts marginaux de substitution, doit également être représenté. Seule la combinaison des mesures la plus efficiente doit être représentée.

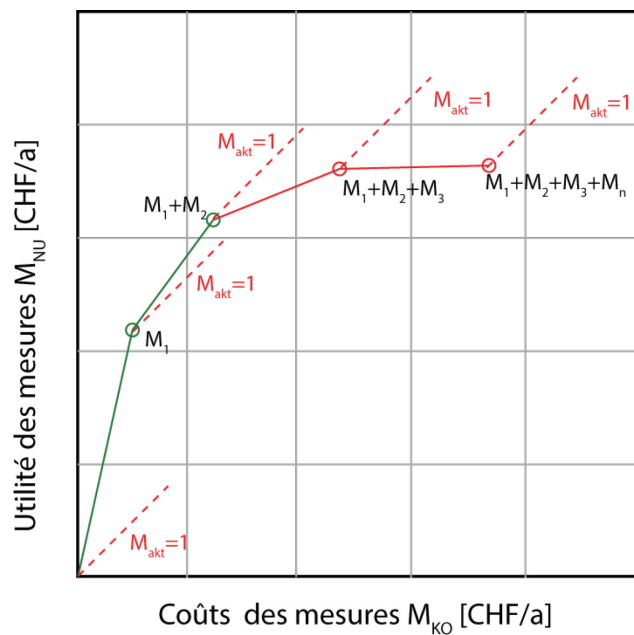


Fig. 8.6 Modèle de représentation graphique de combinaisons de mesures.

Il faut démontrer graphiquement que le risque après la réalisation du paquet de mesures recommandées est inférieur à la valeur limite supérieure. Pour ce faire, le paquet de mesures est représenté dans un graphique XY, dont l'axe X correspond au coût annualisé des mesures et l'axe Y au taux de décès. Les mesures sont représentées successivement en commençant par la plus efficiente. Les valeurs limites G_{II} et G_I sont également à représenter.

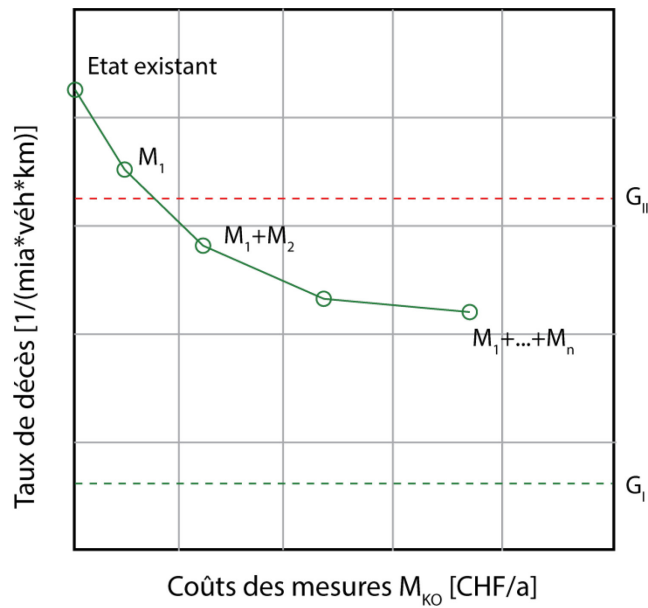


Fig. 8.7 Exemple de représentation graphique de la vérification des résultats par rapport aux valeurs limites.

8.2.3 Choix de variante

Le choix de variante décrit exhaustivement la combinaison des mesures préconisées. Il contient au moins les points suivants :

- La description détaillée des mesures individuelles et des combinaisons de mesures.
- L'estimation des coûts des mesures et des coûts des combinaisons de mesures selon l'état du projet.
- L'effet des mesures individuelles et des combinaisons de mesures ; il s'agit ici de décrire, par exemple, si la mesure réduit les conséquences ou diminue la probabilité d'occurrence d'un risque. Il faut de même décrire sur quels événements déclencheurs la mesure peut agir.

Le choix de variante intègre également une recommandation d'action fondée sur les résultats.

9 Rapport de risques

9.1 Contenu du rapport de risques

Dossier			
Chap.	Sous-chap.	Thème et documents	Forme
A	Synthèse		Texte
B	Mandat et cahier des charges		Texte, tableaux et figures
C	Bases et conditions-cadres		Texte, tableaux et figures, références
D	Définition et limite du système		
	.1	Caractéristiques du trafic	Texte, tableaux et figures
	.2	Caractéristiques de l'ouvrage	Texte, tableaux, Plans 1:10'000/1:5'000 Schémas
	.3	Installations annexes	
E	Exigences de sécurité		
	.1	Caractéristiques particulières	Liste de contrôle
	.2	Ecart avec les standards OFROU ou les normes	Texte, tableaux
F	Représentation du système		
	.1	Degré de détail (procédure simplifiée ou détaillée)	Texte, liste de contrôle
	.2	Composants du tunnel	Texte, tableaux et figures
	.3	Segments homogènes	Texte, tableaux et figures
G	Identification et analyse de risques pour état existant / projet		Texte, tableaux et figures
H	Mesures de réduction des risques / combinaisons		Texte, tableaux et figures
I	Détermination des risques après les mesures / combinaisons		Texte, tableaux et figures
J	Evaluation des risques		
	.1	Calcul de l'utilité des mesures M_{NU}	Texte, tableaux et figures
	.2	Calcul des coûts des mesures M_{KO}	Texte, tableaux et figures
	.3	Efficacité des mesures M_{EFF}	Texte, tableaux et figures
	.4	Evaluation des mesures, acceptation des risques, acceptabilité des mesures M_{AKT}	Texte, tableaux et figures
K	Recommandation		
	.1	Tableaux de synthèse	Tableaux
	.2	Représentations graphiques	Graphiques
	.3	Choix de variante	Texte, tableaux et figures

Annexes

I	Liste de contrôle pour la détermination d'une caractéristique particulière	33
---	--	----

I

Liste de contrôle pour la détermination d'une caractéristique particulière

Une caractéristique particulière est avérée s'il est répondu par l'affirmative à au moins une des questions posées :

Ouvrage	Longueur du tunnel > 5 km ?	
	Utilisation alternée des tubes d'un tunnel (p.ex. changement du sens de circulation ou utilisation occasionnelle bidirectionnelle d'un tube unidirectionnel) ?	
	Voies d'entrée / de sortie dans le tunnel ?	
	Changement du nombre de voies dans un tube ?	
	Y a-t'il 4 voies ou davantage dans un tube ?	
	La largeur de la voie de droite < 3.50 m ?	
	Le dévers est > 5.0 % ou < 2.5 % ?	
	La déclivité longitudinale dans le tunnel ou dans une partie du tunnel > 3.0 % ?	
Trafic	La charge de trafic dans un tunnel bidirectionnel > 13'300 véh. / (voie, 24h) ?	
	La charge de trafic dans un tunnel unidirectionnel > 14'200 véh. / (voie, 24h) ?	
	Le trafic à l'heure de pointe dans un tunnel bidirectionnel > 1'600 véh. / (voie, h) ?	
	Le trafic à l'heure de pointe dans un tunnel unidirectionnel > 1'900 véh. / (voie, h) ?	
	Plus de 75 heures / année de trafic congestionné dans le tunnel ?	
	La part du trafic poids lourd > 15 % ?	
	La part de trafic de marchandises dangereuses > 6 % du trafic poids lourd ?	
	La vitesse signalée dans un tunnel unidirectionnel > 100 km/h ?	
	La vitesse signalée dans un tunnel bidirectionnel > 80 km/h ?	
	La vitesse signalée n'est pas constante sur la traversée du tunnel ?	

Fig. I.1 Liste de contrôle 1 pour la détermination d'une caractéristique particulière.

Une caractéristique particulière est avérée s'il est répondu par l'affirmative à au moins trois des questions posées :

Ouvrage	Longueur du tunnel > 3 km ?	
	Y a-t'il 3 voies ou davantage dans un tube ?	
Trafic	La charge de trafic dans un tunnel bidirectionnel > 12'300 véh. / (voie, 24h) ?	
	La charge de trafic dans un tunnel unidirectionnel > 13'300 véh. / (voie, 24h) ?	
	Le trafic à l'heure de pointe dans un tunnel bidirectionnel > 1'400 véh. / (voie, h) ?	
	Le trafic à l'heure de pointe dans un tunnel unidirectionnel > 1'700 véh. / (voie, h) ?	
	Plus de 50 heures / année de trafic congestionné dans le tunnel ?	
	La part de trafic de marchandises dangereuses > 6 % du trafic poids lourd ?	

Fig. I.2 Liste de contrôle 2 pour la détermination d'une caractéristique particulière.

En plus des caractéristiques quantitatives précédentes, les caractéristiques descriptives suivantes seront également prises en compte :

Ouvrage

La conception de l'ouvrage doit être vérifiée selon les instructions du DETEC [7]. Un tunnel, dont la conception ne correspond pas au § 1.2, possède une caractéristique particulière, par exemple un tunnel sous-marin ou un tunnel avec une structure hors-sol. Dans ce cas, il est nécessaire d'envisager une analyse de risques dépassant les limites du système du concept de risques. Néanmoins, la méthodologie de l'analyse de risques reste valide. La méthodologie utilisée pour la détermination des risques doit être documentée de manière exhaustive et transparente dans le rapport de risques. Cela s'applique au cas où la résistance au feu ne remplit pas les exigences en vigueur.

Conditions géographiques et météorologiques

Les conditions géographiques et météorologiques doivent être vérifiées selon les instructions du DETEC [7]. Si des conditions géographiques ou météorologiques augmentent le risque de dangers, alors un écart existe. Par exemple, le risque de dangers est accru suite à des dangers naturels (eau, glissement de terrain, chute de blocs, séisme) ou à une réduction inattendue de la visibilité (brouillard, pluie, neige, pare-brise embué). Ainsi, une analyse de risques dépassant les limites du système doit être envisagée. Si, dans ces cas particuliers, il n'existe pas de standard OFROU spécifiques (p.ex. [18]), alors la méthodologie de l'analyse de risques reste tout de même applicable. Tous les écarts doivent être documentés de manière exhaustive et transparente dans le rapport de risques.

Caractéristiques des routes d'accès

Les caractéristiques des routes d'accès doivent être examinées selon les instructions du DETEC [7]. Si la configuration des routes d'accès peut induire une congestion du trafic dans le tunnel (par exemple giratoire, voie de sortie trop courte, carrefour, passage à niveau, feu de signalisation) ou si leur nature et/ou aménagement présentent un risque d'incendie élevé, une analyse de risques dépassant les limites du système doit être envisagée. Néanmoins, la méthodologie de l'analyse de risques reste valide. La méthodologie utilisée pour la détermination des risques doit être documentée de manière exhaustive et transparente dans le rapport de risques.

Dépassement dans un tunnel

Le dépassement de poids lourds dans le tunnel n'est pas explicitement considéré dans la détermination des risques [14]. De ce fait, cette considération ne fait pas partie des limites du système. Si une analyse de risques est effectuée à cet effet, cette considération doit être documentée dans le rapport de risque de manière exhaustive et transparente. La méthodologie de l'analyse de risques selon [14] reste applicable.

Glossaire

Désignation	Signification
a	Année
Division I	Division infrastructure routière
AP	Projet définitif
EES	Equipements d'exploitation et de sécurité
DOE	Dossier de l'ouvrage exécuté
DP	Projet de détail
TJM	Trafic journalier moyen
EK	Concept global de maintenance
EP	Projet d'entretien
FU	Soutien technique
véh.	Véhicule
UT	Unités territoriales
G _I	Valeur limite inférieure du taux de décès
G _{II}	Valeur limite supérieure du taux de décès
GP	Projet général
h	Heure
Hazid	Hazards Identification – Identification des dangers
Lkw	Camion
M _{Akt}	Acceptabilité des mesures et des combinaisons de mesures
MK	Concept d'intervention
M _{Ko}	Coûts des mesures en CHF/a
M _{Komb.}	Combinaison de mesures
M _{Nu}	Utilité des mesures en CHF/a
MP	Projet d'intervention
NV	Achèvement du réseau
OPAM	Ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs
PM	Gestion de projets
T/G	Tunnel/géotechnique
Risque tolérable	Risque que la société est prête à supporter suite à l'identification, à l'évaluation et à la réalisation de mesures pour atteindre les objectifs définis.
Liste TUSI	Sécurité des tunnels, rapport sur le développement des mesures de sécurité tunnels. Cette liste est continuellement actualisée.
Diagramme PC	Diagramme probabilité-conséquence

Bibliographie

Lois fédérales

- [1] Confédération helvétique (1960), « **Loi fédérale sur les routes nationales du 8 mars 1960** », SR 725.11, www.admin.ch.
- [2] Confédération helvétique (1958), « **Loi fédérale sur la circulation routière du 19 décembre 1958 (LCR)** », SR 741.01, www.admin.ch.

Ordonnances

- [3] Confédération helvétique (1991), « **Ordonnance du 27 février 1991 sur la protection contre les accidents majeurs, OPAM** », SR 814.012, www.admin.ch.
- [4] Confédération helvétique (2007), « **Ordonnance sur les routes nationales du 7 novembre 2007** », SR 725.111, www.admin.ch.
- [5] Confédération helvétique (1979), « **Ordonnance sur la signalisation routière du 5 septembre 1979 (OSR)** », SR 741.21, www.admin.ch.
- [6] Confédération helvétique (2002), « **Ordonnance relative au transport des marchandises dangereuses par route** », SR 741.621, www.admin.ch.

Instructions

- [7] Office fédéral des routes OFROU (2010), « **Exigences de sécurité applicables aux tunnels du réseau des routes nationales** », *Instruction ASTRA 74001*, www.astra.admin.ch

Directives de l'OFROU

- [8] Office fédéral des routes OFROU (2008), « **Mesures de sécurité sur les routes nationales selon l'ordonnance sur les accidents majeurs** », *Directive ASTRA 19001*, www.astra.admin.ch
- [9] Office fédéral des routes OFROU (2012), « **Application de l'ordonnance sur les accidents majeurs sur les routes nationales** », *Directive ASTRA 19002*, www.astra.admin.ch
- [10] Office fédéral des routes OFROU (2008), « **Ventilation des tunnels routiers** », *Directive ASTRA 13001*, www.astra.admin.ch

Normes

- [11] Société suisse des ingénieurs et architectes SIA (2004), « **Projet de tunnels - Bases générales** », *Norme SIA 197*.
- [12] Société suisse des ingénieurs et architectes SIA (2004), « **Projet de tunnels - Tunnel routier** », *Norme SIA 197/2*.

Manuels techniques de l'OFROU

- [13] Office fédéral des routes OFROU (2011), « **Manuels techniques T/U - K- EES - T/G, V2.00** », Division infrastructures routières I

Documentations de l'OFROU

- [14] Office fédéral des routes OFROU (2014), « **Concept de risque pour les tunnels des routes nationales - Méthodologie** », Documentation ASTRA 89005, www.astra.admin.ch
- [15] Office fédéral des routes OFROU (2014), « **Analyse de risques pour les tunnels des routes nationales - Exemple d'application** », Documentation ASTRA 89007, www.astra.admin.ch
- [16] Office fédéral des routes OFROU (2011), « **Transport des marchandises dangereuses dans les tunnels routiers – Analyse et évaluation des risques liés aux personnes** », Documentation ASTRA 84002, www.astra.admin.ch
- [17] Office fédéral des routes OFROU (2012), « **Mise en œuvre de l'ordonnance sur les accidents majeurs sur les routes nationales** », Documentation ASTRA 89006, www.astra.admin.ch
- [18] Office fédéral des routes OFROU (2009), « **Dangers naturels sur les routes nationales : Concept de risque** », Documentation ASTRA 89001, www.astra.admin.ch

Rapports et autres éléments

[19] Office fédéral des routes OFROU (2011), « **Rapport sur le développement des mesures de sécurité tunnels** »

Liste des modifications

Edition	Version	Date	Modifications
2014	1.10	15.02.2019	Adaptation des coûts marginaux.
2014	1.01	07.04.2015	Modifications formelles dans la version allemande.
2014	1.00	13.10.2014	Entrée en vigueur de la version 2014 (version originale en allemand).

