

Contribution à l'évolution du retour d'expérience en tunnel routier vers un outil de compréhension du comportement humain (usager et exploitant)

Audrey Auboyer

▶ **To cite this version:**

Audrey Auboyer. Contribution à l'évolution du retour d'expérience en tunnel routier vers un outil de compréhension du comportement humain (usager et exploitant). Sciences de l'Homme et Société. École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2009. Français. NNT : 2009ENMP1660 . pastel-00005923

HAL Id: pastel-00005923
https://pastel.hal.science/pastel-00005923

Submitted on 24 Mar 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ED n°432 : Sciences et Métiers de l'Ingénieur

N°attribué par la bibliothèque
|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|

T H E S E

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES DE PARIS

Spécialité "Sciences et génie des activités à risques"

présentée et soutenue publiquement par
Audrey AUBOYER

le 25 septembre 2009

CONTRIBUTION A L'EVOLUTION DU RETOUR D'EXPERIENCE EN TUNNEL ROUTIER POUR AMELIORER LA COMPREHENSION DU COMPORTEMENT HUMAIN (USAGER ET EXPLOITANT)

Directeur de thèse : Jean-Luc WYBO

Jury

M. BASTIEN Claude *(Université de Provence)* ……Rapporteur
M. JACQUES Jean-Marie *(Université de Namur)* ……Rapporteur
M. MARTIN Robert *(Université de Lyon)* ……Examinateur
M. VAN ELSLANDE Pierre *(Institut National de la Recherche sur les Transports et leur Sécurité)* …… Examinateur
M. DEFFAYET Michel *(Centre d'Etude des Tunnels)* ……Invité
M. BOROT Georges *(Société Française du Tunnel Routier du Fréjus)* ……Invité

Remerciements

Ces trois années de recherche ont été marquées par de nombreuses collaborations et rencontres qui ont rendu possible l'aboutissement de mon travail.

Mes remerciements vont tout d'abord aux différents partenaires qui ont porté ce projet et m'ont ouvert de nombreuses portes.

Merci à Jean-Luc Wybo (Mines-ParisTech) pour son savoir, ses idées et ses conseils qui m'ont guidés dans la recherche.

Merci au Centre d'Etude des Tunnels et à la Société Française du Tunnel du Fréjus pour m'avoir fait confiance en me laissant libre de mener à bien ce projet de recherche, en toute indépendance.

Je remercie amicalement Sylvie Lavedrine du CETU pour son aide précieuse et sa disponibilité au quotidien. Merci à Jean-Pierre Margueron et Marc Balmon de la SFTRF pour leur implication dans le projet et pour m'avoir ouvert les portes d'un terrain expérimental remarquable. Un grand merci aux régulateurs et aux opérateurs du PC CESAM pour m'avoir accueillie à leurs côtés et m'avoir fait découvrir la gestion quotidienne d'une autoroute et de ses tunnels.

Merci à l'ensemble du comité de suivi de thèse. Je remercie Robert Martin (LEACM), Thierry Bellet (INRETS) et Alain Noizet (Société Ligeron) pour leur aide dans l'orientation de mes choix.

Je tiens également à remercier les différents exploitants qui m'ont fait partager leur quotidien et qui m'ont fait découvrir les coulisses de l'exploitation des tunnels.

Merci à tous mes collègues qui ont rendu agréables mes passages au centre de recherche, au CETU et à la SFTRF.

Mes derniers remerciements vont à ma famille et mes amis pour avoir accepté mes absences et pour leur soutien tout au long de ces trois années.

Index des abréviations

- **ACTEURS** : Améliorer le Couplage Tunnel – Equipements – Usagers pour Renforcer la Sécurité
- **AIEA** : Agence Internationale de l'Energie Atomique
- **AIPCR** : Association mondiale de la route.
- **ARIA** : Analyse, Recherche et Information sur les Accidents
- **BARPI** : Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles
- **BAU** : Bande d'Arrêt d'Urgence
- **BEA-TT** : Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre
- **BSPP** : Brigade des Sapeurs-Pompiers de Paris
- **CCDSA** : Commission Consultative Départementale de Sécurité et d'Accessibilité
- **CCO** : Centre de Coordination Opérationnel
- **CESAM** : Centre d'Entretien et de Sécurité de l'Autoroute de la Maurienne
- **CETU** : Centre d'Etude des Tunnels
- **CETUR** : Conseils Etudes de Travaux Urbains et Ruraux
- **CIFRE** : Conventions Industrielles de Formation par la Recherche
- **CNESOR** : Commission Nationale d'Evaluation de la Sécurité dans les Ouvrages Routiers
- **CNIL** : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
- **CO** : Monoxyde de Carbone
- **COS** : Commandant des Opérations de Secours
- **COURLY** : COmmunauté Urbaine de LYon
- **CRC** : Centre de recherche sur les Risques et les Crises
- **CRS** : Compagnies Républicaines de Sécurité de la Police Nationale
- **DAI** : Détection Automatique d'Incidents
- **DREIF** : Direction Régionale de l'Equipement en Ile-de-France
- **DIRIF** : Direction Interdépartementale des Routes d'Ile-de-France
- **DPPR** : Direction de la Prévention des Risques et Pollutions Industrielles
- **EDA** : Etudes Détaillées d'Accidents
- **ERP** : Etablissement Recevant du Public
- **ESD** : Etude Spécifique de Danger
- **GEF** : Groupement d'Exploitation du Fréjus
- **GN** : Gendarmerie Nationale
- **GTC** : Gestion Technique Centralisée
- **HEED** : High-rise Evacuation Evaluation Database
- **INRETS** : Institut National de la Recherche sur les Transports et leur Sécurité
- **INSEE** : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
- **LAB** : Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et d'étude de comportement humain

- **LEACM** : Laboratoire d'Etude et d'Analyse des Comportements et des Modèles
- **MA** : Mécanismes d'Accidents
- **MCT** : Mémoire à Court Terme
- **MLT** : Mémoire à Long Terme
- **MRS** : Maîtrise des Risques Systèmes
- **PAU** : Poste d'Appel d'Urgence
- **PC** : Poste de Contrôle
- **PIS** : Plan d'Intervention et de Sécurité
- **PL** : Poids Lourd
- **PMA** : Poste Médical Avancé
- **PMV** : Panneau à Message Variable
- **PRV** : Point de Regroupement des Victimes
- **PSB** : Plan de Secours Binational
- **PST** : Pompier Sécurité Tunnel
- **REX** : Retour d'EXpérience
- **REXAO** : Retour d'EXpérience et l'Apprentissage Organisationnel
- **RTE** : Réseau Trans-Européen
- **SAMU** : Service d'Aide Médicale Urgente
- **SAV** : Signaux d'Affectation de Voie
- **SDIS** : Service Départemental d'Incendie et de Secours
- **SETRA** : Services d'Etudes sur les Transports, les Routes et leurs Aménagements
- **SFTRF** : Société Française du Tunnel Routier du Fréjus
- **TMD** : Transport de Marchandises Dangereuses
- **VL** : Véhicule Léger

Index des illustrations

Figures

- Figure 1 : Modèle « modal » d'Atkinson et Shiffrin (1968, 1972) ---------- 16
- Figure 2 : Modélisation des comportements humains, d'après Martin (2005) ----------24
- Figure 3 : Modèle SAI de Rabardel et Vérillon (1985), d'après Rabardel (1995) ------30
- Figure 4 : Modèle cognitif du conducteur dans le système conducteur – véhicule - environnement, d'après Vollrath et Lemmer (2003) ----------40
- Figure 5 : Modèle du temps d'évacuation, d'après Proulx (2006) ----------48
- Figure 6 : Représentation du scénario d'un évènement selon le modèle « nœud papillon » ----------79
- Figure 7 : Le modèle « tranches de gruyère » de Reason (1990, 1997), d'après Morel (2007) ----------80
- Figure 8 : La dynamique de la maîtrise des risques : une boucle de progrès, d'après Denis-Remis (2007) ----------80
- Figure 9 : Les évènements majeurs et la réglementation en tunnel routier depuis 1999, d'après Auboyer et al. (2007) ----------85
- Figure 10 : Représentation systémique du contexte de la recherche ----------94
- Figure 11 : Vue d'ensemble de l'itinéraire A43 Maurienne ----------99
- Figure 12 : Les quatre étapes du processus de REX, adapté de Hadj-Mabrouk (2008) ----------110
- Figure 13: Articulation des différentes étapes du déroulement du REX, d'après Hadj-Mabrouk et Hamadoui (2008) ----------112
- Figure 14 : Grille de sélection du niveau de retour d'expérience, d'après Wybo et al. (2005a) ----------113
- Figure 15 : Types d'évènements et progrès en tunnel routier, d'après Auboyer et al. (2007) ----------122
- Figure 16 : Récapitulatif de la méthode de recherche et des données collectées ------127
- Figure 17 : Les phases de progrès de la sécurité en tunnel routier ----------137
- Figure 18 : Etude de cas n°1, le scénario ----------150
- Figure 19 : Etude de cas n°2, situation à t=0 Figure 20 : Etude de cas n°2, situation à t=+10s ----------154
- Figure 21 : Etude de cas n°2, situation à t=+30s ----------155
- Figure 22 : Etude de cas n°2, situation à t=+4 ----------155
- Figure 23 : Etude de cas n°2, situation à t=+55s ----------155
- Figure 24 : Etude de cas n°2, situation à t=+1m10s ----------155
- Figure 25 : Etude de cas n°2, situation à t=+1m50s ----------156
- Figure 26 : Etude de cas n°2, situation à t=+2m00s ----------156
- Figure 27 : Etude de cas n°2, situation à t=+2m20s ----------157
- Figure 28 : Etude de cas n°2, situation à t=+3m20s ----------157

- Figure 29 : Etude de cas n°2, situation à t=+5m20s ----------157
- Figure 30 : Etude de cas n°2, situation à t=+9m00s ----------158
- Figure 31 : Etude de cas n°2, situation à t=+11m00s ----------158
- Figure 32 : Etude de cas n°2, situation à t=+12m00s ----------158
- Figure 33 : Etude de cas n°2, situation à t=+21m00s ----------159
- Figure 34 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements VL et PL en tunnels selon la nature (%)----------166
- Figure 35 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements sur l'itinéraire selon le type de panne (%)----------166
- Figure 36 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements en tunnels selon le type de panne (%)----------166
- Figure 37 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans le tunnel d'Orelle selon le type de panne (%)----------167
- Figure 38 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans les tunnels d'Aiguebelle et Hurtières selon le type de panne (%)----------167
- Figure 39 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans le tunnel d'Orelle selon le sens de circulation (%)----------169
- Figure 40 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans les tunnels d'Aiguebelle et Hurtières selon le sens de circulation (%)----------169
- Figure 41 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans le tunnel d'Orelle selon la voie de circulation (%)----------169
- Figure 42 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans les tunnels d'Aiguebelle et Hurtières selon la voie de circulation (%)----------169
- Figure 43 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans le tunnel d'Orelle selon les appels des usagers (%)----------170
- Figure 44 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans les tunnels d'Aiguebelle et Hurtières selon les appels des usagers (%)----------170
- Figure 45 : Evènements d'exploitation (incendie), répartition des usagers selon l'âge (%)----------173
- Figure 46 : Evènements d'exploitation (incendie), fréquence d'utilisation des tunnels des usagers (%)----------174
- Figure 47 : Exercice tunnel d'Orelle, le scénario ----------183
- Figure 48 : Exercice tunnel d'Orelle, répartition des usagers selon l'âge (%)----------193
- Figure 49 : Exercice tunnel d'Orelle, modèle du comportement des usagers en situation d'évacuation ----------196
- Figure 50 : Exercice tunnel de la Défense, répartition des participants selon l'âge (%)----------199
- Figure 51 : Exercice tunnel de la Défense, répartition des participants selon l'expérience de la conduite (%)----------199
- Figure 52 : Exercice tunnel de la Défense, répartition des participants selon la fréquence d'utilisation des tunnels (%)----------200

- Figure 53 : Etude des représentations mentales, répartition des entretiens selon le moment de la journée (%)----------209
- Figure 54 : Etude des représentations mentales, répartition des participants selon les catégories des groupes (%)----------213
- Figure 55 : Etude des représentations mentales, répartition des usagers non sensibilisés selon la catégorie professionnelle (%)----------213
- Figure 56 : Etude des représentations mentales, répartition des participants selon l'âge (%)----------214
- Figure 57 : Etude des représentations mentales, répartition des participants selon le genre (%)----------214
- Figure 58 : Etude des représentations mentales, répartition du groupe « usagers » selon l'expérience de la conduite (%)----------215
- Figure 59 : Etude des représentations mentales, exemples de dessin de professionnels ----------215
- Figure 60 : Etude des représentations mentales, exemples de dessin d'usagers -------215
- Figure 61 : Etude des représentations mentales, répartition des dessins des participants selon la prise de vue (%)----------216
- Figure 62 : Etude des représentations mentales, répartition des dessins des participants selon les éléments de contexte dessinés (%)----------216
- Figure 63 : Etude des représentations mentales, répartition des dessins des participants selon les équipements statiques de remontée d'informations (%)----------217
- Figure 64 : Etude des représentations mentales, répartition des dessins des participants selon les équipements de la route (%)----------218
- Figure 65 : Etude des représentations mentales, répartition des dessins des participants selon les équipements de ventilation et les éléments pour les pompiers (%)----------218
- Figure 66 : Comparaison des temps nécessaires à l'évacuation et des temps disponibles pour l'évacuation ----------228
- Figure 67 : Modèle cognitif des usagers en situation d'auto-évacuation ----------229
- Figure 68 : Schémas d'une issue de secours type proposée (crédits photo CETU) ---229
- Figure 69 : Les trois niveaux du partage des connaissances dans le retour d'expérience en tunnel routier ----------242
- Figure 70 : Exemple d'organisation des réseaux d'acteurs du REX. ----------243
- Figure 71 : Exemple d'organisation d'un collectif local de REX. ----------243
- Figure 72 : Proposition d'une échelle de retour d'expérience en tunnel routier -------244
- Figure 73 : Exemple d'organisation de dispositif de retour d'expérience ----------248
- Figure 74 : Les trois étapes d'un exercice de sécurité en tunnel routier ----------249
- Figure 75 : Evolution et énergie à déployer pour la gestion de la sécurité en tunnel routier ----------255

Tableaux

- Tableau 1 : Les gestionnaires de voiries routières ----------82
- Tableau 2 : Situation fin 2007 des tunnels routiers français de plus 300m, d'après Deffayet (2008) ----------83
- Tableau 3 : Synthèse des principaux éléments de description des tunnels étudiés -----99
- Tableau 4 : Récapitulatif des évènements d'exploitation analysés ----------147
- Tableau 5 : Base de données 2006-2007, classification des évènements recensés ----165
- Tableau 6 : Base de données 2006-2007, répartition du trafic selon les tunnels ------168
- Tableau 7 : Exercice tunnel d'Orelle, répartition des participants dans les véhicules ----------183
- Tableau 8 : Exercice tunnel de la Défense, répartition des participants dans les véhicules ----------186
- Tableau 9 : Récapitulatif des exercices avec interviews et/ou observations du comportement des usagers ----------190
- Tableau 10 : Exercice tunnel d'Orelle, informations recensées dans les communications usagers – opérateurs (%)----------198
- Tableau 11 : Etude des représentations mentales, répartition des participants selon le groupe ----------212
- Tableau 12 : Etude des représentations mentales, répartition des participants selon le nombre d'éléments dessinés (%)----------216
- Tableau 13 : Typologie des évènements en tunnel routier ----------240
- Tableau 14 : Exemple de tableau national des évènements en tunnel routier ----------246

Sommaire

Remerciements I
Index des abréviations III
Index des illustrations V
Sommaire IX

Introduction 1

PREMIERE PARTIE

Chapitre 1 . Le fondement du comportement humain 13

1. Point de vue de la psychologie cognitive 13

1.1. Présentation 13

1.2. Principaux concepts 15

1.3. Un modèle général du fonctionnement cognitif de l'être humain 23

2. Point de vue de l'ergonomie cognitive 25

2.1. Présentation 25

2.2. Principaux concepts 27

3. Bilan sur les approches psychologique et ergonomique 34

Chapitre 2. Comportement de conduite et comportement d'évacuation 37

1. L'activité de conduite automobile 37

1.1. Conduire : une activité complexe 37

1.2. Les modèles de l'activité de conduite 39

1.3. La lisibilité de la route et la transgression des règles 41

2. Le comportement humain en situation de danger 43

2.1. La prise de décision 44

2.2. Dans les incendies 47

3. Prise en compte du comportement humain en tunnel routier 52

3.1. Un constat : le comportement observé des usagers est différent de celui attendu 52

3.2. Les actions menées auprès des usagers 54

3.3. Travaux concernant notre étude 56

4. Bilan sur les comportements de conduite et d'évacuation 63

Chapitre 3. Gestion des risques et système tunnel 67

1. Les cindyniques et la gestion des risques 67

1.1. Les cindyniques : une science pluridisciplinaire 67

1.2. Quelques concepts 70

1.3. Modèles pour la compréhension des situations cindyniques et l'intervention 78

2. La sécurité et les risques en tunnel routier 82

2.1. Gestion et réglementation des tunnels routiers 82

2.2. Les risques en tunnel routier 87

2.3. La stratégie de sécurité (auto-évacuation des usagers) 89

3. Le système tunnel 92

3.1. L'approche systémique 92

3.2. Un tunnel routier : un système complexe ouvert 94

3.3. Présentation du terrain de recherche 96

4. Bilan 100

Chapitre 4. Retour d'expérience et méthode de recherche 103

1. Les conceptions du retour d'expérience 103

1.1. Le retour d'expérience : outil ou démarche de management ? 103

1.2. Des approches propres aux besoins de l'organisation 106

1.3. Principes fondamentaux 109

1.4. Principaux écueils liés à une démarche de retour d'expérience 114

1.5. La méthode REXAO 115

2. Le retour d'expérience en tunnel routier 117

2.1. Le cadre réglementaire 117

2.2. Diagnostic des pratiques 118

3. Hypothèses et méthode de recherche 123

3.1. Les hypothèses de recherche 123

3.2. Une méthode qualitative plutôt que quantitative 125

4. Point d'étape 135

DEUXIEME PARTIE

Chapitre 5. Analyse d'évènements d'exploitation 141

1. Procédures expérimentales 141

1.1. Le recueil de témoignages (interview) 141

1.2. Autres supports pour le retour d'expérience 143

1.3. Récapitulatif des évènements analysés 147

1.4. Base de données à partir de quatre tunnels autoroutiers 148

2. Comportement des usagers à la suite d'incendies 149

2.1. Etude de cas n°1 150

2.2. Etude de cas n°2 154

3. Résultats pour la base de données 165

3.1. Les facteurs exogènes 165

3.2. Les facteurs endogènes 170

4. Bilan de l'analyse des évènements d'exploitation 173

4.1. Sur le comportement des usagers 173

4.2. Sur la base de données 177

Chapitre 6. Instrumentation d'exercices de sécurité 179

1. Procédure expérimentale 179

1.1. Exercices de sécurité et observations de terrain 179

1.2. Expérience dans le tunnel d'Orelle 182

1.3. Projet RDT et exercice dans le tunnel de la Défense 185

1.4. Récapitulatif des autres exercices 189

2. Le comportement des usagers au cours des exercices de sécurité 192

2.1. Enseignements de l'exercice d'Orelle 192

2.2. Enseignements des exercices réalisés avec la DIRIF 199

3. Bilan des exercices « instrumentés » 204

Chapitre 7. Etude des représentations mentales d'un tunnel routier 207

1. Présentation de l'étude 207

1.1. Les objectifs 207

1.2. La méthode de travail 208

2. Résultats 212

2.1. Le profil des participants 212

2.2. Les dessins 215

2.3. Exemples 215

2.4. Synthèse 218

3. Bilan : un décalage de représentation entre les usagers et les professionnels 221

Chapitre 8. Bilan et perspectives 223

1. Pour l'auto-évacuation des usagers 223

1.1. Le fondement du comportement des usagers 223

1.2. Modèles d'auto-évacuation et systèmes d'aide à l'évacuation 226

1.3. Note sur les propositions d'adaptation 233

2. Pour le retour d'expérience 235

2.1. Les difficultés rencontrées dans la mise en place du retour d'expérience 235

2.2. Principaux leviers d'action 238

2.3. Le retour d'expérience sur exercices 248

3. Accompagner les changements organisationnels en tunnel routier 251

3.1. Discussion 251

3.2. Besoin d'une culture partagée 257

Conclusion 259

Références bibliographiques 263
Annexes 277
Table des matières 359
Résumé 371
Abstract 371

Introduction

Les individus doivent s'adapter à des systèmes en évolution constante, de plus en plus complexes. Comme le note Wybo, *« Cette complexité est souvent liée à l'extension de la technologie et des automatismes qui contrôlent les systèmes, mais elle résulte également de l'augmentation du nombre des intervenants et des relations qui les lient. »* (2002, p. 26). En particulier, le système de transport routier subit de nombreux changements tant du point de vue de ses infrastructures que des moyens de transport et des technologies qui les composent. Les différentes composantes de ce système (route, rails, tunnels, etc.) doivent assurer un niveau de sécurité à leurs utilisateurs (Amberg, 2006).

La sécurité routière représente un enjeu humain essentiel. Pour améliorer cette situation, de nombreux auteurs recommandent d'agir sur l'ensemble du système et ses trois composantes : le véhicule - les usagers de la route (dont le conducteur) - la route et son environnement. Cette amélioration passe par la mise en œuvre de méthodes et de techniques gérée par l'ensemble de la communauté routière (services routiers, maîtres d'ouvrages, gestionnaires, etc.). *« La sécurité routière […] est un domaine où l'on progresse constamment par l'expérience, par la capitalisation des connaissances, par l'évaluation des démarches mises en œuvre. »* (Chambon, 2008, p. 1)

Le retour d'expérience est un outil relativement récent développé pour améliorer la sécurité des systèmes complexes à risques (aviation, nucléaire, ferroviaire, etc.). Il peut être défini comme l'analyse des mécanismes, de leurs interactions et de leurs influences sur le déroulement de l'événement. Le retour d'expérience intègre le partage des expériences entre les différents acteurs de l'évènement. Il donne matière aux organisations pour progresser dans la gestion des risques et s'applique aussi bien aux situations réelles qu'aux exercices de sécurité.

Depuis plusieurs années, les chercheurs et les professionnels de nombreuses disciplines scientifiques (psychologie, ergonomie, etc.) s'interrogent sur le comportement des personnes face aux situations de danger et aux risques que ces dernières représentent. Ainsi, de nombreux travaux ont été réalisés sur ce sujet et ont permis de réels progrès en matière de sécurité. Pour atteindre un niveau de sécurité élevé dans les systèmes socio-techniques, le retour d'expérience est de plus en plus utilisé. D'après Wybo (2002), **le retour d'expérience est devenu un des moyens d'éclairer, au travers de l'analyse fine des événements et des décisions, les comportements des sous-systèmes technique, humain et organisationnel en présence de situations imprévues**.

❖ La sécurité en tunnel routier

Qu'ils soient consécutifs à un accident ou non, en raison de l'espace restreint et du caractère confiné du milieu, les incendies de véhicule en tunnel routier peuvent prendre rapidement des proportions catastrophiques en nombre de vies humaines. Ceci peut être illustré par les incendies du tunnel du Mont-Blanc (France), du tunnel du Tauern (Autriche) et du tunnel du St Gothard (Suisse) qui se sont déroulés entre 1999 et 2001 et qui ont coûté la vie à une soixantaine de personnes.

En 1999, l'incendie du tunnel du Mont-Blanc a particulièrement frappé l'opinion publique et a eu des effets rapides et conséquents sur la manière dont le gouvernement et le législateur français ont décidé de prendre en compte la sécurité dans les tunnels routiers. Depuis août 2000, la réglementation française impose aux exploitants de tunnel routier de plus de 300 mètres **des dispositions procédurales et des dispositions techniques**.

➘ Pour les premières, les exploitants doivent notamment mettre en place un dispositif permanent permettant d'enregistrer et d'analyser les évènements significatifs. Les exploitants des tunnels de l'Etat ont également l'obligation d'alimenter une base centrale de données concernant les incidents et les accidents significatifs survenus dans leur(s) ouvrage(s). En outre, les exploitants doivent réaliser au moins une fois par an un exercice de sécurité destiné à évaluer les réponses et la coordination des personnels « exploitant » (y compris des services d'intervention et de secours) face à un événement donné.

➘ Les dispositions techniques reposent entre autres sur les moyens mis à disposition des usagers dans les tunnels et définissent une stratégie de sécurité basée sur un comportement attendu des usagers, à savoir : donner l'alerte à l'aide des postes d'appel d'urgence, essayer d'éteindre l'incendie et se diriger à pied vers les issues de secours.

L'analyse d'événements majeurs montre qu'en cas de crise, **le comportement réel des usagers diffère nettement de celui présupposé par la réglementation** (ils attendent dans le véhicule, évacuent à bord de leur véhicule, etc.). Ceci est confirmé par les résultats de plusieurs études menées sur le sujet (Boer, 2002 ; Noizet, 2005a). Fort heureusement peu d'évènements majeurs se produisent dans les tunnels routiers. Les événements donnant lieu à des enquêtes judiciaires sont, aujourd'hui, la principale source d'informations sur le comportement du système en cas de crise.

Dans le contexte actuel de l'exploitation des tunnels routiers, le système réglementaire de retour d'expérience, tel qu'il est conçu, ne permet pas d'approfondir les déterminants du comportement des différents acteurs (et des usagers en particulier) en fonction de la situation vécue. A noter que, les exploitants, dont la préoccupation majeure est la sécurité des usagers, soulignent que le système de retour d'expérience existant ne correspond pas suffisamment à leurs besoins.
Par ailleurs, en dehors de ces événements majeurs, le système « tunnel » est régulièrement confronté à des séquences d'évènements potentiellement dangereuses contre lesquelles il réagit positivement permettant ainsi de garder l'équilibre. Ces séquences, non décelées à priori par les analyses de risque, sont potentiellement source d'apprentissage sur le

fonctionnement des différentes composantes du système et leur capacité à réagir. A ce jour, cette source d'apprentissage n'est pas exploitée à sa juste valeur par manque de méthode et d'organisation.

En 2003, les débats sur la recherche et le suivi de travaux menés sur ce thème ont confirmé la nécessité pour le CETU de progresser dans le domaine de la connaissance du comportement humain. **L'importance de ce sujet constitue une préoccupation majeure tant sur le plan national qu'international.** C'est ainsi que le CETU a constitué un **thème de recherche prioritaire** entourant cette question : le thème 9 *« Facteurs humains et organisationnels de la sécurité. »* (2005-2008).

❖ Mise en place du projet de recherche

Dans ce contexte, **le Centre d'Etudes des Tunnels (CETU)** a mis en place le projet de recherche *« Contribution à l'évolution du retour d'expérience en tunnel routier pour améliorer la compréhension du comportement humain (usager et exploitant). »*. Celui-ci a débuté en mars 2006 dans le cadre d'un contrat CIFRE[1] **en partenariat avec la Société Française du Tunnel Routier du Fréjus et de l'autoroute de la Maurienne A43 (SFTRF) et le Centre de recherche sur les Risques et les Crises (CRC, Mines Paris Tech)**.

Pour les partenaires, l'étude vise à répondre à un besoin d'évolution en matière d'analyse et de compréhension du comportement humain en situation de danger. L'enjeu se situe au niveau de la connaissance du comportement des usagers au cours de différentes situations et en particulier lors d'évènements de type incendie.

Plusieurs éléments ont facilité le travail de recherche pour l'élaboration de la méthode et des outils adaptés pour le retour d'expérience. Les partenaires étaient volontaires dès le début de l'étude. Chacun a donné de son temps et mis à disposition les moyens souhaités. A noter que la SFTRF nous a facilement autorisé l'accès aux postes de contrôles et aux informations importantes, à partir notamment des interviews des usagers et des opérateurs, pour l'analyse des évènements et le partage des expériences.

En outre, **de multiples partenaires et associés** ont été réunis autour de notre travail de recherche. Compte tenu de la place importante de la psychologie comme angle d'approche, une co-direction a été instaurée avec le **Laboratoire d'Etude et d'Analyse du Comportement et des Modèles** (LEACM, Université de Lyon). Notre étude étant pluridisciplinaire, plusieurs représentants des disciplines concernées ont collaboré à notre recherche et ont participé à un **comité de suivi de thèse** avec les représentants des partenaires. Ce comité[2] visait à assurer le suivi scientifique de l'étude. Il a été l'occasion de faire le point sur les travaux en cours et de valider ou de changer les orientations choisies. Il a également permis de s'assurer que les travaux répondaient tant aux exigences pratiques que théoriques.

[1] Conventions Industrielles de Formation par la REcherche.
[2] Le comité est composé de Jean-.Luc Wybo (CRC), Sylvie Lavedrine (CETU), Robert Martin (LEACM), Jean-Pierre Margueron (SFTRF), Thierry Bellet (INRETS) et Alain Noizet (société DEDALE).

Notre recherche s'est insérée dans **une des actions de recherche et de doctrine du thème 9 du CETU** : *« Retour d'expérience : évolution vers un outil de connaissance du comportement humain. »*. Nous avons également collaboré à deux projets français intégrant le comportement des usagers : le **projet ACTEURS**[3] et le **projet « auto-évacuation »** de la DIRIF[4]. Il a pu se nourrir des résultats issus de ces projets.

❖ Objectifs pratiques de la recherche

Notre recherche s'inscrit dans la perspective de faire évoluer le retour d'expérience en tunnel routier, de l'alimentation d'une base de données vers une boucle de progrès et de partage des expériences intégrant tous les acteurs de la sécurité, pour améliorer la connaissance du système complexe qu'est un tunnel. Elle vise à donner aux exploitants les méthodes et les outils permettant de faire évoluer le retour d'expérience en tunnel routier vers un outil de connaissance et de compréhension du comportement humain (usagers, personnels « exploitant »).

La validation de ces instruments en condition d'exploitation dans plusieurs sites d'exploitation de tunnels routiers a pour objectif de participer à la définition : de nouveaux modes de gestion de l'exploitation prenant en compte les situations dangereuses identifiées, de messages à destination des usagers et de nouvelles formations pour les personnels de l'exploitant.

En pratique, notre action de recherche vise à :

- **adapter le retour d'expérience à l'enjeu en définissant une hiérarchisation des évènements conduisant à des investigations idoines à leur potentiel d'apprentissage (typologie des évènements, échelle de retour d'expérience, etc.) ;**
- **proposer les moyens nécessaires (outil, organisation, formation, etc.) pour analyser le comportement humain en fonction des types d'évènements et mettre en place un processus de vigilance (exploitation au quotidien, vidéo, main courante, etc.).**

Cette démarche devra être prise en compte en interne chez l'exploitant dans le cadre de la démarche d'amélioration continue et par le CETU pour diffusion à tous les exploitants sous forme de recommandations, d'outils pédagogiques, etc.. Elle devra contribuer à améliorer la compréhension des évènements, de l'exploitation et de la conception des ouvrages.

Nous allons resituer ces objectifs pratiques par rapport au contexte de la recherche pour préciser l'enjeu et les questions de notre travail.

❖ Problématique et questions de recherche

Afin d'améliorer la sécurité en tunnel routier, les recherches ont été orientées sur les aspects technologiques puis elles ont pris en compte les facteurs humains et

[3] Améliorer le Couplage Tunnel – Equipements – Usagers pour Renforcer la Sécurité.
[4] Direction Interdépartementale des Routes d'Ile-de-France.

organisationnels. Comme dans d'autres domaines, le retour d'expérience en tunnel routier a d'abord été élaboré dans une optique « technique » et « quantitative ». Les progrès technologiques ayant permis d'atteindre un niveau de sécurité élevé, **il est aujourd'hui nécessaire d'avoir une démarche qualitative qui inclut les aspects humains et organisationnels.**

La gestion de situation de danger en tunnel peut être définie comme une activité complexe aussi bien pour les usagers à bord de leur véhicule que pour le personnel « exploitant »[5] intervenant à distance (opérateurs de supervision, etc.) ou sur le terrain (agents routiers, services de secours, etc.). Chaque personne confrontée à ce type de situation doit prélever et prendre en compte de nombreuses informations provenant d'un environnement routier complexe et dynamique (signalisation, trafic, etc.). Cette tâche met en jeu différents facteurs affectifs, cognitifs et la charge mentale de travail varie au cours de l'activité lorsque la personne est confrontée à une situation inattendue en tunnel. L'usager doit passer d'une situation de conduite courante à une situation d'évacuation.

Le développement de méthodes et outils visant à intégrer le comportement humain dans le retour d'expérience doit permettre de mieux comprendre le fondement du comportement des usagers confrontés à une situation de danger en tunnel. Il est également l'occasion d'apporter de nouveaux éléments visant à favoriser et à faciliter l'auto-évacuation en cas d'incendie (adaptation des dispositifs, des consignes de sécurité puis information et formation).

Notre recherche repose sur l'étude psychosociologique et comportementale des acteurs principaux des évènements, en particulier des usagers, lors des incendies en tunnel routier. Il s'agit de modéliser le comportement des usagers à partir des mécanismes psychologiques sous-jacents identifiés. L'étude vise à déterminer des types de comportement variables en fonction de plusieurs facteurs endogènes et exogènes à l'individu. Cette typologie donne des critères objectifs de compréhension pour l'adaptation du système tunnel au comportement des usagers.

L'enjeu de la recherche proposée est de mettre en place les instruments de l'exploitation des séquences potentiellement source d'apprentissage afin de mieux appréhender le processus de représentation mentale des acteurs face à des situations imprévues dans lesquelles ils ne sont *a priori* pas en mesure de comprendre en temps réel ce qui se passe au sein du système.

A travers notre recherche, il s'agit de :

- **déterminer les facteurs psychologiques** à prendre en compte pour comprendre le comportement des usagers confrontés à une situation de danger en tunnel routier, plus particulièrement au moment du basculement entre le comportement de conduite d'un automobiliste et le comportement d'évacuation ;

[5] Nous utilisons l'expression « personnel exploitant » pour désigner les acteurs internes (opérateurs de supervision, agents routiers, etc.) et externes (sapeurs-pompiers, gendarmes, etc.) au gestionnaire de tunnel. Lorsque nous évoquons « les personnels de l'exploitant » nous faisons référence uniquement aux acteurs internes.

- **faire évoluer le retour d'expérience** existant en intégrant les facteurs humains et organisationnels via la proposition de méthodes et outils adaptés au contexte tunnel ;
- **faire des propositions d'adaptation** des dispositifs et stratégies de sécurité à partir des résultats du retour d'expérience mis en place.

Ces éléments nous amènent à définir notre question générale de recherche :
Comment faire évoluer le retour d'expérience en tunnel routier de l'alimentation d'une base de données réglementaire à une véritable boucle d'apprentissage du comportement humain (usager et personnel « exploitant ») afin de progresser dans le domaine de la sécurité ?

Comme le note Barbier (1998), il convient de fournir une réponse pragmatique à cette question, c'est à dire fondée et applicable sur le terrain pris comme site d'études de cas permettant de formaliser et de tirer des enseignements de cette problématique. Les questions traitées progressivement dans cette recherche, peuvent s'inscrire a posteriori dans trois registres de préoccupations :

- **quels sont les facteurs cognitifs et affectifs** en jeu dans le comportement des usagers en situation d'évacuation lors d'un incendie en tunnel ?
- **quels sont les méthodes et outils de retour d'expérience** permettant d'intégrer l'analyse du comportement des usagers et plus largement le comportement humain (y compris le personnel « exploitant ») ?
- **quels sont les dispositifs et stratégies de sécurité** qui permettent de faciliter et favoriser l'auto-évacuation des usagers ?

C'est par rapport à ces trois registres que nous avons progressivement enrichi la problématique de notre recherche.

❖ Position de recherche

Notre objet d'étude concerne les interactions entre les usagers, les services « exploitant » et l'environnement tunnel au cours de situations courantes et de situations de danger. Nous cherchons particulièrement à apprécier les facteurs cognitifs et affectifs en jeu dans le comportement des usagers en nous appuyant sur les notions de représentations mentales (connaissance initiale), de perception et d'interprétation ainsi que de prise de décision et d'action. En parallèle, un travail est mené sur les éléments à prendre en compte pour l'évolution du retour d'expérience et des stratégies de sécurité. Il s'agit de proposer les moyens et les axes de vigilance participant à l'amélioration de l'organisation de la gestion des risques en tunnel routier.

Cet objet de recherche est un des premiers de ce type a avoir été mis en place dans le domaine des tunnels. A ce jour dans la littérature, il existe peu de recherches traitant du comportement des usagers, de l'activité des opérateurs de supervision et du retour d'expérience dans ce domaine.

La recherche se nourrit à la fois de données écologiques (« du terrain ») et de données théoriques qui s'enrichissent mutuellement. Pour avoir un regard le plus précis possible, la présente recherche intègre plusieurs domaines scientifiques. **Elle est**

pluridisciplinaire. Elle se situe dans le cadre théorique très général de la sécurité des systèmes complexes. Elle s'appuie sur l'approche systémique et s'inscrit dans une démarche ergonomique. Elle repose plus précisément sur la psychologie cognitive et les cindyniques.

D'après Barbier (1998), il existe une multitude d'appellations : recherche-action, recherche-développement, recherche-appliquée, etc. qui indique une diversité de points de vue pour formaliser le problème de la mise en présence du chercheur et des acteurs de l'organisation en accentuant tel ou tel aspect de l'objectif ou des modalités de cette mise en présence.

Liu (1992, cité par Gatot, 2000, p. 76) définit la recherche-action comme *« Une démarche de recherche fondamentale dans les sciences de l'homme, qui naît de la rencontre entre une volonté de changement et une intention de recherche. Elle poursuit un objectif dual qui consiste à réussir un projet de changement délibéré et ce faisant, faire avancer les connaissances fondamentales dans les sciences de l'homme. Elle s'appuie sur un travail conjoint entre toutes les personnes concernées. »*.

La recherche-action permet d'expérimenter en situation réelle. Ce type de démarche est particulièrement adapté pour des projets qui, comme le notre, ont la particularité d'être complexes compte tenu de la diversité des parties associées à la démarche et de leurs interactions qui génèrent une pluralité dans les objectifs, les demandes, les ressources et les compétences. Ces projets sont caractérisés par l'absence d'un corps de connaissances structuré et sont réalisés avec des intervenants qui souhaitent améliorer leurs méthodes grâce à la recherche. Les résultats d'une recherche-action aboutissent à des réponses aux problèmes de l'organisation, génèrent des propositions par les expérimentations et une formation sur le terrain permettant l'acquisition de compétences individuelles, collectives ainsi que des apports pour la recherche fondamentale.

Notre sujet s'inscrit dans une **perspective constructiviste**. Nous partons d'observations réalisées au cours d'évènements d'exploitation ou simulés pendant des exercices de sécurité pour reconstruire et modéliser les mécanismes et les interactions sous-jacents au comportement des usagers. Nos modèles s'appuient sur des modèles plus ou moins généraux déjà existants dans les différents domaines et courants théoriques auxquels se rattache notre étude. Comme le remarque Wolff, Sperandio, et Després (2004) pour accéder aux connaissances utilisées par un opérateur humain, il est nécessaire de connaître son activité, à partir d'observations sur le terrain, puis d'effectuer ensuite une représentation de cette activité en la modélisant.

Le constructivisme est un courant de pensée fondé sur l'idée que les connaissances sont acquises par l'apprenant sur la base de sa propre construction mentale. Ce courant s'inscrit dans la théorie de l'apprentissage de Piaget. Il est centré sur les activités cognitives de l'individu qui lui permettent de détecter et d'interpréter les évènements selon leur contexte d'apparition. Nous utilisons le constructivisme puisqu'il permet de comprendre comment les usagers construisent et élaborent leur connaissance (y compris représentations et

comportement). Nous l'utilisons également comme principe permettant de passer par induction de nos observations de terrain à des principes de relations organisationnelles favorisant la mise en place d'un système de retour d'expérience et l'adaptation des stratégies de sécurité.

L'interaction du sujet observant et de l'objet observé est mise en avant, considérant que la connaissance est un construit plutôt qu'un donné. *« La connaissance est donc un processus avant d'être un résultat, le système observant se construisant en permanence dans et par l'interaction du sujet observant et du phénomène observé. »* (Le Moigne, 1994, cité par Gatot, 2000, p. 79). *« Le monde construit par le sujet est un monde empirique, basé sur ses expériences, et qui ne prétend pas correspondre à une réalité ontologique. »* (Von Glaserfeld, 1988, cité par Gatot, 2000, p. 79).

❖ Procédure empirique

Pour répondre à nos objectifs de recherche, notre démarche expérimentale a été double. Nous avons eu la possibilité de mettre en place plusieurs protocoles expérimentaux basés sur **une analyse des représentations mentales des usagers et des professionnels des tunnels ainsi qu'une analyse comportementale « in situ » à partir des évènements d'exploitation et des exercices de sécurité**. Ces procédures sont complémentaires et ont permis d'enrichir au fil du temps les propositions émises en termes de retour d'expérience et d'auto-évacuation des usagers.

➘ L'analyse comportementale « in situ » porte essentiellement sur le recueil de témoignages (interview) d'usagers et l'analyse de quelques séquences de vidéosurveillance d'évènements d'exploitation et exercices de sécurité. La méthode des interviews est largement utilisée dans d'autres domaines car elle est la plus appropriée pour comprendre le fondement des réactions des personnes.

➘ Pendant le temps de préparation et de mise en place de celle-ci, l'étude portant sur les représentations a été menée. Elle concerne l'étude des représentations mentales de l'objet « tunnel » des usagers et des professionnels des tunnels.

❖ Plan du rapport

Le présent rapport se compose de deux parties, chacune étant constituée de quatre chapitres. Dans les quatre premiers chapitres nous allons décrire le cadre théorique et le contexte pratique dans lesquels s'inscrit notre recherche puis, dans les quatre chapitres suivants, nous allons évoquer les principaux éléments de mise en pratique de celle-ci et ses résultats.

➘ **La première partie sera consacrée à la définition des principaux concepts en lien avec notre objet de recherche et le contexte particulier des tunnels routiers.** D'un domaine scientifique et d'une étude à l'autre, les termes employés sont les mêmes mais leur définition peut varier en raison du regard qui leur est porté et du contexte d'application dans lequel ils se situent. D'après Pascal (1658) : *« Cette véritable méthode qui formerait les démonstrations dans la plus haute excellence, s'il était possible d'y arriver, de n'employer aucun terme dont on n'ait auparavant expliqué nettement le sens ; l'autre, de*

n'avancer jamais aucune proposition qu'on ne démontrât par des vérités déjà connues, c'est-à-dire, en un mot à définir tous les termes et à prouver toutes les propositions. ». (De l'art de persuader, section 1). Pour circonscrire notre objet d'étude, il nous faut ancrer notre propos dans les disciplines au sein desquelles s'inscrit cette recherche.

Cette première partie **vise à donner au lecteur les éléments permettant de comprendre notre objet de recherche et les orientations choisies pour l'étudier.** Celle-ci se veut être accessible au plus grand nombre de personnes intéressées par les questions que nous traitons et qui, en fonction de leur expérience, ne connaissent pas forcément les trois domaines scientifiques abordés.

Ainsi, le **chapitre 1** sera consacré à la présentation non exhaustive des concepts de base issus de la psychologie cognitive et de l'ergonomie cognitive. Ces concepts sont utilisés dans les recherches concernant le comportement de conduite et le comportement d'évacuation face à un danger (en particulier l'incendie) et aident à mieux appréhender les fondements du comportement humain durant ces situations.

Ces recherches seront abordées dans le **chapitre 2** avant de faire un état des lieux sur la prise en compte du comportement humain dans le domaine des tunnels routiers.

Dans le **chapitre 3**, nous évoquerons ces éléments du point de vue des cindyniques et nous présenterons notre terrain d'étude.

Le **chapitre 4** sera axé sur la présentation et la définition du retour d'expérience qui constituera le fondement de notre méthode de recherche.

➘ La **deuxième partie** du rapport s'inscrit dans la perspective d'intégrer au retour d'expérience les moyens de la connaissance des fondements du comportement humain (usager et exploitant) lors des évènements en tunnel routier. **Nous allons évoquer les différentes études et méthodes d'observation que nous avons mises en place**, à partir des recherches existantes sur le comportement des personnes en situation de danger, **et leurs principaux résultats.**

Les **chapitres 5 et 6** présentent en particulier les travaux conduits à partir d'une méthode de recueil de témoignage des usagers utilisée à la suite d'événements d'exploitation et au cours d'exercices de sécurité.

Le **chapitre 7** est consacré à l'étude conduite sur les représentations mentales dont l'objectif est d'apporter des éléments constructifs pour les besoins du terrain.

Le **chapitre 8** sera l'occasion d'évoquer les apports et implications, actuelles et futures, de notre étude qui apporte des éléments objectifs de compréhension du comportement des usagers face à des situations de danger. Des propositions pratiques visant à adapter le retour d'expérience ainsi que les dispositifs de sécurité existants en tunnel routier seront formulées.

Première partie

Chapitre 1 . Le fondement du comportement humain

L'étude de l'homme intéresse les chercheurs depuis de nombreux siècles. La définition du cadre théorique entourant notre travail de recherche, débute par la présentation des principaux concepts de la psychologie cognitive puis de l'ergonomie cognitive qui donnent des bases pour appréhender l'activité des usagers aussi bien en situation de conduite automobile qu'en situation d'évacuation. En effet, la psychologie définit les propriétés de base du fonctionnement cognitif et affectif de l'être humain. L'ergonomie reprend les principaux concepts de la psychologie pour les appliquer à l'étude de l'être humain en activité. Nous limitons notre exposé aux concepts en lien avec notre recherche et qui aident à comprendre le fondement du comportement humain en tunnel.

1. Point de vue de la psychologie cognitive

1.1. Présentation

1.1.1. De la psychologie en général …

La psychologie est la science qui a pour but d'étudier et de comprendre la structure et le fonctionnement de l'activité mentale et des comportements associés. Elle étudie les faits psychiques qui concernent la pensée, l'esprit, la vie mentale dans tous leurs aspects (Larousse, 2003). Elle cherche à mettre en évidence les mécanismes psychologiques et à connaître les sentiments, les idées, les comportements.

La psychologie s'articule avec de nombreuses sciences qui étudient l'être humain selon différents points de vue comme la biologie, la linguistique, etc.. Comme toute science, elle a évolué au fil du temps en fonction des connaissances déjà acquises et de celles restant à approfondir. Dans ses premières origines se trouvent la philosophie, la psychiatrie et la psychanalyse.

Au cours du XX^{e} siècle, la psychologie s'est intéressée à d'autres domaines et de nombreux courants théoriques et champs d'intervention se sont développés en fonction des objets couverts par la recherche et la pratique. Il est alors question de psychologie - différentielle, - cognitive, - expérimentale, - sociale, - des organisations, etc.. Dans ces disciplines, l'être humain, plus précisément les processus mentaux et les comportements associés sont étudiés sous des angles différents dont les frontières ne sont pas aussi distinctes en pratique. La psychologie permet de décrire les principes généraux du fonctionnement humain communs à toute personne.

La psychologie s'appuie aujourd'hui sur **l'approche systémique** et ses façons d'aborder un sujet sont de plus en plus pluridisciplinaires. Ces dernières prennent davantage en considération **l'être humain dans son ensemble (« la tête et les jambes ») et en interaction avec son environnement** (Fiori, 1995). Pour aider l'homme à mieux agir et mieux vivre, le comportement humain peut être appréhendé dans une perspective clinique (thérapie, conseil) et/ou dans une perspective de recherche (appliquée versus fondamentale). Comme dans toute science, les connaissances sont établies au moyen d'observations, d'expérimentations et d'analyses.

La psychologie cognitive fournit des cadres de références théoriques pour étudier les interactions et les représentations mentales. La démarche clinique permet de gérer des entretiens individuels, de promouvoir l'écoute et les études de cas particuliers (Lemoine, 2003).

1.1.2. … A la psychologie cognitive en particulier

Pendant la première partie du XX^{e} siècle, le béhaviorisme est un courant dominant en psychologie. Les comportements humain et animal sont étudiés à partir de l'observation de la relation stimulus – réponse (comportement) en laissant de côté ce qui se passe dans le psychisme[6] (« boîte noire »). Ce paradigme n'expliquant pas tout du fonctionnement de l'humain et des comportements, les chercheurs vont s'intéresser aux activités mentales (Kozanitis, 2005 ; Dortier, 1997).

La psychologie cognitive s'est développée véritablement à partir des années 50. Comme le remarque Fraisse (1991), elle propose des modèles dérivés du fonctionnement des ordinateurs. En 1956, **le système cognitif humain est défini pour la première fois tel un système naturel de traitement de l'information**. Il est considéré comme un intermédiaire entre des entrées (informations sensorielles) et des sorties (comportements). Dans cette perspective, les processus par lesquels le cerveau « traite l'information » sont comparés aux étapes du traitement des données d'un ordinateur. Comme lui, il possède des capacités de stockage et de traitement de l'information.

Cependant, les fonctions cognitives ne sont sûrement pas toutes calculables, ni programmables comme les fonctions d'un ordinateur. **L'homme n'est pas un *« homme cognitif désincarné »*, il existe une part d'affectif chez tout être humain** (Damasio, 2001). Son fonctionnement cognitif est influencé par différents facteurs conatifs ou affectifs (motivation, satisfaction, etc.) qui sont importants à considérer pour avoir un point de vue le plus global possible.

Les recherches en psychologie cognitive portent sur l'ensemble des fonctions cognitives (langage, mémoire, perception, attention, représentation, etc.) qui permettent à l'homme d'interagir avec son milieu. Dans l'objectif de dégager les propriétés de base de la cognition humaine, ainsi que des invariants pour une personne ou un groupe de personnes (différences intra- et inter-individuelles), **les travaux** en psychologie cognitive **reposent**

[6] Ce point de vue s'oppose à celui de la psychanalyse, autre courant dominant à l'époque, qui vise à décrire et expliquer le fonctionnement psychique de l'être humain.

sur l'observation du comportement au cours d'une tâche spécifique. Ils recourent généralement à la méthode expérimentale sur la base d'études réalisées **en laboratoire** permettant de contrôler un maximum de variables et de rendre les résultats les plus valides possibles (et applicables au plus grand nombre d'individus possible). Toutefois ceci implique que les sujets ne soient pas étudiés dans leur contexte environnemental.

La psychologie cognitive nous aide à comprendre les bases du fonctionnement cognitif et affectif dans le comportement des personnes pendant la conduite d'un véhicule routier et de l'évacuation face à une situation de danger. En effet, ces tâches mettent en jeu la perception, l'attention, les représentations, les connaissances, l'anticipation, etc.. Nous allons décrire ces principaux concepts de l'approche cognitive qui seront reprises lorsque nous aborderons l'ergonomie puis l'activité de conduite automobile et l'évacuation lors de situations de danger.

1.2. Principaux concepts

Les modèles développés en psychologie cognitive ont pour rôle de décrire le fonctionnement du système cognitif humain afin de le comprendre dans son ensemble et ses spécificités. Le modèle du traitement de l'information ou modèle « modal » d'Atkinson et Shiffrin, développé dans les années 70 est une base pour comprendre le fonctionnement de l'activité cognitive, via des structures mnésiques, ainsi que la construction de paradigmes et de modèles récents. Nous allons en présenter les principes généraux avant d'aborder d'autres modèles et concepts sur lesquels repose notre recherche.

1.2.1. La mémoire humaine

1.2.1.1. Le modèle d'Atkinston et Shiffrin (1968, 1972)

Dans le modèle du traitement de l'information d'Atkinson et Shiffrin, l'architecture générale du système cognitif est composée de trois systèmes mnésiques principaux qui possèdent leurs propres capacités de traitement et de stockage de l'information : deux systèmes de stockage transitoire de l'information (la Mémoire Sensorielle et la Mémoire à Court Terme) et un système de stockage permanent (la Mémoire à Long Terme).

Dans ce modèle, l'activité cognitive est décrite comme une séquence d'étapes du traitement de l'information. L'intérêt est porté sur la manière dont l'information est saisie, traitée, stockée et récupérée en mémoire pour élaborer une réponse (comportement) (Figure 1).

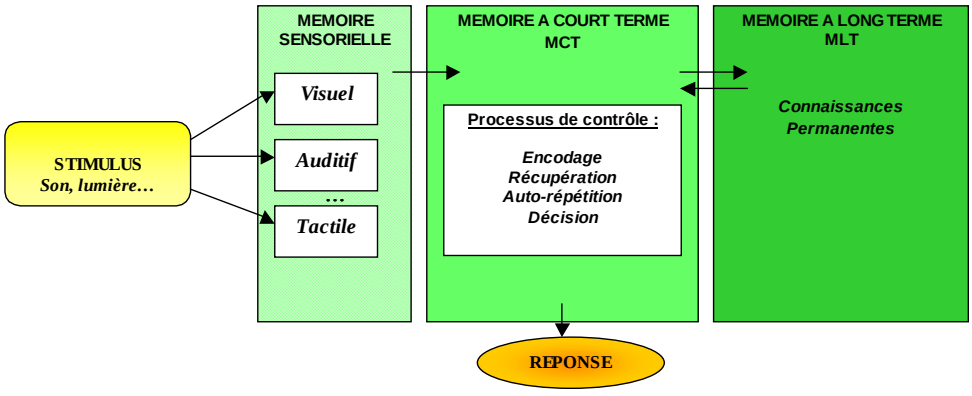


Figure 1 : Modèle « modal » d'Atkinson et Shiffrin (1968, 1972)

➘ Les organes des sens (œil, peau, etc.) reçoivent une multitude de **stimulations** provenant de l'environnement. Les informations sensorielles sont enregistrées pendant quelques fractions de secondes en mémoire sensorielle. Chaque modalité sensorielle (vue, olfaction, toucher, etc.) a son propre registre, le temps de conservation de l'information varie d'une modalité à une autre.

➘ **La mémoire sensorielle** dépend de la mémoire de travail, elle est très sensible aux interférences attentionnelles. Si l'information est l'objet d'une attention particulière, elle est identifiée et introduite en MCT. Sinon elle est désintégrée ou elle disparaît.

➘ **La mémoire à court terme** a des capacités de stockage limitées, l'empan mnésique est de 7 +/- 2 éléments. Un trop grand nombre d'informations devant être traité au même moment peut entraîner une saturation des capacités de stockage. Dans cette structure, l'information est l'objet de plusieurs processus de contrôle :

- **encodage** : responsable du transfert en MLT ;
- **récupération** : activation et transfert en MCT de l'information emmagasinée en MLT ;
- **autorépétition** : « répétition mentale », permet le maintien de l'information en MCT ;
- **décision** : mise en œuvre de la réponse (comportement) face au stimulus.

Les informations peuvent disparaître sous l'influence de deux effets : la dégradation temporelle et l'interférence avec des informations récemment incorporées.

➘ **La mémoire à long terme** possède des capacités de stockage (durée et volume) potentiellement illimitées mais l'information peut être momentanément ou potentiellement inaccessible. Elle contient l'ensemble des connaissances acquises par le sujet tout au long de sa vie.

Ce modèle est une base pour comprendre le fonctionnement de l'activité cognitive, via des structures mnésiques, ainsi que la construction de paradigmes et de modèles récents. A partir des limites qu'il présente (perspective bottum-up et séquentiel[7] de l'information, non prise en compte de l'attention), de nouvelles conceptions sur le fonctionnement cognitif de l'homme apparaissent.

1.2.1.2. Evolution du modèle

Dans le modèle modal, la **mémoire à court terme** est avant tout une structure de stockage. Le modèle de mémoire de travail de Baddeley et Hitch (1974) insiste plus sur la notion de traitement, tout en conservant l'idée de stockage et en ajoutant celle de ressources attentionnelles. **La mémoire de travail est un système hiérarchisé en plusieurs sous-systèmes articulés entre eux :**

[7] Les traitements les plus bas doivent être achevés pour que les autres puissent avoir lieu.

- **l'administrateur central** : sa tâche principale réside dans le contrôle de l'attention. Il sélectionne, coordonne et contrôle les opérations de traitement de deux autres sous-systèmes ;
- **la boucle phonologique** : stocke les informations verbales (auditives ou visuelles) ;
- **le calepin visuo-spatial** : les représentations visuelles et/ou spatiales y sont construites, stockées et transformées.

Dans le cadre de l'ergonomie, cette notion de mémoire de travail sera reprise sous le concept de mémoire opérationnelle.

A travers l'évolution des recherches, **la mémoire à long terme est l'objet de plusieurs distinctions sur la base de leur contenu (type de connaissances)**. Les informations y sont stockées sous la forme de représentations de notre environnement et de nous-mêmes.

- **mémoire épisodique** : souvenirs et expériences personnels, opposée à la
- **mémoire sémantique** : connaissances générales sur le monde ;
- **mémoire déclarative** : connaissances verbalisables (faits), opposée à une
- **mémoire procédurale** : « savoirs-faire » ou habilités sensori-motrices.

Selon Jacques (2007), les comportements peuvent être appréhendés à partir du concept de « schémas ». **Un schéma est une structure de connaissances élaborée par l'expérience et/ou par socialisation et stockée dans la mémoire.** Un schéma est constitué de composantes et des relations entre ces composantes. Les processus de catégorisation divisent l'expérience en éléments et placent ces éléments dans des catégories. Ces processus sont fondamentaux pour la perception, la pensée, le langage et l'action car ils allègent la mémoire et la perception de détails. Les schémas contiennent deux types de connaissances : un savoir déclaratif et un savoir procédural.
Les schémas comportent donc des souvenirs personnels (mémoire épisodique) ainsi que des concepts et des règles culturelles et sociales (mémoire sémantique). Ils guident, parfois inconsciemment, les attentes, les actions, ainsi que l'interprétation et le stockage des informations. Ils donnent des cadres de référence et contribuent à la simplification et à l'organisation des informations. Par ailleurs, les schémas procurent une capacité de prédiction et de contrôle du monde social. Ils peuvent aussi faciliter le rappel d'informations.

Les différentes activités des usagers analysées ainsi que nos méthodes de recherche font appel aux mémoires énoncées.

1.2.2. Les représentations

1.2.2.1. Eléments de définition

La notion de représentation est polysémique. Elle est définie de manière différente selon l'objectif visé et l'approche théorique utilisée. Etymologiquement, le terme vient du

latin « reprasentare » qui signifie rendre présent une chose absente de notre champ perceptif.

La psychologie cognitive définit une représentation mentale comme la manière dont un individu perçoit et interprète le monde qui l'entoure. Le terme « re-présentation » sous tend une première présentation mentale. Elle est élaborée à partir de connaissances (sémantiques ou épisodiques) activées de façon plus ou moins implicite en mémoire à long terme. **Une représentation est un modèle mental, reflet plus ou moins fidèle de la réalité, qui permet d'orienter le comportement, d'interpréter les événements, d'anticiper les évolutions de la situation, etc.** (Bisseret, 1995 ; Gallina, 2006).

« Les représentations mentales sont élaborées pour pouvoir être utilisées par le sujet dans certaines situations et avec une certaine finalité. […] Les représentations ont une fonction dans le système cognitif. » (Gallina, 2006, p. 23).

Les représentations mentales ont un rôle important dans le comportement des personnes. Elles participent notamment au guidage, à l'orientation et à la régulation des conduites humaines ainsi qu'à la communication entre les individus. De plus, comme le souligne également Gallina (2006) en citant Le Ny (2005), deux représentations du même objet élaborées par deux individus différents ne sont pas nécessairement identiques. La représentation qu'a une personne d'une situation, à un moment donné, peut aussi être différente de la réalité de la situation et la conduire à faire des « erreurs ». Lorsque les représentations de deux personnes sont compatibles, il leur est plus facile de communiquer et se comprendre.

1.2.2.2. Principales distinctions

Au sein de ce concept, il existe certaines distinctions, nous énonçons celles qui sont en lien avec notre objet de recherche.

➘ Les **représentations permanentes** sont relativement stables et implantées en MLT, et les **représentations transitoires** correspondent à des « projections » ou « extraits » de représentations permanentes chargées en mémoire de travail.

➘ Lorsque nous considérons les niveaux sensoriel et perceptif du traitement de l'information, il est possible de distinguer les **représentations sensorielles** : traits encodés par une modalité sensorielle donnée et les **représentations perceptives** : résultat de l'intégration des traits encodés par une modalité à des instants différents.

➘ Par ailleurs, les **représentations déclaratives** sont des représentations propositionnelles, elles sont verbalisables. A contrario, les **représentations procédurales** font référence à des traces mnésiques activées pour la mise en œuvre des habilités. Ces représentations sont un moyen d'éviter par anticipation les risques auxquels nous sommes exposés. L'homme peut avoir des connaissances déclaratives sur la ou les procédure(s) mise(s) en œuvre pour exécuter l'action. Certains « savoir-faire » de la conduite d'un véhicule peuvent être énoncés verbalement par les chauffeurs.

Compte tenu de ces différences, il existe différentes méthodes qui permettent d'accéder aux représentations mentales des individus selon les objectifs d'étude. Nous préciserons cet aspect dans le chapitre 4 lorsque nous traiterons les aspects méthodologiques de notre recherche.

1.2.3. La perception

La notion de perception a souvent été étudiée et a été l'objet de nombreuses définitions. Delorme (1994) présente les mécanismes généraux de la perception à partir des différentes définitions parfois « incompatibles », données par de nombreux auteurs.

Au travers de cette diversité de points de vue, nous retiendrons le travail de Sperandio (1984) qui aborde ce thème dans le cadre d'une présentation des principaux concepts de la psychologie cognitive en lien avec des études à caractère ergonomique. D'après cet auteur, il existe de nombreux liens d'interdépendance entre les processus de prise d'information et de traitement de l'information, cependant ils ne sont pas clairement distingués. La prise d'information viendrait en premier, elle est étudiée à travers les notions de sensation, de perception, d'attention et de vigilance. Puis l'information serait traitée, c'est à dire transformée pour qu'elle ait du sens.
Sperandio évoque les facteurs intervenant dans le processus de prise d'information : *« distinction du signal, discrimination (identification d'un signal parmi d'autres) et interprétation. »* (1984, p. 27).

Autrefois, la perception et la sensation étaient étudiées distinctement. Aujourd'hui elles sont traitées comme deux niveaux d'analyse d'un même processus. La sensation fait référence à une réponse spécifique faite à une stimulation sensorielle particulière. La perception est l'ensemble des mécanismes de codage et de coordination des différentes sensations élémentaires visant à leur donner une signification.
La perception peut être définie comme un ensemble d'activités complexes de réception et d'analyse de l'information. La perception est le produit d'une intégration de messages provenant de sens différents (la gustation, l'olfaction, l'audition, la vision, le toucher, la proprioception[8]), elle est polysensorielle.

D'après Dumas (2001), l'activité perceptive permet l'interprétation des messages sensoriels, l'acquisition de connaissance du milieu, de ses actions et l'organisation de l'ensemble des informations en un tout cohérent et significatif. La perception est un phénomène dynamique.
Chez l'homme, il existe : la gustation, l'olfaction, l'audition, la vision, le toucher, la proprioception. Les signaux peuvent provenir de l'extérieur ou du corps propre. La conception actuelle en est : **la perception est une activité adaptative**. D'après Delorme (1994), la perception visuelle est le domaine le plus étudié et ses mécanismes peuvent être appliqués à d'autres modalités sensorielles.

[8] Sensibilité aux informations du corps (attitude, mouvements, équilibre).

Pour Fraisse (1991), **les réponses perceptives peuvent être réparties en cinq classes**. La perception peut être étudiée à partir de l'une ou de plusieurs de ces classes selon l'objectif de l'étude poursuivi. Ces classes sont :

- **la détection d'un stimulus**, peut être verbale, par exemple le mode de réaction le plus simple en est « je perçois » ou « je ne perçois pas » ou être motrice, la réponse est liée au stimulus de façon réflexe ou par conditionnement ;
- **la discrimination**, comparaison de deux ou plusieurs stimulus (le plus lumineux, etc.) ;
- **l'identification des stimulus**, par des réponses verbales ou motrices ;
- **la reproduction des stimulus** ;
- **la durée de la réponse**, en faisant varier le type de réponses, elle permet d'analyser les processus cognitifs constitutifs de la perception.

Les réponses perceptives peuvent varier en fonction de la nature et des conditions d'actions de la stimulation, ainsi que du sujet. Elles sont également influencées par toute élaboration intervenant au niveau du sujet entre le moment de l'excitation périphérique et celui de la réponse.

Selon Lalanne (2004-2005), il existe des difficultés liées à la vision induites par des difficultés physiologiques internes (lésion, etc.) ou physiques externes (contraste, etc.) qui créent des illusions visuelles couramment dénommées **illusions d'optiques**. Ces dernières figurent parmi les plus connues et les plus rapportées, à la fois dans la littérature scientifique et dans la littérature grand public. Cependant, **les phénomènes d'illusion ne sont pas limités à la seule modalité visuelle. Ils ont également été observés dans d'autres modalités, comme l'audition ou le toucher. Certaines illusions perceptives peuvent impliquer plusieurs modalités sensorielles.**

« A la différence de l'hallucination qui se définit comme une fausse perception, une sensation immédiate de réalité comparable à celle d'une perception réelle mais sans objet réel, l'illusion peut se définir comme la perception « erronée » d'un objet bien réel. Les phénomènes d'illusion impliquent donc directement les processus de construction et d'interprétation perceptive d'un objet d'une scène perceptive. » (p. 1).

1.2.4. L'attention

Comme le note Coquery (1994), selon leur propre courant de référence les auteurs approchent de manière différente le concept d'attention. En psychologie cognitive, l'attention est l'objet de **plusieurs distinctions**, nous en retenons les principales :

- **attention sélective**, focalisation sur les éléments importants de l'environnement et inhibition des éléments non pertinents ;
- **attention divisée**, partage de l'attention entre différentes activités à réaliser ;
- **attention soutenue**, capacité à maintenir un niveau d'activité pendant un temps prolongé.

L'attention n'est pas à confondre avec la vigilance. D'après Sperandio, cette dernière est un *« Etat d'éveil vigile, caractérisé au niveau psychologique par un niveau élevé de*

réceptivité par rapport aux stimulations de l'environnement et au niveau physiologique par un niveau élevé d'activité nerveuse. » (1984, p. 29). De nombreuses variables internes ou externes à l'individu peuvent interagir avec les niveaux d'éveil, d'activation, de vigilance et contribuer ainsi aux variations de la charge mentale de travail.

Certaines fonctions cognitives (attention, perception, etc.) peuvent être l'objet de processus automatiques et de processus contrôlés. Le concept des **automatismes cognitifs** est un thème abordé par les auteurs selon leur tradition de référence, ce qui en rend la lecture parfois difficile. Proposer une définition du concept d'automaticité permettant des classements, généralisations, et prédictions, concernant les modes de fonctionnement de l'appareil cognitif paraît difficile.

Au sein des différentes approches, il existe un postulat concernant l'existence d'unités ou de modules de traitements automatisés. D'après Perruchet (1988), un consensus est émis par les auteurs concernant **les traitements automatiques** qui **possèderaient deux propriétés principales : absence de charge mentale** (concept abordé en ergonomie) **et absence de contrôle intentionnel**. La propriété de rapidité est un autre critère concernant ces automatismes, mais à ce jour il ne fait pas l'unanimité des auteurs. Comme le note cet auteur *« Les recherches ont, jusqu'à présent, échoué à démontrer qu'un traitement puisse se dérouler totalement en parallèle, et échapper totalement au contrôle du sujet. »* (p. 48).

1.2.5. La communication

En psychologie les théories de la communication ont enrichi l'approche systémique. Parmi ces théories, l'école de Palo Alto a particulièrement marqué ce paradigme systémique et notamment les modèles de thérapies systémiques. *« Cette théorie de la communication met l'accent sur l'importance des phénomènes d'autorégulation comportementale et de feed-back (rétrocontrôle), la différenciation de niveaux logiques (dans tout message on distingue le contenu et la relation), les paradoxes dans les échanges (double contrainte, 1956) et la communication comme un tout intégré dépendant du contexte (social, familial, etc.). »* (Fernandez, n.d., p. 2).

Les travaux de l'Ecole de Palo Alto et ceux de Watzlawick (1972) proposent trois axiomes :

- **pragmatique** : on ne peut pas ne pas communiquer ;
- **syntaxique** : toute communication comporte deux niveaux (le contenu et le relationnel) ;
- **sémantique** : la communication n'a de sens que relativement à un contexte.

Selon cette approche, un message, sous son aspect indice, transmet un contenu (digital), une information. Par contre, un message, sous son aspect ordre, désigne, d'une part, la manière dont le récepteur doit entendre le message et, d'autre part, la relation (analogique) entre les partenaires. L'émetteur et le récepteur ne sont pas de purs êtres conscients. **Les deux instances psychiques (consciente et inconsciente) interfèrent dans leurs relations, aussi bien au niveau analogique (les attitudes et les expressions du visage), qu'au niveau digital (dont les lapsus et les mots d'esprit).** Certains contenus

inconscients parasitent le message par le biais des projections et des identifications. Ainsi, dans le cadre de toute communication, l'objet peut être physique, social, imaginaire ou réel (Saucin, 2007).

1.2.6. Les émotions

« Les émotions en tant qu'état sont des expériences transitoires d'une émotion alors que les émotions en tant que trait de personnalité sont des dispositions à ressentir des émotions particulières. Pour Lerner et Keltner (2001), les émotions en tant que trait de personnalité prédisposent à ressentir des états émotionnels avec une intensité et une fréquence accrues. » (Villieux & Delhomme, 2008, p. 360).

L'étude des troubles cognitifs consécutifs à des lésions cérébrales menées par Damasio et ses collègues montrent que l'affect[9] détermine la focalisation attentionnelle. **Les sujets placés devant une décision dans une situation complexe n'envisagent pas consciemment toutes les hypothèses. Ils n'en considèrent qu'un petit nombre sur la base d'une sensation émotionnelle** (Raufaste & Hilton, 1999).

L'hypothèse de Damasio est la suivante : **dans toute prise de décision, l'être humain utilise sa raison et ses connaissances. Il utilise en particulier ses émotions pour guider son choix.** Damasio distingue les émotions et les sentiments pour comprendre que le sentiment est une conséquence de l'émotion.
« Les émotions sont des actions. Certaines se traduisent par des mouvements des muscles du visage, comme les expressions faciales de joie, de colère, etc., ou du corps, comme un mouvement de fuite ou une posture agressive. […] Les sentiments, par contre, sont privés, subjectifs. Ils sont ressentis par l'individu et lui seul. Il ne s'agit pas de comportements mais de pensées. » (Damasio, 2001, p. 45).

Damasio développe la **théorie des marqueurs somatiques** selon laquelle lorsqu'un individu doit prendre une décision face à un événement nouveau, faire un choix entre plusieurs options, il fait une analyse rationnelle et surtout il est aidé par les souvenirs qu'il a de choix antérieurs et de leurs conséquences. Ces souvenirs contiennent des composantes affectives, émotionnelles de l'événement passé. Si le souvenir rappelle une conséquence négative, il va fonctionner comme un marqueur : *« Un signal, dont on n'est pas nécessairement conscient, mais qui alertera l'individu que ce n'est pas une bonne chose à faire. Le cerveau va « réveiller » ce que l'événement émotionnel avait provoqué dans le corps, ainsi que le sentiment ressenti, et cela orientera donc la prise de décision vers une autre option. »* (Damasio, 2001, p. 45). Les marqueurs somatiques résultent de l'histoire individuelle et des interactions entre l'individu et l'environnement. Cette histoire est en partie modelée par l'instinct mais d'autres facteurs interviennent.

[9] *« Impression élémentaire d'attraction ou de répulsion qui est à la base de l'affectivité. »* (Petit Larousse, 2004, p. 42.).

1.3. Un modèle général du fonctionnement cognitif de l'être humain

Martin (2005) propose un modèle (Figure 2) qui explique les comportements humains à partir des interactions existant entre l'environnement et l'individu. **Ce modèle définit d'un point de vue temporel trois phases principales : une phase d'information, une phase de décision et une phase d'action pendant lesquelles les informations provenant de l'environnement sont traitées pour donner une réponse (comportement).** Nous en résumons les principaux aspects.

La structure de la pensée présente des caractéristiques invariantes, immuables et universelles dans le temps ou l'espace. Son fonctionnement présente des caractéristiques évolutives, modulables et singulières. La pensée est complexe. A la fois identique et spécifique de l'espèce humaine et, à la fois, plurielle, variable et différentielle.

D'après Martin (2005), la mise en place de ce modèle vise à contribuer à la recherche d'un modèle générique de la pensée humaine qui, descriptif et explicatif (à plusieurs niveaux), propose les prémices d'une architecture de base cohérente avec l'architecture biologique.

Ce modèle met en exergue les stimulations, les appropriations et le système mnémonique qui sont les grandes catégories de processus obligatoirement pratiqués par tous les sujets, dans toutes les activités quotidiennes de leur vie et dans l'exercice naturel de leur pensée.

➘ **Les stimulations** concernent tous les modèles d'entrée externe et interne. Il y a une cascade d'évènements : une source de stimuli, des signaux physiques ou chimiques, des récepteurs, une voie conductrice, une afférence cérébrale et un ensemble d'interactions.

➘ **Les appropriations**, suivant nos observations, semblent se circonscrire à quatre processus. *« Correspondant à des modalités d'approches précises mais spécifiques des objets, il s'agit du recouvrement de processus distincts dénommés traditionnellement avec les concepts suivants : imitation, représentation, désir, identification. Ces processus interagissent et peuvent être mémorisés. »* (2005, p. 19).

➘ **La mémoire** permet de conserver les traces d'évènements actuels qui pourront être réactivés ultérieurement.

Ce premier **sous-système d'informations** a pour caractéristique d'être discret, de ne pas déclencher de réponses directes (sauf dans le cas de réactions réflexes).
Dans un second **sous-système de décisions**, les modèles mémorisés et les informations qui continuent d'arriver en provenance des systèmes-objets se hiérarchisent. Selon Martin, *« La caractéristique essentielle de ce sous système de décision réside dans une procédure de maturation, de combinatoire, de classement, de hiérarchie donc de choix de la solution considérée ad hoc. »* (p. 23). Succède après la prise de décision, un ensemble de conduites qui relèvent de l'observable avec éventuellement ajustement de l'objet pour le rendre conforme aux attentes (**sous-système de conduites**). *« L'objet-but atteint, il en résulte un*

achèvement, un dernier état qui est celui d'une plus ou moins grande satisfaction. » (p. 24).

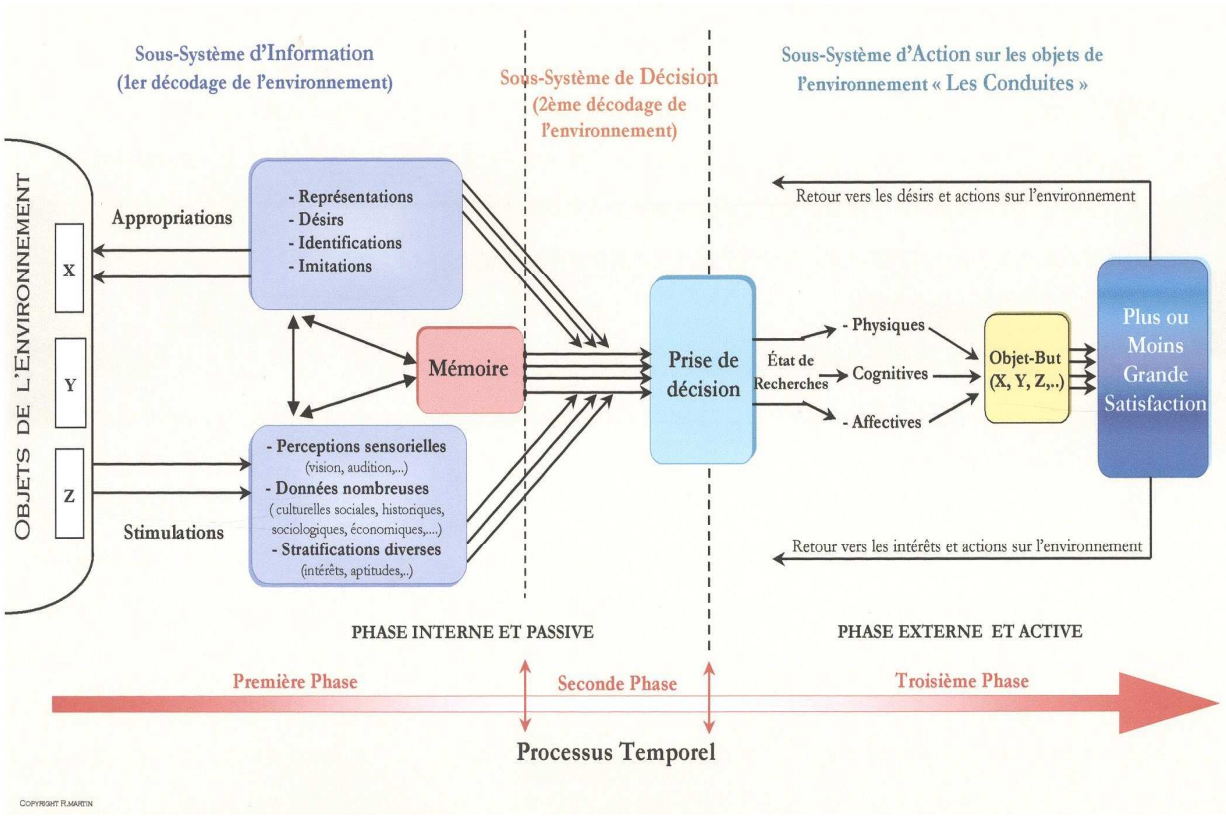


Figure 2 : Modélisation des comportements humains, d'après Martin (2005)

Après avoir donné un aperçu des principaux concepts abordés sous l'angle de la psychologie et en particulier de la psychologie cognitive, dans la perspective d'avoir des premiers éléments de compréhension sur le fonctionnement du comportement humain, nous allons approcher ces connaissances sous l'angle de l'ergonomie.

2. Point de vue de l'ergonomie cognitive

L'approche ergonomique propose comme cadre d'étude l'analyse et la compréhension du fonctionnement de l'être humain en activité. Les éléments que nous allons développer dans cette partie nous permettront d'élaborer une meilleure compréhension de cette approche. Ils seront importants pour décrire et comprendre l'activité de conduite et l'activité d'évacuation des usagers pour lesquelles nous donnerons quelques points de repère dans le prochain chapitre.

2.1. Présentation

2.1.1. De l'ergonomie en général…

A partir d'études dont la méthodologie est basée sur l'analyse de l'activité, l'objectif de l'ergonomie vise l'**amélioration des conditions (sécurité et confort) dans lesquelles s'effectue l'activité de l'homme.** Cette activité peut être réalisée en milieu naturel ou en milieu de travail (Christian & Chesnais, 2004). Notre étude s'inscrit dans la perspective de mieux comprendre le comportement humain, en particulier des usagers, au cours de différentes activités (conduite, évacuation) puis de proposer des moyens d'adaptation du retour d'expérience et des dispositifs de sécurité en tunnel. Nous allons approfondir ces éléments pris en compte par l'ergonomie.

Au début du 20^{e} siècle, le mode de travail taylorien modifie le travail de l'homme et engendre des difficultés. L'homme est privé de toute créativité. Il agit directement sur les machines pour exécuter des tâches physiques et répétitives.
Des réactions contre ce mouvement naissent en France et dans les pays anglo-saxons. Elles ont pour volonté d'améliorer les conditions de travail. L'ergonomie se situe dans le champ général de « l'adaptation du travail à l'homme », et non de l'adaptation de l'homme au travail comme le préconisait le taylorisme.

Après la seconde guerre mondiale, et surtout avec l'avènement de l'informatique comme outil de travail, l'activité du travailleur change. Les opérateurs agissent de plus en plus sur des « intermédiaires techniques » et non plus directement sur les objets : supervision et contrôle de processus automatiques, pilotage ou contrôle de mobiles, etc.. Dans tous les secteurs professionnels, le travail évolue et fait appel de plus en plus aux capacités perceptives et cognitives de l'homme. D'après Sperandio (1984), le travail est alors défini comme une tâche à composante « mentale ». **Les études concernant l'activité de travail ne visent plus uniquement l'amélioration de la machine (« approche technocentrée »), elles prennent aussi en compte l'utilisateur (« approche anthropocentrée ») appréhendé dans son intégralité (« la tête et les jambes ») et non plus comme un « homme dissocié »** (Fiori, 1995). Ainsi, pour représenter l'opérateur humain au plus près de la réalité, les modèles en ergonomie sont basés sur une logique intégrative et systémique.

2.1.2.… A l'ergonomie cognitive en particulier

Afin de forger ses propres modèles d'analyse de l'activité, l'ergonomie s'appuie sur d'autres disciplines scientifiques, elle est pluridisciplinaire. Face à la composante physique du travail, ce sont principalement des médecins et physiologistes qui ont visé l'adaptation du travail à l'homme. Puis le travail se rapprochant d'une tâche à composante mentale, des psychologues de plus en plus nombreux y ont porté intérêt.

La rencontre de la psychologie et de l'ergonomie entraîne la formation de la psychologie ergonomique et de l'ergonomie cognitive. Si certains auteurs dissocient ces deux notions, la plupart d'entre eux reconnaît que les préoccupations de l'ergonomie envers la psychologie ont évolué en même temps que l'activité de travail a intégré des facteurs cognitifs. L'ergonomie s'oriente vers l'étude de l'activité cognitive sous différentes formes. Dans ce contexte, les modèles issus de la psychologie cognitive sont de plus en plus pris en compte dans les études à caractère ergonomique.

Leplat définit la psychologie ergonomique comme *« L'ensemble des connaissances psychologiques […] pertinentes à l'analyse et à la solution des problèmes ergonomiques. »* (1980, p. 7). **L'ergonomie cognitive est la contribution spécifique de la psychologie cognitive à l'ergonomie.** Sperandio (1995) la définit comme une partie de la psychologie ergonomique qui s'intéresse plus particulièrement à décrire et analyser les aspects perceptifs et cognitifs en jeu dans l'activité de travail. Notre étude se situe dans ce contexte. L'objectif de l'ergonomie cognitive est d'améliorer les conditions d'exécution des tâches avec le souci d'atteindre un certain niveau de performance et de fiabilité.

Les recherches en ergonomie ont pour objectif l'application. Ce sont des études de « terrain » en situation réelle d'activité, elles permettent d'assurer une validité écologique aux résultats obtenus. Elles se différencient des études réalisées en psychologie cognitive qui s'effectuent en laboratoire, dans des conditions contrôlées permettant difficilement de généraliser les conclusions en situation réelle. Une critique apportée à l'approche ergonomique porte sur le nombre important de variables à prendre en compte, diminuant le niveau de validité par rapport aux études en psychologie cognitive.

D'après Sperandio, les méthodes et techniques utilisées en ergonomie sont diverses et sont pour une large part empruntées aux sciences mères (psychologie, physiologie, linguistique, etc.) puis modifiées et adaptées pour satisfaire les contraintes de terrain. Les trois grandes méthodes de base sont l'observation (méthode centrale), l'expérimentation et les entretiens, *« Une forme intermédiaire entre l'observation et l'expérimentation est la simulation de tâches réelles. »* (1995, p. 8).

2.2. Principaux concepts

Comme le soulignent Christian et Chesnais (2004), la démarche ergonomique porte intérêt à l'activité réellement exercée. Elle distingue le travail réel des opérateurs humains et le travail prescrit par l'entreprise. *« Elle identifie les éléments composant la situation travail qui déterminent et influencent l'activité de l'opérateur et qui contribuent à sa charge de travail. »* (p. 9). La situation de travail est un système composé de nombreux éléments en interaction permanente et qui évolue dans le temps. La gestion des situations anormales et des incidents est une dimension importante du travail réel.

2.2.1. Distinction entre travail prescrit et travail réel

L'activité peut être décrite à partir de deux points de vue : « individuel » et « concepteur ». Les concepteurs, sont le plus souvent issus d'une formation d'ingénieurs, ils définissent les procédures, les interfaces homme-machine, les conditions d'exécution des tâches et les résultats escomptés. Ils ont tendance à minimiser la variabilité des systèmes techniques, la diversité et la complexité des services à rendre ou croire que cette variabilité est prévisible donc maîtrisable. Ils peuvent avoir une « représentation réductrice » de l'homme et de son activité, qui n'est pas toujours en adéquation avec les représentations et le fonctionnement des opérateurs (Malaterre, 2003). **L'approche ergonomique propose des éléments méthodologiques originaux pour enrichir le référentiel fonctionnaliste des ingénieurs** (Amalberti, 1998).

Dans une perspective ergonomique, du point de vue individuel l'analyse de l'activité peut s'effectuer à différents niveaux : la tâche, l'activité ainsi que les conséquences pour l'opérateur et le système. Leplat (1980) distingue l'activité (travail réel) de la tâche (travail prescrit).

➘ Le **travail réel** est représenté par des aspects observables (ce que l'opérateur réalise) et des mécanismes de régulation qui en contrôlent l'organisation. L'activité est l'élément central organisateur, structurant les composantes de la situation de travail. Elle est une réponse aux contraintes extérieures et peut simultanément les modifier.

L'opérateur n'est pas un simple exécutant qui applique des règles définies par l'organisation. Il doit **gérer des contraintes** (pannes, dysfonctionnements, etc.), **anticiper ces évènements** en se créant des indicateurs personnels, **moduler en conséquence son comportement** en fonction de sa propre constitution (variation de vigilance, fatigue, etc.). Ces **mécanismes de régulation** sont liés entre eux de façon plus ou moins complexe. La régulation de l'activité peut être abordée à partir des aspects perceptifs comme les signaux visuels, sonores ou tactiles. L'activité est ainsi déclenchée, orientée et contrôlée à partir des informations prélevées dans l'environnement.

➘ Pour Leplat, le **travail prescrit** est imposé par l'extérieur (entreprise, concepteur), il est généralement contraint et correspond à ce que doit faire l'opérateur dans des conditions de travail déterminées. Selon Reytier la tâche correspond *« Aux instructions formalisées au niveau du poste de travail (modes opératoires, fiches d'instruction, procédures diverses, consignes de sécurité…) […] que l'opérateur est censé suivre. »* (2003, p. 9). **Les**

conditions de travail permettent de décrire la situation dans laquelle s'exerce l'activité. Les opérateurs d'exploitation ou de maintenance ont une plus grande liberté d'organiser leur activité.

Le travail réel est la réponse à l'ensemble de ces conditions. Il peut être physique/manuel c'est à dire observable, appliqué au corps propre ou aux objets matériels ou encore être représentatif/mental c'est à dire inobservable, inféré à partir de traces.

2.2.2. La charge de travail mental

Les **conséquences de l'activité** pour l'opérateur peuvent être évaluées en termes de fatigue, de satisfaction, de confort, de coût et notamment de charge mentale de travail lorsqu'il s'agit d'activités cognitives. Elles peuvent être positives (acquisition de nouveaux savoirs, savoir-faire, etc.) ou négatives (altération de la santé physique, psychique, social).

« La charge de travail est une notion complexe dont l'usage a été étendu à plusieurs secteurs de la psychologie et de l'ergonomie (Richard, 1996). Elle désigne les conséquences de l'exécution de la tâche sur l'opérateur ainsi que la tâche proprement dite et ses contraintes qui sont regroupées sous la dénomination d'exigences du travail (Leplat, 1997). » (Djibo, Valléry & Lancry, 2006, p. 118).

➘ Les **contraintes du travail** sont externes à la tâche. Parmi d'autres éléments, nous trouvons : l'environnement et les rythmes imposés. Les **exigences du travail** sont caractéristiques de la performance attendue ou d'une norme de production. Parmi les exigences de la tâche, la dimension temporelle a souvent été étudiée et semble être une dimension fondamentale de la charge mentale. Il peut arriver que les exigences de travail sollicitent les opérateurs au-delà de leurs possibilités, en ce cas ces exigences peuvent ne plus être satisfaites, avec toutes les conséquences qui en résultent pour la fiabilité de l'opérateur. Lorsque les exigences de la tâche augmentent au-delà d'un certain seuil, des erreurs peuvent apparaître.
Comme l'écrivent Christian et Chesnais (2004), *« La charge de travail est l'ensemble des contraintes physique, mentale et psychique qui pèsent sur l'opérateur. Si elle est excessive elle peut entraîner des risques (baisse de vigilance, prise de risque), un allègement peut aussi entraîner une baisse de vigilance à risque. »* (p. 9).
Les exigences de la tâche peuvent varier en fonction de la nature de la tâche, des caractéristiques des opérateurs, des conditions d'exécution, du niveau technique, du poste, du moment (Christian & Chesnais, 2004 ; Djibo & al., 2006).
Ces contraintes sont gérées de manière active par l'opérateur (« appropriation » de la tâche pour la remodeler).

➘ Martin, Maincent et Van Box Som (2005) **soulignent qu'il est important de distinguer la charge en tant que caractéristique de la tâche, et donc des exigences qu'elle impose à tout opérateur, et la charge en tant que conséquence pour un opérateur donné, de l'activité qu'il met en œuvre pour répondre à ces exigences.** Il semble difficile de dissocier strictement travail mental et travail physique (Sperandio, 1984). Ici nous parlerons de **« charge de travail mental »** sans écarter les divers facteurs

(externes ou internes à l'individu) susceptibles d'interagir dans le cadre d'une activité cognitive complexe telle que la conduite d'un véhicule ou l'évacuation en cas de danger.

Les questions de stratégies cognitives et de charge mentale consécutive sont des aspects très étudiés (Lemoine, 2003). *« Du fait de son intérêt, la notion de charge mentale continue de susciter des interrogations, tant du point de vue de son contenu, de ses méthodes d'évaluation que dans les rapports qu'elle a avec les domaines où elle est étudiée (Jourdan & Theureau, 2002). »* (Djibo & al., 2006, p. 117).

2.2.3. Notion d'opérativité

L'ergonomie cognitive étudie *« la cognition en situation »* (Sperandio, 1995). Elle a pour objectif de mesurer les processus cognitifs mis en jeu au cours de l'activité par rapport aux finalités de la tâche. Elle s'appuie sur le concept d'opérativité. Nous allons définir les éléments en lien avec ce concept pour décrire le fonctionnement cognitif humain lors d'une activité.

➘ L'opérativité apparaît en premier lieu comme une capacité de souplesse, nécessaire aux choix à faire face aux informations qui arrivent trop nombreuses. Ochanine (1981) a systématisé la notion d'opérativité en tant que **caractéristique principale des traitements de l'information qui s'effectuent par l'intermédiaire d'images opératives (représentations mentales)**. L'image, reflet fonctionnel finalisé, est donc constituée par et pour l'activité de l'opérateur. Les propriétés générales de cette image opérative sont : le caractère opérationnel, l'adaptation aux objectifs de travail, le laconisme (simplicité), la plasticité (adaptation au fur et à mesure du décours temporel), la déformation fonctionnelle[10] (traits hypo- ou hyper-trophiés). Elle se constitue progressivement pendant l'apprentissage. Si l'image est le fruit de la perception (visuelle, tactile ou autre), la perception est elle-même conditionnée par l'image qu'a le sujet de l'objet perçu (Sperandio, 1984).

➘ La **mémoire opérationnelle** (Bisseret, 1970) est une conception fonctionnelle de la mémoire de travail. Les opérateurs mémorisent de façon durable mais non permanente les informations nécessaires à l'action en cours. Son contenu dépend étroitement de l'expertise de l'opérateur et du contexte de la situation. La mémoire opérationnelle est une notion purement fonctionnelle : ce n'est pas une structure de mémorisation avec ses mécanismes propres. Les représentations qui y sont stockées ne sont pas fidèles à la réalité, elles ont subi une « déformation fonctionnelle », ce sont les **représentations fonctionnelles**. Ce sont des éléments importants à un moment donné pour une action en cours, elles ne sont pas stables (labiles). C'est le résultat d'opérations mentales effectuées par l'opérateur comme l'échantillonnage de nombreuses données ; ainsi elles dépendent du modèle mental (mémoire à long terme), de l'expertise (connaissance) et de la compréhension de la situation qu'a l'opérateur humain.

[10] Les caractéristiques pertinentes pour l'activité y sont accentuées (hyper-) alors que les détails secondaires, compte tenu des objectifs poursuivis par l'opérateur en sont exclus (hypo-).

Une représentation fonctionnelle est une représentation variable, mise à jour en fonction de l'évolution du contexte de la situation et des caractéristiques propres à l'individu (expertise, etc.). Elle peut ne pas être compatible avec celle d'un autre individu confronté à une même situation en raison de l'expérience, de la compréhension de la situation, etc.. Or, pour gérer collectivement le plus efficacement possible une situation à risques il est nécessaire que les représentations de chacun des acteurs soient compatibles. Par exemple, dans le domaine du contrôle aérien, le pilote et le co-pilote d'un avion doivent partager une même représentation qui doit elle-même être en adéquation avec celle du contrôleur aérien.

Sur le plan pratique, les études en ergonomie cognitive fournissent des données indispensables pour l'aménagement d'aides au travail et de dispositifs de présentation de l'information plus compatibles, ainsi que pour l'organisation globale de la tâche (Dumas, 2001).

2.2.4. Assistance à l'activité

Assister l'activité n'est pas une question nouvelle, elle est posée dans le cadre de toute activité instrumentée. En lien avec les évolutions technologiques, elle a été réitérée dès l'utilisation des ordinateurs dans le travail. L'activité s'effectue par l'intermédiaire d'un outil (« activité instrumentée ») et la notion de système homme-machine émerge.

D'après le modèle des Situations d'Activités Instrumentées (SAI) de Rabardel et Vérillon (1985, cité par Rabardel, 1995), les systèmes « Homme-Machine » sont définis par trois composants ou pôles en interaction : l'**opérateur humain** chargé de réaliser la tâche, **l'objet du travail** (ou l'environnement) sur lequel porte son activité et l**'instrument** (l'outil) avec lequel il exerce cette activité (Figure 3).

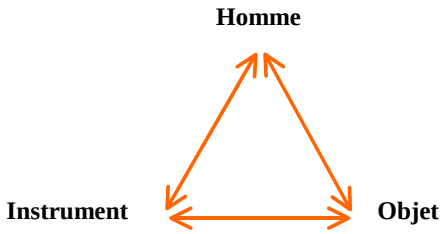


Figure 3 : Modèle SAI de Rabardel et Vérillon (1985), d'après Rabardel (1995)

L'approche ergonomique permet de concevoir des systèmes d'aide à l'activité adaptés aux besoins et aux caractéristiques de l'opérateur humain. Pour être développée, **une assistance doit être acceptée par les utilisateurs**. Son « acceptabilité » dépend de son efficacité ainsi que de l'intérêt (adéquation aux besoins), de la satisfaction et de la confiance des opérateurs envers le système.

La satisfaction est l'action de répondre aux besoins, aux attentes des usagers, et le contentement qui en résulte. Selon les modèles, la satisfaction est conceptualisée différemment et il existe des outils de mesure spécifiques. De manière générale, la satisfaction est un jugement (processus cognitif) basé sur un affect positif ou négatif ressenti. Les critères subjectifs de chacun sont différents, la satisfaction est propre à chaque individu. **La satisfaction est donc un indicateur imparfait mais important de la qualité**

d'un produit. La notion de qualité réfère à la capacité d'un objet à remplir une fonction définie de manière fiable et efficace.

La « confiance » de l'opérateur dans le système peut être influencée par plusieurs facteurs tels que les expériences, les formations antérieures, la fiabilité (taux et types d'erreurs), la cohérence du système (une même action a toujours le même effet). Pour être fiable, **l'opérateur humain doit avoir le moins possible recours à des stratégies de vérification du bon fonctionnement du système d'aide** afin que l'activité principale n'en soit pas perturbée.

La démarche ergonomique offre la possibilité d'affiner la réflexion sur l'adaptation de systèmes existants ou la conception de nouveaux systèmes pour les mettre en adéquation avec les exigences de fonctionnement des usagers et l'activité qu'ils déploient. Elle nécessite une analyse fine des mécanismes cognitifs de l'activité réelle de ces deniers.

Dans une certaine mesure, notre recherche s'inscrit dans une démarche d'Ingénierie Cognitive dont l'objectif est de développer des systèmes « Human Like », capables de mimer l'homme au plus près et d'apporter une aide en toute « intelligence » (« trop d'informations tue l'information »). Cette démarche a pour objectif de créer une **« transparence cognitive »** entre l'homme et le système ainsi qu'entre le système et l'homme. La notion de transparence renvoie à la capacité de l'opérateur humain à prévoir le comportement et à comprendre le fonctionnement de l'assistance. La prédictibilité du comportement et l'intelligibilité de son fonctionnement peuvent être maîtrisées plus ou moins spontanément ou nécessiter un apprentissage. Cette prédictibilité du comportement ne peut se faire sans de nouvelles approches.

2.2.5. L'approche de l'« erreur » humaine et des « facteurs humains »

2.2.5.1. La notion d'« erreur » humaine

Il est fréquemment admis que dans la majorité des cas, les accidents sont initiés par une ou des action(s) humaine(s). Bien souvent, ces actions sont qualifiées d'« erreurs » humaines. Il faut, cependant, manier ce terme avec précaution car il peut restreindre la compréhension du contexte ayant conduit à l'action génératrice de l'accident et ainsi empêcher une explication élaborée de ce dernier. Reason (1990) propose **une typologie des « erreurs » humaines qu'il introduit dans un contexte : le système technique et organisationnel**. La contextualisation proposée se base sur l'idée que des facteurs « pathogènes » se combinent pour créer un cheminement possible vers l'accident au travers des barrières de défense du système (Lim, Lecoze & Dechy, 2002 ; Lecoze & Lim, 2004). Nous reviendrons sur ce modèle dans le chapitre 4.

L'apprentissage d'une activité est basée en partie sur les erreurs commises qui permettent de façonner l'expérience personnelle. Commettre des erreurs nous conduit à apprendre à nous adapter et à gérer de nouvelles situations (Understanding human factors, 2006). Comme le souligne Morel (2007), les travaux de Rasmussen sur les mécanismes de contrôle cognitif ont fortement été orientés sur les erreurs graves commises en situation

d'urgence par les superviseurs de processus industriels opérant au sein d'installations dangereuses. Rasmussen a développé deux modèles qui sont en lien avec notre recherche.

➘ **Dans le modèle « Habiletés – Règles - Connaissances » trois types de fonctionnement de l'être humain peut le conduire à faire des erreurs** (Rasmussen, 1983) :

- le fonctionnement **par automatisme** qui conduit une personne à mémoriser des configurations de situations et à y associer des instructions pré-programmées. Les erreurs générées par ce mode de fonctionnement conduisent à des « ratés » sans conséquence. Générée par une défaillance attentionnelle elles conduisent à des désordres, des contre-temps ou des inversions ;
- le fonctionnement basé sur **l'application des règles** qui conduit à résoudre des problèmes familiers par l'application de règles mémorisées de type « Si, alors, sinon ». Les erreurs que ce mode de fonctionnement génère, expliquée par une défaillance de la mémoire, conduisent à mal appliquer une bonne règle ou à bien appliquer une mauvaise règle ou à appliquer par habitude une règle qui n'est pas adaptée à la situation ;
- le fonctionnement basé sur **les connaissances** qui conduisent **à s'adapter à des situations nouvelles** pour lesquelles les actions sont planifiées en temps réel en s'appuyant sur des processus, des analyses et des connaissances mémorisées. Les erreurs induites par ce fonctionnement conduisent, par manque de connaissance, à agir impulsivement suivant la première idée qui vient en tête ou à refuser de voir la réalité de la situation et à ne prélever que les informations qui rassurent sur la caractère habituel de la situation en niant tous les signaux qui indiquent le contraire.

Il est donc indispensable de ne pas se focaliser sur l'erreur qui serait la cause des évènements mais de raisonner sur les mécanismes qui ont conduit à l'erreur (Understanding human factors, 2006).

➘ Le **modèle dit de « l'échelle double »** (1986) illustre la démarche générale de résolution de problèmes (décision) par un opérateur humain. Sur le plan cognitif, Rasmussen[11] définit **trois niveaux de diagnostic, différents quant aux mécanismes cognitifs en jeu et à l'exigence attentionnelle** :

- **automatique** (niveau subsymbolique) met en œuvre des schémas prédéfinis, basé sur des habilités, coût minime voir nul ;
- **symbolique** qui correspond à l'identification du contenu informatif permettant la mise en œuvre de règles pour aboutir à une décision ;
- **conceptuel** qui est une réponse à l'absence de règles applicables, ainsi il s'appuie sur le raisonnement, car il fait face à de nouvelles situations.

Selon Rasmussen, **le développement de l'expertise s'accompagne d'un déplacement des connaissances de l'explicite vers l'implicite**. Ce changement **peut amener des « erreurs »** différentes selon l'expertise d'une personne.

[11] Cité par Bellet (1998).

Dans certains cas, l'être humain transgresse la règle parce qu'il ne sait pas que cette règle existe, parce qu'il a oublié que cette règle existe, parce qu'il ne la comprend pas bien ou parce qu'il n'a pas su reconnaître que la situation imposait cette règle. **Dans tous ces cas, il s'agit plus pour la personne de commettre une « erreur » que de transgresser intentionnellement la règle.** Par contre dans certains cas, les personnes sont amenées à contrevenir à la règle de façon délibérée, il ne s'agit plus de simple erreur mais bien de violation de la règle. Cependant dans quelques cas il y réellement intention de nuire. La violation de la règle résulte souvent d'une réflexion rationnelle qui a pour objectif de résoudre le conflit entre un comportement attendu par le prescripteur dans une situation donnée (en fonction de ce qu'il sait des dangers potentiels) et la volonté de l'individu d'agir de la façon la plus aisée et simple pour lui (Understanding human factors, 2006).

2.2.5.2. L'approche « facteurs humains »

Les Facteurs Humains sont **un champ vaste de questionnements et de recherches**. D'après Fanchini (2005) *« Se soucier des Facteurs Humains, c'est s'intéresser à toutes les questions qui font que l'homme, en situation professionnelle, contribue positivement à la sécurité des systèmes et à la performance de l'entreprise. À ce titre, les formations dites « Facteurs Humains » intéressent en priorité les entreprises exposées à des risques industriels majeurs, pouvant avoir des conséquences immédiates ou différées tant pour la santé du personnel que pour les clients et les usagers des produits et des services. Sont principalement concernés par ces formations les secteurs du transport, de l'énergie, de la chimie et de la pétrochimie. »* (p. 1).

Selon Amalberti (1998), les facteurs humains ont envahi le discours de l'industrie et de la presse, **le terme est inventé et réinventé**. *« Parler facteurs humains, c'est admettre, puis chercher à comprendre, à contrôler, et si possible à réduire, la variabilité de l'être humain, pour que ce composant puisse être traité comme un domaine non aléatoire, compatible avec les théories techniques et organisationnelles du monde industriel. »* (1998, p. 6). L'objectif de l'ergonomie est au contraire d'accepter la variété comme une loi requise de l'univers et d'adapter l'outil ainsi que la formation pour qu'ils tolèrent cette variabilité sans la réduire. Différentes embûches apparaissent alors.

L'intérêt est d'abord porté aux facteurs humains parce qu'ils sont perçus comme limitatifs de la performance des systèmes. La majorité des études facteurs humains se centrent sur les erreurs humaines et les modèles produits donnent une image négative de l'homme. *« Cette logique répétitive a fini par occulter la valeur positive des hommes dans le système technique. Elle a aussi fini par occulter la compréhension du contrôle cognitif humain qui a fondamentalement besoin des erreurs pour rester efficace. »* (Amalberti, 1998, p. 11).

Un autre obstacle est lié aux pratiques des sciences de l'ingénieur. *« Par référence à leur culture, les ingénieurs font pression sur la communauté facteurs humains pour disposer d'un système de mesures objectives de la performance humaine, avec des guides qui ressembleraient aux matériels disponibles pour la conception technique. »* (Amalberti, 1998, p. 12). Cependant, comme le note cet auteur, *« Il n'y a pas, et il n'y aura pas, de*

systèmes sans hommes, quel que soit le niveau de technologie de ces systèmes. » (p. 12). **Les facteurs humains resteront un domaine inévitable dans lequel il n'est pas envisagé de réduire les caractéristiques inhérentes au genre humain (erreur, variabilité, instabilité), même si ces caractéristiques sont vécues comme des limites des systèmes.**

3. Bilan sur les approches psychologique et ergonomique

Ce premier chapitre a été consacré à une présentation générale de la psychologie et de l'ergonomie. Nous avons en particulier abordé les principaux concepts développés sous l'angle de la psychologie cognitive et de l'ergonomie cognitive qui sont à mêmes de répondre à notre besoin de compréhension.

Comme le souligne, De Vanssay (2006), la demande d'analyse ou de recherche sur les comportements humains face aux risques peut être ambiguë pour le chercheur en sciences sociales. Souvent, la demande fait facilement l'impasse sur les éléments à l'origine de la construction de ces comportements ; négligeant le fait que ce sont sur les causes des comportements que l'on peut agir plutôt que sur leur manifestation. Afin de rendre ce chapitre accessible au plus grand nombre de lecteurs, l'exposé s'est limité aux concepts fondamentaux permettant de comprendre le fonctionnement du comportement humain. Ces concepts sont également ceux pris en compte dans les études du comportement humain en situation de conduite automobile et en situation de danger.

A partir de la psychologie cognitive, nous avons traité les concepts de mémoire, de représentations, d'attention, de perception, de communication et d'émotions. La psychologie cognitive est un des courants de la psychologie et elle est interconnectée avec les autres branches de cette discipline. Notre approche fait également appel à la psychologie clinique ou la psychologie sociale que nous n'avons pas détaillé car elles apparaissent en second plan.
« Si la psychologie clinique se centre sur le sujet individuel, […] la psychologie sociale, elle, s'intéresse à l'homme en tant qu'être social et soumis aux mutations contextuelles. » (Cazals-Ferré & Rossi, 1998, p. 5). La première se retrouve dans notre méthode de travail. Elle est utile pour la conduite des entretiens et leur analyse. La seconde aide en particulier à approcher les comportements en interaction avec ceux d'autres personnes. Elle est également impliquée dans des recherches en ergonomie

L'objectif de cette dernière est d'adapter le travail au plus grand nombre possible d'individus (intérêt aux aspects tant individuels que collectifs). Par l'évaluation et la mise en place de nouveaux dispositifs permettant de dépasser les limites physiques, perceptives et cognitives communes à tout être humain, **l'analyse ergonomique de l'activité vise l'amélioration des conditions d'exercice de l'activité**.
A partir de l'approche ergonomique nous avons précisé la distinction existante entre le travail réel et le travail prescrit qui nous a conduit à déterminer les conséquences de l'activité pour l'opérateur humain à partir notamment de la notion de charge de travail

mental. Nous avons également donné des éléments sur la notion d'opérativité qui reprend les définitions de mémoire et de représentation mentale utilisées en psychologie afin de les mettre en adéquation avec le point de vue de l'ergonomie. Enfin, pour mieux appréhender cette discipline et son implication dans notre recherche, nous avons traité de l'assistance à l'activité, des approches de l'« erreur » humaine et des « facteurs humains ; notions en lien avec la manière d'aborder la gestion de la sécurité.

Pour l'analyse et la modélisation de la cognition dans une perspective d'application, il est important de considérer l'approche ergonomique complémentaire de l'approche psychologique (Leplat, 1980; Sperandio, 1995; Amalberti, 1996). Cette démarche permet d'appréhender, en situation normale versus situation de danger dans un tunnel, l'activité des usagers pour lesquelles quelques points de repère sont donnés dans le chapitre suivant. Plusieurs recherches appliquées dans le domaine des comportements face aux dangers et aux risques, nous ont guidé sur ce terrain.

Chapitre 2. Comportement de conduite et comportement d'évacuation

Les concepts que nous venons de développer à partir d'une approche psychologique et ergonomique sont ici appliqués à notre sujet : la conduite d'un véhicule et l'évacuation en situation d'incendie. La présentation de recherches et modèles entourant le comportement humain au cours de ces activités s'inscrit dans la perspective d'obtenir des éléments de compréhension sur le contexte dans lequel se situent les usagers (activité de conduite) avant d'être confrontés à une situation de danger (évacuation) en tunnel routier.
Dans ce chapitre, nous ferons également un état des lieux de la prise en compte et de la connaissance du comportement des usagers dans le domaine des tunnels routiers.

1. L'activité de conduite automobile

Nous allons décrire les principaux mécanismes perceptifs et cognitifs en jeu dans cette activité. Ils peuvent être communs à la conduite de tout type de véhicule.

1.1. Conduire : une activité complexe

L'activité de conduite d'un véhicule est une activité de déplacement d'un point à un autre, réalisée par le conducteur au moyen d'un outil technologique, dans un environnement routier et avec un objectif particulier (se rendre au travail, livraison, etc.). Selon Birth (2006), *« La conduite constitue un processus presque automatisé. De fait, 70 % de nos actions ne sont pas des actions conscientes. »* (p. 28). C'est une tâche qui semble routinière mais qui se révèle complexe.

Pour analyser et comprendre cette activité, il est important d'avoir une approche à la fois systémique, cognitive et ergonomique. Notre analyse se porte sur les éléments en interaction dans le système : conducteur – véhicule - environnement routier.

➘ **L'environnement routier** dans lequel évolue le conducteur est en constante évolution, c'est à dire **dynamique**. Il est défini comme un système complexe. Cette complexité provient des événements qui interviennent de façon imprévisible (avec ou sans l'action de l'opérateur). **Il est constitué de situations instables, chaque situation de conduite étant unique.** L'environnement routier varie en fonction de paramètres en interaction présentant une diversité tant au niveau des conducteurs (âge, expérience, etc.), des véhicules (marque, puissance, présence de systèmes d'aide, etc.), que de l'environnement (trafic, infrastructures, météo, etc.).

➘ **Le conducteur** a un rôle central dans cette activité, c'est l'acteur principal du système conducteur – véhicule – environnement (Amans & al., 2005). Le chauffeur est en constante interaction avec son véhicule et le contexte de circulation. Pour le conducteur, l'activité de conduite est une succession de tâches à dominante sensori-motrices (plus automatisée) et à dominante cognitive (requiert des habilités motrices apprises). Elle met en jeu différentes fonctions cognitives comme les mémoires (procédurale, opérationnelle, etc.), le jugement, l'attention, etc..

La conduite d'un véhicule fait appel à des processus cognitifs : traitement d'informations multiples et variées prélevées dans un environnement complexe, diagnostic et prise de décision lorsque cela est nécessaire. Ces processus passent par une représentation dynamique de la situation, intégrant l'anticipation des futures situations possibles (représentation fonctionnelle).

D'après Hoc et Amalberti (2003), **la supervision de situations dynamiques complexes met en jeu les mécanismes d'adaptation et de contrôle cognitif**. Le conducteur doit s'adapter en permanence au contexte de la situation, tout en étant soumis aux contraintes dynamiques et temporelles inhérentes au déplacement, à la maîtrise du véhicule et au comportement des autres usagers. L'évolution de la situation ne dépend pas uniquement de l'opérateur (automobiliste) ; il ne peut que contrôler partiellement cette situation. Cette adaptation correspond à l'élaboration et la mise à jour des représentations fonctionnelles. Le dynamisme et la complexité des situations rencontrées met en jeu de la part de l'opérateur une attention sélective et une attention soutenue pour les tâches de contrôle, de diagnostic et de prise de décision.

La conduite d'un véhicule nécessite un **apprentissage** particulier (formation à la conduite) qui évolue en fonction des expériences vécues par le sujet. Par la pratique, le conducteur acquiert une certaine expertise de la conduite.
Les connaissances portent sur l'environnement routier avec des règles explicites (code de la route, réglementation routière, code du travail) et des règles implicites le régissant (code de conduite propre à un groupe social tel que la courtoisie). Les règles déterminant l'utilisation de l'espace en interaction avec d'autres usagers sont acquises par la pratique (expérience). Les représentations fonctionnelles se forment à partir d'indices prélevés dans l'environnement (représentation de la situation de conduite à un moment donné). **Connaissances et représentations fonctionnelles permettent de procéder à différentes anticipations** : interpréter la situation immédiate et anticiper son évolution à plus ou moins long terme ; prendre des décisions pour s'adapter et interagir avec son environnement (via le véhicule) de façon adaptée au contexte situationnel ; gérer ses propres ressources et limites afin de satisfaire les contraintes temporelles inhérentes au caractère dynamique de la situation.

Conduire est donc une activité qui nécessite une attention et une vigilance constantes, ainsi qu'une compréhension et une interprétation correctes des diverses informations.

Le pilotage d'un véhicule nécessite l'intervention d'habilités motrices et cognitives de la part du conducteur. Barnel, Dubois et Ohlmann (2003) décrivent l'activité de conduite comme différentes tâches en synergie : une **tâche primaire** (guider son véhicule sur la voie), complexée par des **tâches « routières »** (exemple : surveiller le comportement des autres usagers) et des **tâches embarquées** (exemple : récupérer l'information de vitesse du véhicule).
Le conducteur doit prélever de nombreuses et diverses informations à l'intérieur et à l'extérieur du véhicule, ce qui le prive momentanément des informations concernant la scène routière. La conduite nécessite donc un **partage de l'attention entre différentes sources d'informations**.
Comme le note Girard (2003), *« Prélever l'information revient à sélectionner un certain nombre d'éléments de la scène visuelle qui vont être privilégiés, au détriment d'autres qui vont être négligés. Cette sélection est orientée par la tâche en cours et la représentation mentale de l'opérateur. […] Les éléments présents dans la scène visuelle n'ont pas tous la même probabilité d'être détectés et utilisés. Ces activités mentales échappent largement à la conscience. »* (p. 4).

L'activité de conduite peut parfois se révéler dangereuse, de ce fait elle est définie comme une **activité à risque**. C'est dans une perspective sécuritaire que de nombreuses études portent sur les situations de danger (accidents, etc.) et que de nombreux systèmes d'aide à la conduite sont développés.

1.2. Les modèles de l'activité de conduite

Nous énonçons les modèles de certains auteurs qui ont permis de décrire et d'analyser l'activité de conduite à plusieurs niveaux de compréhension. Différents modèles peuvent être utilisés pour décrire l'activité de conduite, les mécanismes accidentels mais aussi classifier les systèmes d'assistance.

1.2.1. Evolution des modèles

Les premiers modèles développés dans les **années 70** sont basés sur l'**analyse de la tâche**. L'un des plus connus est celui de McKnight et Adams (1970) qui présente une taxinomie des principales tâches réalisées lors de la conduite automobile. Ces modèles ne prennent pas en compte le fonctionnement cognitif et conatif du conducteur.

Dans les **années 80**, apparaissent différents modèles dits **« modèles de risque »** centrés sur la compréhension du fonctionnement psychologique et des activités mentales du conducteur. Le modèle de Allen et al. (1982) définit le fonctionnement cognitif selon trois niveaux d'objectifs : stratégique, tactique et opérationnel. Celui de Rasmussen (1976) et Rasmussen et Lind (1982) aborde ce fonctionnement selon trois étapes : **perception, décision, action** (Bellet, 1998).

Les modèles les plus **récents** sont fortement influencés par l'avènement de l'informatique et ont pour principal objectif de **simuler (reproduire au plus près) les activités mentales et les comportements de conduite**.

L'intérêt et la pertinence de chacun de ces modèles décrivant la conduite automobile doivent être évalués en fonction des niveaux et des buts de l'analyse (Amans & al., 2005).

1.2.2. Quelques exemples

Vollrath et Lemmer (2003) proposent un modèle choisi pour sa corrélation avec la démarche de notre travail de recherche. Leur modèle décrit les mécanismes psychologiques sous-jacents à l'activité de conduite et s'appuie sur le triptyque **conducteur - véhicule - environnement** (CVE). Ce type de modèle est l'un des plus courants et l'un des plus utilisés. Il permet d'analyser l'activité de conduite selon les trois points de vue et à travers les interactions des trois composantes (Amans & al., 2005). Il est le plus à même de répondre à nos attentes. Ce sont surtout l'environnement et le conducteur qui représentent pour nous les points clés de chaque événement.

Ce type de modèle est **centré sur le fonctionnement de l'opérateur humain**. *« Des études ont porté sur le conducteur, sur ses caractéristiques, son comportement d'une part en situation normale de conduite et d'autre part en situation d'accident. Elles se sont focalisées sur l'étude du processus de traitement de l'information par l'opérateur humain et sur les mécanismes de production de la défaillance (erreurs humaines). »* (Amans & al., 2005, p. 22).

Vollrath et Lemmer décrivent l'activité de conduite à travers plusieurs étapes de traitement réalisées au niveau perceptif et cognitif, et influencées par certains facteurs conatifs (Figure 4). Le conducteur perçoit les informations provenant du monde environnant et du véhicule. La **perception du stimulus** est définie par deux étapes : le pré-traitement sensoriel et l'identification du stimulus. Dans un second temps, **les stimuli sont traités** en fonction de la nécessité d'une action et de la forme que l'action devra prendre. Enfin, une **réaction motrice** est organisée et exécutée. Ces étapes de traitement peuvent être influencées par plusieurs facteurs conatifs : les traits (l'âge, l'expérience de conduite, la personnalité, etc.), les états (la fatigue, le stress, etc.) du conducteur et ses buts actuels (atteindre sa destination le plus vite possible, etc.).

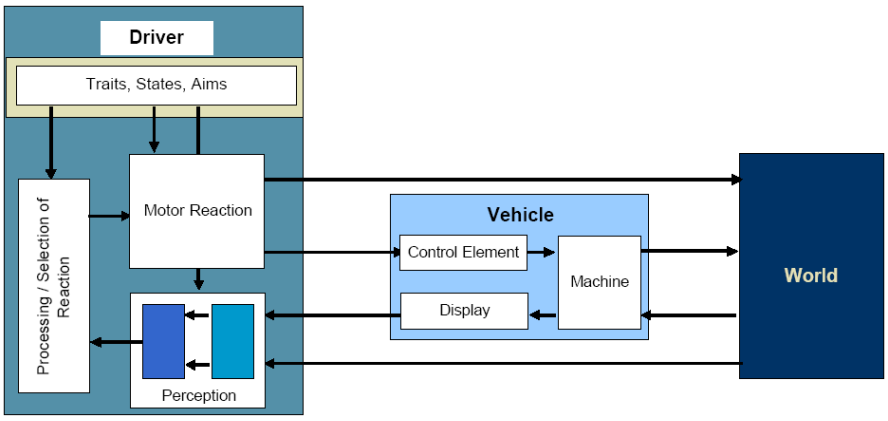


Figure 4 : Modèle cognitif du conducteur dans le système conducteur – véhicule - environnement, d'après Vollrath et Lemmer (2003)

Pour donner un autre exemple de modèle de conduite, le **modèle de traitement de l'information par le conducteur** utilisé par le LAB[12] pour l'analyse du (dys)fonctionnement du conducteur s'appuie sur celui développé par Van Elslande et al. (1997) (Amans & al., 2005). Il vise à décomposer les étapes qui doit servir à identifier le moment où une défaillance est intervenue. Ces étapes sont au nombre de six :

- **la situation de pré-accident** : état du système CVE avant le processus de conduite ;
- **l'étape perceptive** : recherche et détection des informations ;
- **l'étape de diagnostic** : compréhension (interprétation des données détectées) ;
- **l'étape de pronostic** : anticipation relative à l'évolution attendue d'une situation déjà identifiée et prévision relative aux attentes développées sur la rencontre d'un événement non encore présent dans la scène visuelle ;
- **l'étape décisionnelle** : fait référence à la prise de décision ;
- **l'étape motrice** : exécution des actions décidées lors de la prise de décision.

1.3. La lisibilité de la route et la transgression des règles

Pour être respectées, les règles doivent être respectables (Heitz, 2006). *« Les usagers ne respectent pas la règle si la lecture de la route n'est pas logique pour eux. »* (Gaymard, 2006a, p. 35).

A partir de ces deux réflexions et des modèles de conduite précédemment décrits, nous allons voir comment l'usager perçoit la route et ses règles.

1.3.1. Logique d'itinéraire et lisibilité

D'après Girard (2006b), *« Il existe des interactions entre un usager, son outil de déplacement et l'infrastructure qui supporte son déplacement. Le comportement de l'usager ne peut s'envisager que par rapport à un contexte, un environnement donné. Cet environnement ponctuel s'insère dans une section et, au-delà, dans un itinéraire. »* (p. 30). **Le comportement développé à un endroit donné dépend de ce qui précède et de ce qui va suivre.**

Afin de comprendre l'usager en particulier, l'auteur se place dans le cadre de la psychologie cognitive, qui met l'accent sur la manière dont l'usager structure et organise les connaissances accumulées au fil de sa pratique. *« Acquérir de l'expérience revient à mettre progressivement de l'ordre dans les différentes situations routières rencontrées, à les distinguer, à les classer. De fait, l'usager élabore un catalogue de situations routières, qui lui servira de référence pour l'action. »* (Girard, 2006b, p. 31). Ce « mode d'emploi » ainsi constitué par le conducteur regroupe les règles d'usage (légales ou informelles) attachées à des situations de référence, compile la liste des événements potentiellement attachés à ces situations et comporte les réponses comportementales usuellement adaptées à ces événements. *« Capitalisant sur son expérience, l'usager a progressivement appris*

[12] Laboratoire d'Accidentologie, de Biomécanique et d'étude de comportement humain (organisme en commun aux groupes PSA Peugeot-Citroën et Renault).

qu'à ces situations routières sont attachés des évènements affectés de probabilités d'occurrence plus ou moins élevées. » (Girard, 2006a, p. 82).

Pendant son déplacement, l'usager identifie la situation routière en cours sur la base d'une comparaison avec son catalogue de situations déjà expérimentées. *« Sa représentation de la situation lui permet de prévoir les événements susceptibles de se produire et de les anticiper. Selon sa représentation, certains événements seront très probables, d'autres possibles, d'autres inconcevables et, s'ils se produisent, totalement inattendus. »* (Girard, 2006b, p. 31).

Un environnement donné sollicite plus ou moins la vigilance et conditionne les orientations de l'attention du conducteur automobile. Il contribue notamment à réguler le niveau de vitesse ou à favoriser certaines manœuvres dans le trafic (Girard, 2006b).
En ce qui concerne la vitesse, toute rupture de la normalité sur la route rompt la chaîne de logique inconsciente des conducteurs et est susceptible de créer des « trébuchements ». Dans les entrées de ville, il est fréquent que les conducteurs aient le sentiment que la route continue sur sa lancée, sans remarquer le changement de fonction de la route en raison de l'absence de signalétique (Birth, 2006).

Dans cette perspective, l'un des moyens les plus efficaces de modifier un comportement à long terme est de modifier son environnement et d'en favoriser la lisibilité. **L'aspect que l'on donne à une route et à son écriture constituent autant de leviers pour aider le conducteur à respecter les règles.** *« Il n'est pas ici question de faute, mais de leviers pour l'action. »* (Girard, 2006b, p. 31).

En pratique, cette approche débouche sur des programmes d'action relatifs à la lisibilité de la route. *« La lisibilité est la propriété d'une voie et de son environnement de donner à tout usager, par l'ensemble de leurs éléments constitutifs – géométrie de la voie et de ses abords, équipement et habillage de la voie, configuration du bâti, mobilier urbain, etc. – une image juste facilement et rapidement compréhensible de la nature de la voie et de son environnement, de ses utilisations, des mouvements probables ou possibles des autres usagers et du comportement que l'on attend de lui. »* (SETRA/CETUR, 1992 cité par Girard, 2006b, p. 31).

1.3.2. Le rapport au temps et le rapport aux normes

Crozet (2006) remarque que **la vitesse consiste en un rapport entre l'espace et le temps**. *« Le rapport au temps a considérablement évolué. Le temps est devenu un bien extrêmement rare. Plus la richesse d'un individu s'accroît, plus ses opportunités d'action sont nombreuses, et plus son temps devient rare. Face à ce sentiment de rareté extrême du temps, il est naturel de gagner du temps par la vitesse. »* (p. 16). L'automobile a longtemps représenté le principal moyen de gagner du temps. Cette idée est toutefois en contradiction avec l'idée de « route apaisée » qui doit passer nécessairement par une modification du rapport au temps, et par le dépassement d'une situation de course perpétuelle contre le temps.

Pour Crozet (2006), *« Cette évolution est en marche. Elle passe par une reconquête de l'espace routier par l'espace environnant. Car c'est en prenant conscience de l'espace que l'on traverse avec la route que change le rapport au temps. »* (p. 16). Les élus locaux garderont un rôle-clé sur l'action qui devra concerner l'espace et l'infrastructure ainsi que la relation au temps, à travers l'optimisation de la localisation des lieux de résidence et d'emploi.

L'idée sous-jacente à l'étude de Gaymard (2006b) est que les normes sociales régissant les comportements des groupes sont différentes des normes légales. L'objectif de cette étude est de cerner le décalage existant entre ces deux normes.

Il est noté que *« Les individus ont leur fonctionnement propre influencé par des modèles normatifs et leur comportement ne correspond pas aux normes définies par les textes. […] Les perceptions diffèrent selon les individus, qui ne réagissent pas comme des automates et sont dotés de leur propre système d'adaptation. »* (Gaymard, 2006b, p. 18).
Les circonstances invoquées servant à justifier certaines transgressions (vitesse, feu orange, etc.) peuvent être liées à des caractéristiques personnelles, à l'objectif du trajet, au fait d'être seul ou avec des amis en voiture, ou encore au moment de la journée (Gaymard, 2006a, 2006b). Cet ensemble de facteurs rend complexe la lecture de l'acte de conduite. Ils sont importants à prendre en compte, en particulier en terme de lisibilité de la route, d'équipement, d'infrastructure.

L'évaluation des règles est personnalisée et symbolise l'absence d'intériorisation de la règle. Les sujets étudiés transgressent la loi avec un sentiment de légitimité. Il est constaté un manque d'adéquation entre les règles de conduite (normes légales) et la perception des usagers (normes sociales). Ainsi, **dans les représentations des usagers, ces règles prennent la forme de recommandations comportant des marges de tolérance et non la forme d'interdictions absolues**. Les sujets adoptant un positionnement critique par rapport à la norme, celle-ci ne peut pas être intériorisée.

2. Le comportement humain en situation de danger

De nombreux chercheurs se sont penchés sur la question des comportements humains lors des situations de crise et plus particulièrement lors des incendies en bâtiment. Les études sur le comportement humain dans les incendies ont débuté sérieusement dans les années 60-70 avec l'américain Bryan et les anglais Canter, Sime, Breaux et Wood (Proulx, 2001a). Les recherches de ces chercheurs sont particulièrement avancées sur cet aspect. Comme le notent Lavedrine et Baudet (2008), *« Des études menées par des chercheurs nord-américains sur les comportements observés dans des incendies dans divers lieux donnent à apprendre.* » (p. 556).

Nous allons citer les principaux enseignements de ces études permettant d'avoir des éléments théoriques et méthodologiques enrichissant notre recherche. Ces études ont en particulier porté sur des immeubles recevant du public comme les centres commerciaux, les musées ou les aéroports et concernent aussi les habitations.

2.1. La prise de décision

Les mécanismes psychologiques précédemment évoqués sont ici approchés lorsque les individus sont confrontés à une situation dangereuse. Nous apportons des éléments de distinction sur le terme usuellement employé et le terme scientifique « panique » avant de décrire ces mécanismes et les études ayant modélisé cette activité.

2.1.1. Une idée préconçue : la panique

Dans l'idée commune, la panique serait un comportement irrationnel pour une situation donnée, une peur soudaine qui fait perdre le contrôle à un individu ou à un groupe entier. Elle serait contagieuse et mènerait à l'hystérie collective, la frénésie, bousculade, cohue, etc. (Proulx, 2006) ou *« Un ensemble de comportements irrationnels apparemment dénués de toute finalité et qui s'accompagne d'épisodes de violence à l'égard d'autrui. »* (Noizet, 2005a, p. 11).

Dans le cas des incendies, « la panique » est une évaluation a posteriori des faits impliquant les actions des personnes présentes et leurs conséquences.

Le public utilise souvent le terme « panique » comme synonyme d'avoir peur, d'être effrayé, anxieux ou nerveux (Proulx, 2001a, 2007b).

Selon Noizet (2005a), l'**image** de la foule qui cherche à échapper coûte que coûte au danger, au détriment de la vie des autres, est l'image même de la « panique ». Celle-ci est très souvent **relayée par les médias**, le cinéma et le public en général pour son fort impact émotionnel.

Depuis les années 70, les scientifiques des sciences sociales tel Sime considèrent le comportement de panique comme un mythe et rejettent ce concept. Leurs conclusions se fondent sur une étude approfondie de plusieurs dizaines de cas d'incendie ou de situations de crise dont certains tristement célèbres pour leurs conséquences dramatiques[13] ou pour le succès de leur évacuation[14] (Noizet, 2005a).

Ces études démontrent que **la panique est extrêmement rare, sinon inexistante**, pendant les incendies (Tong & Canter, 1985 ; Proulx & Sime, 1991 ; Noizet, 2005a ; Proulx, 2006, 2000). Les personnes appliquent des décisions rationnelles en lien avec leur compréhension de la situation au moment de l'incendie et des informations à disposition (Proulx, 2001a, 2007b ; Noizet, 2005a). Une personne en situation de crise agit sur le moment dans le sens qui lui semble optimiser ses chances de survie et celles de ses proches (Noizet, 2005a ; Proulx, 2007b). Les comportements sont collectifs (entraide) (Tong & Canter, 1985 ; Proulx, 2006, 2006b ; Noizet, 2005a).

La réponse habituelle des occupants aux alarmes incendie, aux instructions orales ou même aux premiers signaux d'un incendie peut être caractérisée de « léthargique ».

[13] Incendie de l'Iroquois Theatre, 1903 ; incendie du Coconut Grove Night Club, 1942 ; incendie du Beverly Hills Supper Club, 1977 ; concert des Who à Stampede, 1979 ; incendie de la station de métro de King's Cross, 1987 ; naufrage de l'Estonia, 1994.
[14] Crash du Trans World Airline, 1992 ; attentat du WTC, 1993.

Les impliqués ressentent effectivement de la peur et de l'anxiété mais ces sentiments ne sont pas assimilables à de la panique (Noizet, 2005a).
D'après Proulx (2001a), dans les premiers moments d'un incendie, après avoir senti l'odeur de fumée ou entendu l'alarme incendie, il est fréquemment observé que les personnes poursuivent l'activité en cours. Elles ne réagissent pas et dénient ou ignorent la situation (Tong, & Canter, 1985 ; Proulx, 2000, 2001b, 2007a ; Proulx & Richardson, 2002). Le délai entre les premiers signes perçus et le début de l'évacuation dure plusieurs minutes. Les personnes attendent d'être rattrapées par les fumées pour commencer leur évacuation (Proulx, 2001b, 2007b).

Comme nous l'avons énoncé, la panique peut exister mais elle est peu représentative des comportements observés en situation d'urgence. En effet, selon Noizet (2005a), **elle peut être générée dans des cas très précis de situations de crise impliquant une foule très dense. Elle résultera de la coexistence de plusieurs facteurs** :

- peu d'espace pour l'évacuation et un nombre limité d'issues de secours ;
- les occupants sont en très grand nombre et la plupart méconnaissent les voies à suivre pour évacuer ainsi que la localisation des issues de secours ;
- le plan d'urgence est inadapté ou les personnels n'ont pas été suffisamment entraînés à le mettre en œuvre ;
- crainte largement partagée par les occupants d'être dans l'incapacité de sortir ;
- etc.

2.1.2. Adaptation des mécanismes psychologiques

L'étude des processus cognitifs en jeu dans l'évaluation et la prise de décision face au danger et au risque s'est déroulée dans des domaines beaucoup plus complexes et moins bien structurés que les situations classiques de laboratoire (Raufaste & Hilton, 1999). La pertinence de la réponse dépend d'une prise en compte adéquate du contexte. Le principal problème dans la prise de décision réside dans le processus de construction de la représentation de la situation et de ses enjeux (Gatot, 2000).

Comme le note Noizet (2005a), en situation de danger, le processus de décision et de gestion des risques diffère des situations courantes. Il est influencé par l'état émotionnel de la personne confrontée à un risque avéré (la brûlure, l'intoxication par la fumée, la mort, etc.) et soumise à de fortes contraintes temporelles. Face à ce type de situation, toute personne impliquée ressent du **stress** et de l'anxiété. *« Ce stress est une réponse naturelle de l'organisme à un danger immédiat dont la fonction est de mobiliser les ressources mentales et physiques, et d'adapter le comportement à la présence de la source du stress. »* (p. 12). Il est un état **nécessaire pour motiver la réaction et l'action mais il s'accompagne d'une modification des processus cognitifs** qui peut expliquer un certain nombre de comportements jugés « irrationnels » en situation de crise. Cet auteur évoque :

- **la réduction du nombre d'informations considérées :** en situation d'urgence, l'excitation émotionnelle réduit fortement le nombre d'informations prises en compte pour s'orienter ou pour répondre aux exigences de la situation. En situation d'incendie,

très peu de personnes disent avoir noté l'existence de signalisation des issues de secours ;

- **l'optimisation et l'accélération du processus de prise de décision :** ces mécanismes déterminent la quantité d'informations qui vont être traitées et retenues lors de la prise de décision. Selon Noizet (2005a), ces mécanismes peuvent être rapprochés des biais cognitifs décrits par Miller (1960) et par Janis et Leventhal (1968). Ils concernent : l'accélération de la vitesse de traitement de l'information, l'évitement de la décision (les choix sont faits aléatoirement ou en fonction de la saillance momentanée de certaines alternatives) et le filtrage des informations (stratégie de compromis par laquelle seules les données jugées importantes sont considérées compte tenu du temps disponible et des conditions vécues) ;
- **le mécanismes d'auto-confirmation de la justesse des décisions prises :** il existe une tendance naturelle à s'auto-confirmer que les décisions prises sont les bonnes pour éviter de les remettre en cause et de perdre du temps (Miller, 1960 cité par Noizet, 2005a) ;
- **les mécanismes de réduction du risque :** sous fortes contraintes temporelles, les décisions prises tendent à minimiser les risques. Ainsi, au cours d'un incendie, les gens utilisent les parcours connus ou familiers (par exemple le chemin qu'ils ont pris pour arriver) car ce sont les solutions les plus immédiatement accessibles à la conscience et elles sont d'emblée perçues comme le choix le moins risqué puisque toute autre solution s'accompagne du risque de se perdre et de ne pas localiser correctement la sortie (Sime, 1983, 1985, cité par Noizet, 2005a). Par ailleurs, les êtres humains ont tendance à évacuer très rapidement les choix connotés négativement.

Quand le niveau de stress atteint est trop important, il peut aussi occasionner des épisodes de confusion mentale (blocage de la pensée, fixation sur un comportement, etc.) pouvant aller jusqu'à l'abandon total de toute décision d'action (Noizet, 2005a).

Raufaste et Hilton (1999) décrivent un phénomène abondamment observé, l'effet de **focalisation attentionnelle**, particulièrement important lorsqu'il est difficile de se représenter simultanément l'ensemble des coûts et des bénéfices d'une situation. *« Les informations, les connaissances, les idées qui se trouvent dans le faisceau attentionnel pèsent beaucoup dans les raisonnement et la décision. »* (p. 82). **Plus la représentation d'une hypothèse, comme une conséquence heureuse ou malheureuse d'un choix, est vive et plus cette hypothèse sera renforcée.** Selon ces auteurs, divers travaux montrent qu'une proportion importante des personnes ne prennent pas en compte la dimension temporelle dans l'évaluation globale des bénéfices escomptés. Elles choisissent les options offrant le retour sur investissement le plus rapide, même si cela est, au bout du compte, moins avantageux.

La décision en situation de risque est un phénomène multifactoriel. Elle dépend principalement de la représentation de la situation que s'est construite l'individu et des mécanismes qui guident la focalisation de l'attention sur les différentes caractéristiques de la situation. Ces mécanismes se situent plutôt à un niveau automatique et inconscient.

Selon nous, ils servent à l'individu pour se protéger d'évènements extérieurs négatifs et, en ce sens, ils peuvent être considérés comme des mécanismes de défense. De nombreux travaux ont été réalisés, les termes utilisés pour décrire ces mécanismes peuvent différer. Néanmoins **face à une situation de crise et d'incendie en particulier, la décision d'évacuer est importante.**

2.2. Dans les incendies

Les recherches menées sur l'évacuation en bâtiment portent sur les facteurs susceptibles d'influencer celle-ci et sur l'évaluation de systèmes visant à aider les personnes dans cette activité. Selon Bénichou et Proulx (2007), il est fondamental de comprendre l'interaction complexe entre la structure, les procédures, l'environnement et le comportement humain puis comment ces facteurs interagissent pour déterminer la performance de l'évacuation.

L'équipe de chercheurs anglo-saxons a notamment mis en place une étude de grande ampleur suite à la catastrophe du World Trade Center (Etats-Unis, 2001). En effet, l'évacuation de cet édifice représente une des plus grandes évacuations d'immeuble des temps modernes. Elle contribue à la compréhension de la nature des dynamiques d'évacuation avec comme objectif de concevoir des immeubles dont l'évacuation serait plus efficace, fonctionnelle (Bénichou & Proulx, 2007).

2.2.1. Le modèle du temps d'évacuation

Dans l'étude d'un incendie, l'initiation du feu, sa détection et sa progression suivent une courbe de temps qu'il est possible de modéliser. Le comportement des occupants peut aussi être modélisé selon certains facteurs. Proulx suggère que le comportement des occupants pendant les incendies suit un processus de traitement de l'information où l'individu perçoit de l'information dans l'environnement et essaie d'interpréter cette information afin de prendre des décisions (Proulx, 2006 ; Proulx, Cavan & Tonikian, 2006). Des « patterns »[15] répétitifs de comportement chez les individus peuvent ainsi être mis en évidence.

2.2.1.1. Présentation du modèle

Depuis plusieurs années, Proulx étudie le comportement des occupants de bâtiments (habitation, bureaux, etc.) au cours d'incendies. Son travail repose sur le recueil du témoignage de personnes ayant vécu un incendie en situation réelle, d'exercices de sécurité ou de phases d'étude. A partir des nombreuses données acquises, elle a développé un modèle qui définit le temps disponible, lors d'un incendie, aux personnes pour évacuer un bâtiment dans des conditions tenables pour l'organisme humain (Proulx & al., 2006).

Ce modèle rend compte de la perception, de l'interprétation et des actions des occupants pendant les incendies à travers la notion de temps. Ce temps, pendant lequel les personnes perçoivent et interprètent des signaux, prennent des décisions et mettent en

[15] Le terme « pattern » (traduit de l'anglais par : modèle, motif) est employé en particulier en psychologie pour désigner un modèle simplifié qui représente la structure d'un comportement.

œuvre des actions puis se déplacent pour aller se mettre en sécurité, inclut une marge de sécurité. Il est décomposé en plusieurs phases (Figure 5) :

- **le temps de détection** ;
- **le temps de l'alarme** ;
- **le temps nécessaire à l'évacuation** composé de deux phases principales :
  - le temps de pré-déplacement, qui inclut un temps de perception et d'interprétation des signaux à disposition puis un temps de réponse et d'actions ;
  - le temps de déplacement.

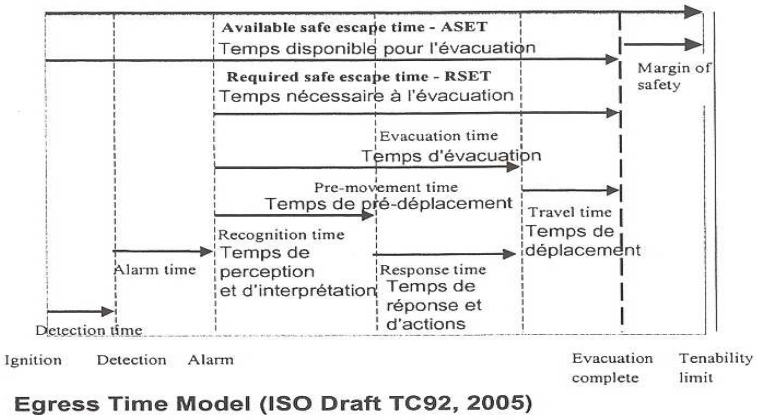


Figure 5 : Modèle du temps d'évacuation, d'après Proulx (2006)

Le temps de pré-déplacement est important à considérer car c'est celui sur lequel il est essentiel d'agir pour le réduire et gagner du temps pour le déplacement (Proulx, 2007b).

2.2.1.2. Les patterns comportementaux

Les caractéristiques des occupants (âge, sexe, capacités physiques, activité au moment de l'événement, expériences passées, familiarité avec le bâtiment, etc.), les caractéristiques du bâtiment (système de protection, géométrie, nombre et position des sorties de secours, etc.) et les caractéristiques de la situation (type d'évènement, localisation du problème, etc.) interagissent, influencent les comportements ainsi que le développement et l'issue de l'incendie (Proulx, 2001a, 2006, 2000 ; Proulx & al., 2006 ; Purser & Gwynne, 2007).

Ces facteurs permettent de comprendre et de modéliser le comportement des personnes. Les expériences passées, l'information perçue pendant l'événement et les caractéristiques propres à chaque individu expliquent en majeure partie la variété des comportements qui peuvent être observés (Proulx, 2001a, 2006 ; Proulx & al., 2006). Les principaux patterns comportementaux mis en évidence sont :

- **l'évitement :** plutôt qu'un comportement de panique, dans les premiers moments d'un incendie on observe plus fréquemment l'absence de réponse. Les personnes tendent à ignorer les premiers signes d'un incendie et ne perçoivent pas le potentiel de gravité ;

- **l'engagement :** les personnes engagées dans une activité spécifique auront tendance à achever cette activité avant de tourner leur attention vers un incident inattendu ;
- **la familiarité :** pendant une situation d'urgence les personnes ont tendance à se diriger vers un endroit familier par une route familière avant d'expérimenter une route inconnue ;
- **l'affiliation :** les personnes ont tendance à se rassembler avec les membres de leur famille ou des amis proches avant de commencer leur évacuation ;
- **le rôle :** les personnes ont tendance à agir en accord avec le statut ou le rôle qu'ils jouent dans un groupe (leadership) ou à suivre les instructions données par une personne assimilée à une autorité si elle est en accord avec leur propre vision de la situation.

Les divers comportements ainsi que d'autres facteurs influencent et augmentent le délai d'évacuation. Ce sont :

- le besoin de confirmation de l'existence d'un incendie (trouver la localisation, essayer d'éteindre l'incendie, alerter les autres) ;
- la vitesse et le mouvement d'évacuation dépend du nombre de personnes dans l'issue, de l'absence d'éclairage, de la signalisation ;
- la présence de fumée ou d'eau (Proulx & al., 2006 ; Proulx, 2007b).

Selon Proulx (2001a), l'attente des secours rallonge également le délai de réaction et d'évacuation.

2.2.2. Systèmes d'aide à l'évacuation

Selon Proulx (2001a), il apparaît essentiel de développer des connaissances pour réduire le délai du début de l'évacuation. Une stratégie consiste à donner de l'information le plus tôt possible. Il est important que l'environnement change pour détourner l'attention des personnes de leur activité en cours. Le changement approprié est fonction du type d'immeuble et des occupants. L'alarme seule ne suffit pas, il y a besoin d'autres systèmes ainsi que d'éducation et d'entraînement. **Les messages d'alarme doivent être audibles et intelligibles.** Ils doivent indiquer la réalité de la situation et donner les instructions d'évacuation, leur contenu doit être « simple, direct et véridique ». Comme le remarque De Vanssay (2006), **l'information doit être en adéquation avec la réalité de la situation**.

2.2.2.1. Systèmes audio : l'alarme et les communications vocales

Les alarmes incendie ont été introduites dans les bâtiments il y a plusieurs années comme le moyen le plus efficace pour répondre à **quatre principaux objectifs** vis à vis des personnes (Proulx, 2007a) :

- **alerter d'un incendie ;**
- **provoquer une réaction immédiate ;**
- **initier le mouvement d'évacuation ;**
- **allouer un temps suffisant pour l'évacuation**.

Cependant, les occupants ont tendance à ne pas répondre à un signal d'alarme incendie notamment parce qu'ils ne reconnaissent pas le signal comme celui d'un incendie, ils ignorent comment réagir, ils n'ont plus confiance dans le système en raison des nuisances et « fausses » alarmes ou encore parce qu'ils n'entendent pas l'alarme compte tenu de leurs propres caractéristiques et position ainsi que de l'environnement ou des caractéristiques du système d'alarme.

Proulx (2007a) remarque que **dans les faits les comportements ne sont pas ceux attendus**. Le signal d'alarme incendie est un bon moyen pour alerter les personnes. Il indique que quelque chose est en train de se produire et les amène à chercher d'autres informations. Ainsi, lors d'un incendie lorsque les occupants perçoivent plus tard des informations complémentaires (odeur de fumée, autre personnes, etc.) ils commencent à penser que quelque chose de sérieux se passe et qu'il faut agir.
Les études ont montré qu'il est optimiste de penser que le signal d'alarme incendie seul permette d'alerter les occupants, d'initier une action immédiate, d'initier le mouvement d'évacuation et de laisser suffisamment de temps pour que l'évacuation se déroule dans de bonnes conditions (Proulx, 2001c).

En complément, de l'utilisation du signal d'évacuation T-3[16], des signaux complémentaires doivent être données par d'autres moyens. Les systèmes de communication vocale, les consignes, l'entraînement et les exercices d'évacuation avec les occupants ainsi que la conception de plans d'urgence adaptés au bâtiment sont des facteurs qui augmentent la probabilité que le comportement des occupants réponde de manière appropriée et rapide à une alarme incendie (Proulx, 2007a). D'après Proulx et Richardson (2002), pour avertir les occupants de la nécessité d'action, le signal d'alarme incendie doit être distinctif de façon à ce qu'il n'y ait pas d'ambiguïté dans leur esprit et que l'alarme incendie soit identifiée en tant que telle. La capacité des occupants à comprendre les messages émis est influencée par plusieurs variables : le contenu du message, la nationalité, l'entraînement, les caractéristiques de l'émetteur et du receveur ainsi que celles du système technique support du message et l'acoustique de l'environnement (Woycheese, 2007).

Par le passé, les communications vocales étaient peu utilisées car il y avait une fausse idée qui consistait à croire que les personnes paniquent lorsqu'il est dit qu'il y a un incendie (Proulx & Sime, 1991). Selon Woycheese (2007), donner la nature et le risque potentiel de la situation est essentiel pour que le message reçu par les occupants soit compréhensible. Comme le remarquent Proulx et Sime (1991), **les recherches montrent que contrairement à certaines croyances, les personnes ont tendance à suivre les instructions lorsqu'elles sont données par un système de communication vocale** (Proulx, 1998, 2001b) Cependant, d'après Proulx et Richardson (2002), l'utilisation de messages préenregistrés peut se révéler inefficace et dangereux. Les études révèlent qu'un système de communication vocale dans lequel l'ordre émane des personnels sont mieux

[16] Le mode de signalisation Temporal-3 (T3) est défini dans la norme ISO 8201 (Acoustique - Signal sonore d'évacuation d'urgence) et requis par le Code national du bâtiment 1995.

pris au sérieux par les occupants. Ces derniers sont plus réceptifs à des messages avec une voie humaine car ils auront plutôt tendance à considérer l'information comme authentique et fiable.

2.2.2.2. Autres moyens

L'efficacité d'autres moyens visant à faciliter et favoriser l'évacuation des occupants de bâtiments est également évaluée par les chercheurs. L'étude conduite par Bénichou et Proulx (2007) porte sur l'évaluation de différents **systèmes photoluminescents** installés dans les escaliers de secours afin d'aider à l'évacuation. Par ailleurs, il est à souligner que le **contrôle des fumées**, un **système de guidage** et l'**éclairage** améliorent le mouvement d'évacuation dans les issues de secours (Proulx, 2007b).

La mise en place régulière d'**exercices d'évacuation (entraînement) et l'éducation** sont autant d'atouts permettant d'informer le public sur un incendie et ses dangers ainsi que sur la manière de se protéger (Proulx, 2001b ; Proulx & Richardson, 2002).

Selon Proulx et Reid (2006) la qualité des entraînements est importante. Les exercices permettent aux personnes de connaître et de comprendre leur rôle. La mise en place régulière de scénarios « réalistes » permet d'évaluer les compétences des différents groupes et permet d'apprendre à mieux se connaître. De nos jours l'informatique à notre disposition est un moyen efficace pour établir des bases de données ainsi que différentes formes d'aide à l'information et à la décision. C'est pourquoi nous sommes amenés à nous intéresser à la modélisation informatique.

2.2.3. Modélisation informatique et base de données

Les **simulations informatiques de mouvement** utilisées pour la conception des bâtiments sont souvent très **optimistes** comparativement à la vitesse de déplacement des personnes pendant les incendies (Proulx, 2001a). En effet comme le souligne Fahy (2006), pour accroître les connaissances sur le comportement humain en situation d'incendie, les données doivent être disponibles aux utilisateurs. Elles peuvent être utilisées dans le développement et l'utilisation de modèles d'évacuation qui varient largement en complexité. Les modèles utilisent comme données d'entrée : le temps de retard (pré-mouvement), la vitesse de déplacement, les caractéristiques des occupants, les actions durant l'évacuation, les effets des obstructions ainsi que les décisions sur le choix de sortie (Fahy, 2006 ; Purser & Gwynne, 2007).

Aujourd'hui grâce aux chercheurs nord-américains et à leur travail, **les informations issues des interviews sont utilisées pour créer une base de données relationnelles de l'expérience humaine pendant l'évacuation du World Trade Center**. La **base HEED** (High-rise Evacuation Evaluation Database) vise à être accessible pour tous les chercheurs, à alimenter les règlements des bâtiments et à aider au développement des modèles d'évacuation (Shields, 2006). D'après Galea et al. (2009), cette base est un outil de recherche qualitative qui contient toutes les données des interviews transcrites et

codées. Ce projet n'est pas unique mais il se distingue des autres notamment par un objectif qui vise à comprendre plus précisément les facteurs psychosociaux et organisationnels qui influencent l'activité d'évacuation comme l'influence des groupes, la structure organisationnelle et la perception des risques.

3. Prise en compte du comportement humain en tunnel routier

Dans le domaine des tunnels routiers, il y a peu de temps les études étaient orientées sur les aspects technologiques. Les progrès techniques atteignant une asymptote, dans la perspective de progresser en matière de sécurité en tunnel routier, des projets récents se sont orientés sur la compréhension des facteurs humain et organisationnel. Comme le notent Gandit et al. (2009), *« Aujourd'hui, de plus en plus d'études sont centrées sur l'amélioration de l'extinction des fumées et des connaissances sur le comportement humain au cours des incendies. »* (p. 106, traduit par nous). Il existe plusieurs projets et publications qui entourent le sujet : le projet UPTUN (Boer, 2002 ; Papaioannou & Georgiou, 2003), le projet ACTEURS (Noizet, 2004, 2005a, 2005b) auxquels nous avons participé et l'étude menée par Gandit et al. (2009) sur la perception des risques des usagers de tunnel.

Nous allons présenter les pratiques actuelles du monde des tunnels (exploitants et ingénieurs) puis exposer des études récentes qui visent à comprendre le fondement des comportements des usagers face à différentes situations en tunnel (en particulier lors d'incendie). Ceci donnera des éléments permettant d'éclairer la différence entre le comportement attendu des usagers et celui observé.

3.1. Un constat : le comportement observé des usagers est différent de celui attendu

En situation courante ou en situation d'incendie, le comportement observé n'est pas en adéquation avec les attentes et les *a priori* des professionnels.

3.1.1. Pendant les incendies

D'après Tesson et Lavedrine (2004), la logique de la réglementation est fondée sur la capacité des différents acteurs, et en particulier des usagers, à agir de façon appropriée et au bon moment. Il est nécessaire de s'assurer qu'en cas d'évènement, même mineur, chaque acteur tiendra, en ce qui le concerne, la conduite attendue. Or, à l'éclairage des exercices de sécurité et de l'analyse d'un certain nombre d'évènements d'ampleur plus ou moins importante, force est de constater l'écart entre ce que prévoit la réglementation et les procédures correspondantes d'une part et la réalité des comportements d'autre part. En effet, dans la réalité lors des incendies il est possible d'observer que **certains usagers** :

- **restent dans leur véhicule** et n'évacuent pas à pied vers les issues de secours ;
- font **demi-tour** ou procèdent à une **marche-arrière** pour sortir du tunnel à bord de leur véhicule (y compris les conducteurs de véhicules lourds) ;
- ne s'arrêtent pas et **traversent le nuage de fumée** pour doubler un véhicule en feu ;

- **se rapprochent à pied du véhicule** en feu, etc..

3.1.2. En situation courante

Au cours de notre recherche, nous avons réalisé des **entretiens avec les exploitants et les opérateurs de supervision** lors de nos visites dans les sociétés d'autoroute. Ces entretiens ont permis de recueillir leurs points de vue sur le retour d'expérience et sur le comportement des usagers. Quelques points généraux (outre les problèmes de vitesse et d'interdistance inadaptées) émergent concernant le comportement des usagers en situation de traversée normale en tunnels et ont déjà été soulevés dans le rapport d'ACTEURS.

Ce sont en particulier :

- les **périodes de bouchon**, avec ou non un dégagement de fumée, induisent des comportements d'impatience qui conduisent les usagers à **chercher des moyens de sortir** (demi-tour, marche arrière, etc.). Une information sur la situation et le temps d'attente a tendance à tempérer les impatiences ;
- l'**abaissement des barrières** de fermeture accompagné des feux rouges clignotants R24 conduit assez souvent les usagers à **forcer le passage** (« passer avant la fermeture » comme certains ont tendance à le faire lors du franchissement du passage à niveau) sans se rendre compte qu'ils entrent dans un ouvrage où un évènement va les obliger à s'arrêter et mettra peut être leur vie en danger. Même l'usage de sirène accompagnant le dispositif de fermeture ne dissuade pas le passage en force de la barrière ;
- le **non respect des feux d'affectation de voie** ;
- le non respect **des voies neutralisées** (circulation, arrêt, arrêt pour enlever les chaînes en hiver) ;
- le problème de **contre-sens** dans certains tunnels ;
- les **arrêts intempestifs** (pour uriner, prendre des photos, etc.).

Ces comportements relèvent des comportements « problématiques » qui attirent la vigilance des opérateurs de surveillance et qui paraissent pouvoir être des précurseurs d'évènements couverts par une procédure (Noizet, 2005a).

3.1.3. Bilan

Force est de constater un consensus entre certains auteurs et les témoignages des exploitants sur les comportements observés. **La description du comportement est réalisée le plus souvent à partir de quelques témoignages des personnels de l'exploitant et sur l'observation de quelques images vidéo**. Cette description porte un jugement sur le comportement des usagers.

Ainsi il est possible de lire : *« Les usagers […] ont des comportements des plus imprévisibles. Ce sont aussi les seuls qui puissent produire des réactions totalement aberrantes face aux situations rencontrées.* » (Schmauch, 2008, pp. 39-40.) *« Les dispositifs de sécurité sont parfois rendus inopérants par le comportement des usagers. »* (Trancart, 2007, p. 42), *« Les événements récents […] ont permis d'établir un constat*

accablant : les automobilistes ne savent pas comment se comporter dans un tunnel routier en cas d'incendie. » (Brocquet, 2002, p. 34).

Comme le remarquent Tesson et Lavedrine (2004), les exercices périodiques et le retour d'expérience montrent que, outre les dispositions relevant du génie civil et des équipements, il est nécessaire d'améliorer continuellement les compétences de l'exploitant et l'information des usagers. Pour ce faire plusieurs projets sont en cours pour agir dans les domaines de l'information, de la formation et de la prévention et pour progresser dans la connaissance du comportement de l'usager.

Avant d'évoquer les études récentes sur le comportement des usagers en tunnel routier menées en France ou à l'étranger, nous allons donner quelques éléments sur les mesures préventives mises en place.

3.2. Les actions menées auprès des usagers

Pendant notre recherche, nous avons eu l'occasion d'approcher de près les actions menées auprès des usagers aussi bien à l'échelle locale que nationale. Nous avons participé à différents projets dont certains se poursuivent aujourd'hui. Ils ont touché différents aspects de la sécurité (signalisation, utilisation des téléphones portables, etc.).

3.2.1. Action menée par les sociétés française et italienne du tunnel du Fréjus (SFTRF et SITAF)

En parallèle aux voies de communication usuelles (plaquettes d'information, etc.), une démarche originale d'information et de formation des usagers a été mise en place par la SFTRF et la SITAF afin de conforter la sécurité dans le tunnel du Fréjus. Cette démarche part du constat de l'importance du rôle des usagers en cas d'événements en tunnel. Les chauffeurs de poids lourds et d'autocars sont nombreux et plus faciles à sensibiliser que les conducteurs de véhicules légers. C'est pourquoi **la SFTRF a décidé de faire des professionnels de la route les partenaires de la sécurité et d'impliquer les organismes de formation ainsi que les chefs d'entreprise de transport pour sensibiliser les chauffeurs.**

Le travail a démarré, en 2004, en collaboration avec les principaux partenaires du transport (associations, transporteurs, organismes de formation, etc.) pour développer cette opération appelée **« Sécurité, un réflexe de pro »**. En partenariat avec les chefs d'entreprise de transport abonnés au tunnel, dans un premier temps, une mallette sécurité leur a été envoyée. Elle est composée d'une partie à destination du chef d'entreprise (brochure de présentation de l'opération, affiche de présentation, bon de commande de jeux complémentaires de documents) et d'une partie à distribuer aux conducteurs (autocollants, fiche « consignes de sécurité », bande dessinée pédagogique). Par la suite**,** un module de formation (DVD) a été élaboré conjointement avec l'AFT-IFTIM et Promotrans et intégré à la formation des chauffeurs routiers.

L'objectif de cette démarche est de s'appuyer sur les professionnels de la route, fréquentant régulièrement le tunnel du Fréjus, afin d'appliquer et de diffuser les règles de sécurité en

cas d'incendie. Selon Noizet, Mourey et Ricard (2006), c'est une opération d'éducation des conducteurs de poids lourds aux spécificités de la sécurité du tunnel du Fréjus. **Elle vise à la fois à améliorer les connaissances des chauffeurs pour leur propre sécurité en tunnel et à en faire de véritables acteurs de la sécurité en les transformant en relais capables de conseiller les autres usagers.** Par ailleurs, plusieurs évènements sont mis en place pour faire connaître cette opération aux organisations professionnelles, à la presse, dans les salons professionnels, etc..

Ce dispositif fait aujourd'hui l'objet d'un projet d'adaptation aux spécificités du tunnel du Mont-Blanc.

3.2.2. Les contrôles-sanctions : vitesse et inter-distance

Mis en cause dans de nombreux accidents, la vitesse et l'inter-distance sont l'objet de recherches et de développement d'outils visant à sanctionner les comportements non respectueux de la règle. En tunnel, comme à l'air libre, des systèmes de contrôle-sanction de la vitesse sont mis en place. Cependant, les tunnels font actuellement l'objet de recherches dont l'objectif est de sanctionner le non respect des distances de sécurité importantes pour limiter la propagation de l'incendie d'un véhicule à un autre, mais dont les dispositifs sont plus difficiles à déployer à l'air libre.
Comme le soulignent Tesson et Lavedrine (2004), il s'agit de l'automatisation de la sanction des conducteurs circulant à une vitesse supérieure à la vitesse autorisée ou se rapprochant trop du véhicule qui les précède. L'automatisation de la sanction introduit une égalité entre les usagers et comporte de ce fait une dimension pédagogique qui participe à la politique de prévention menée en matière de sécurité routière.

Toutefois, ces systèmes peuvent être perçus comme une contrainte pour l'activité de conduite. En effet, **le problème des obligations nombreuses et différentes d'un ouvrage à l'autre crée une certaine incohérence et des difficultés de repérage pour les usagers**. De plus, aujourd'hui, ces derniers ne disposent pas de système d'aide au suivi des inter-distances à l'intérieur de l'habitacle du véhicule (Durand-Rocher, 2002 ; Ceci, 2008) au même titre que celui existant pour la vitesse. Ce manque peut être pallié par un ajout externe comme ceux actuellement évalués et pour lesquels il est nécessaire de prendre en compte leur intégration dans le système.

3.2.3. L'information et la communication auprès des usagers

Le mode de communication le plus utilisé est celui des plaquettes d'information pour améliorer la sécurité des usagers. Ces campagnes de sensibilisation aux risques sont récentes. En 2002, le ministère de l'Equipement a édité et largement diffusé une plaquette à destination des usagers sur la conduite à tenir en tunnel routier. De même, les exploitants de tunnels sensibilisent les conducteurs en distribuant des brochures explicatives à l'entrée des tunnels. Cependant, ces actions sont locales et ne fournissent pas toutes le même niveau d'informations. Il est également difficile d'évaluer l'impact de telle campagne (Tesson & Lavedrine, 2004).

De nombreux efforts ont porté sur le déploiement de moyens variés pour informer et communiquer à l'usager les spécificités de la conduite en tunnel et ses risques. Durant notre recherche, à travers un projet de construction (tunnel de Bois de Peu à Besançon) l'exploitant nous a donné la possibilité de mettre en place d'autres modes de communication basés sur le principe, énoncé par Christian et Chesnais (2004), que **les actions de prévention proposées doivent être adaptées aux situations de travail concrètes et aux personnes concernées**.

Au-delà du simple constat de ces comportements et pour dépasser une explication simpliste qualifiant les comportements des usagers d'« irresponsables », il est important de comprendre quels mécanismes psychologiques sont mis en oeuvre face à des évènements inattendus potentiellement sources de danger dans lesquels les usagers ne sont, *a priori*, pas en mesure d'appréhender en temps réel l'évolution et la gravité de la situation. A ce jour, une source importante de progrès de la sécurité en tunnel réside dans la connaissance des déterminants du comportement des usagers dans différentes situations.

Bien que les facteurs humains soient parmi les paramètres les plus importants ayant une incidence sur la sécurité, ils ont été les moins étudiés dans le passé. Pour mieux connaître le comportement des usagers, quelques projets actuellement en cours éclairent notre recherche.

3.3. Travaux concernant notre étude

Dans le cadre de ces projets, des études ont été menées sur ce sujet. Nous allons décrire les plus représentatives d'entre elles. L'une s'est insérée dans le cadre du projet européen UPTUN et deux autres dans le cadre de deux projets français dans lesquels nous avons été impliqués (projet ACTEURS et projet « auto-évacuation »). Ces travaux s'appuient sur les études menées par les chercheurs nord-américains.
En proposant la compréhension du comportement des usagers comme axe d'amélioration pour la sécurité, ces projets offrent une évolution importante de la représentation du système « tunnel ».

3.3.1. L'expérience du TNO

3.3.1.1. Présentation

En 2002, dans le cadre du projet UPTUN une étude a été réalisée aux Pays-Bas par la division Facteurs Humains du TNO sur les comportements d'évacuation des usagers en tunnel (Boer, 2002 ; Papaioannou & Georgiou, 2003). Ce projet européen vise la mise en place de méthodes et outils pour la maîtrise des incendies en tunnel. Cette étude a notamment permis de tester un nouvel équipement (dispositif sonore) destiné à aider les usagers à évacuer vers les issues de secours.

Quatre expérimentations ont été mises en place afin de déterminer si les dispositifs d'issues de secours correspondent aux comportements naturels des usagers en situation d'urgence.

➘ La première a été réalisée sous la forme d'une **enquête** ayant pour objectif de connaître l'attitude des usagers en situation de catastrophe en tunnel, les trois autres ont été réalisées à partir de la simulation d'un incendie en tunnel et concernent respectivement le comportement individuel des automobilistes, leur comportement dans les embouteillages et leur comportement face à une signalisation sonore des issues de secours. 115 conducteurs habitués aux tunnels ont été interviewés avant l'entrée dans le tunnel sur le thème des **réactions en cas d'incendie**.
Ensuite une série de **trois mises en situation** avec simulation d'incendies ont permis de recueillir des données sur les comportements des usagers. Des volontaires ont été recrutés et informés à minima de ce qui allait se passer.

➘ La seconde expérience a été menée auprès de 69 usagers mis en situation de conduite dans un tunnel fermé à la circulation pendant l'essai au cours de laquelle ils devaient **montrer individuellement ce qu'ils feraient en cas d'alerte** dans le tunnel.

➘ La troisième étude met en scène neuf groupes de 50 conducteurs placés. Chaque groupe pénètre dans un tunnel routier derrière un camion qui s'arrête, au milieu de l'ouvrage, en travers de la chaussée et de la fumée s'échappe de celui-ci. L'analyse porte sur **l'observation d'enregistrements vidéo**.

➘ Dans la dernière évaluation, 99 personnes ont été placées dans le tunnel avec une fumée très dense et avec la **consigne de trouver les issues de secours**.

3.3.1.2. Principaux enseignements

Les résultats montrent que 75% des personnes connaissaient l'existence des issues de secours mais une majorité d'entre elles disent qu'elles les éviteraient et préféreraient s'échapper par la route.

Il apparaît que les usagers des tunnels routiers n'ont pas conscience des dangers inhérents à un incendie en tunnel (Lavedrine & Baudet, 2008). L'observation du comportement des conducteurs permet d'établir de **longs temps de réponse de la part des usagers** (supérieurs à 6 minutes) et une **évacuation effective uniquement dans le cas où un message parlé informe les usagers d'un risque d'explosion**. Dans un des tests, les usagers restent dans les véhicules entièrement entourés de fumée. Une majorité de participants ne trouve pas les issues dans la fumée. Des signaux sonores placés aux entrées des abris permettent d'aider lorsque les usagers ont été informés de leur existence.

Les principales conclusions sont les suivantes :

- **les usagers ont tendance à être passifs face aux événements ;**
- **ils utilisent leur téléphone portable et non le poste d'appel d'urgence ;**
- **ils ont tendance à suivre le son diffusé pour les aider à trouver les issues de secours** mais ils rencontrent des difficultés pour les trouver lorsqu'elles sont situées de l'autre côté du tunnel.

Cette étude met en évidence une méconnaissance des tunnels et de la stratégie de sécurité ainsi qu'une certaine passivité des personnes qui ont tendance à rester à bord de

leur véhicule même lorsque les fumées atteignent le véhicule. Cependant, il apparaît que la présence d'une indication sonore semble aider les usagers à évacuer de leur véhicule plus rapidement et à se rendre vers les issues de secours (Boer, 2002).

Les résultats du projet ACTEURS corroborent ceux obtenus par le TNO à partir d'autres méthodes de travail.

3.3.2. Le projet ACTEURS

3.3.2.1. Présentation

Face au constat de l'« inadéquation » du comportement des usagers avec les exigences de sécurité mises en place en tunnel routier et afin d'aller plus loin dans les stratégies de sécurité, en France plusieurs sociétés concessionnaires d'autoroutes et de tunnels, la société DEDALE spécialisée sur les facteurs humains de la sécurité, ainsi que le centre d'étude des tunnels (CETU) et l'école des Mines de Paris se sont associés dans un projet commun : ACTEURS (2003-2006). Ce dernier vise à **mieux comprendre l'interaction entre les usagers, les exploitants et les tunnels**. Il donne notamment des éléments de compréhension sur le comportement des usagers en situation normale et en situation de crise puis propose des recommandations de conception et d'exploitation des ouvrages.

Le projet ACTEURS est un **projet de recherche appliquée**. Il a débuté en 2003 par un lot 1 dont les objectifs sont de mieux comprendre l'interaction entre usagers et tunnels, de modéliser les règles de comportement des usagers dans différents types de situations rencontrées – situation normale et situation de crise (Noizet, 2005a, 2005b), afin d'en déduire des propositions en matière de conception et d'exploitation des ouvrages soumises à une validation expérimentale (Noizet, 2005b).
Le lot 1 a été prolongé en 2005 par un lot 2.

Ce projet s'inscrit dans la perspective d'améliorer la sécurité dans les tunnels routiers, d'une part, en proposant des solutions qui visent à faire des conducteurs, face aux risques spécifiques des tunnels, des acteurs de leur propre sécurité. D'autre part, en améliorant l'adéquation des dispositifs de sécurité et des messages d'alarme à leurs comportements réels ce projet vise à augmenter la capacité de prévention et de gestion d'une situation de crise en tunnel. Cette étude est aujourd'hui la plus aboutie en France sur ce sujet.

3.3.2.2. Lot 1

- **Etude n°1**

Une revue de littérature internationale, trente entretiens avec des professionnels des tunnels montrent notamment que le **contexte actuel répressif** peut avoir des effets négatifs pour l'usager en cas d'évènements source de danger. **Le conducteur peut ne plus être capable d'agir par sa propre initiative car il doit passer d'une activité cognitive – appliquer la règle – à une activité de réflexion et d'initiative personnelle** (Ricard, 2004).

D'après Noizet, Mourey et Ricard (2006), les exigences comportementales à l'égard d'un usager sont trop importantes en situation normale car *« Il doit appliquer strictement la règle tout en s'adaptant aux consignes propres du tunnel qu'il doit traverser, la répression est utilisée chaque fois que possible pour sanctionner tout écart. Et lorsqu'un événement se déclare l'usager doit reconnaître la situation, appliquer les consignes d'alerte et de mise en sécurité et utiliser à bon escient les équipements et aménagements de sécurité spécifiques au tunnel dans lequel il se trouve. »* (p. 3).

- **Etude n°2**

L'analyse qualitative de seize observations embarquées et de l'analyse quantitative des réponses de 619 usagers, du réseau autoroutier en Rhône-Alpes, à un questionnaire donnent des éléments sur le comportement des usagers en situation normale de conduite. Les résultats de cette enquête de grande ampleur indiquent que **71 % des conducteurs estiment la traversée des tunnels indifférente, voire pour 8 % reposante (éclairage la nuit, pas de pluie, de brouillard ou de neige)**. Seulement 20 % déclarent la traversée d'un tunnel éprouvante. On mesure de ce fait un premier écart entre la représentation qu'ont les usagers de ces ouvrages et celle des spécialistes des tunnels qui les considèrent comme des systèmes industriels complexes et à risques. Un deuxième enseignement de cette enquête est que **les usagers méconnaissent les dispositifs de sécurité** mis à leur disposition dans les tunnels **ainsi que les stratégies d'évacuation** qui s'y rattachent. En effet, 10 à 20 % des usagers des tunnels du Fréjus et du Mont-Blanc pensent que les issues aboutissent directement à l'extérieur ou dans l'autre tube du tunnel. Au-delà de l'aspect anecdotique, ceci révèle avant tout que les usagers n'ont pas été informé et ne se projettent pas dans le fonctionnement du système et cela explique en partie le fait qu'en cas de crise, ils n'envisagent pas l'évacuation à pied par les issues de secours mais plutôt en voiture par où ils sont entrés (Noizet, 2005a).

Les résultats ont notamment mis en évidence que certaines règles fondamentales pour la sécurité ne sont pas connues voire ignorées de la plupart des usagers (vitesses minimale et maximale, interdistances, interdiction de demi-tour ou interdiction de s'arrêter pour autre motif que la sécurité, etc.) car **il existe parfois certaines croyances et hypothèses** sur le fonctionnement du tunnel. Comme l'indiquent Noizet, Mourey et Ricard (2006), *« Tout un répertoire de croyances et des transferts de comportements acquis sur le reste du réseau routier viennent compenser le manque de connaissances des usagers et déterminer en partie leurs réponses dans cet environnement. »* (p. 3).

- **Etude n°3**

Un **modèle psycho-sociologique** a été élaboré à partir d'un travail bibliographique sur les crises en milieu confiné comme celles décrites par Proulx (Noizet, 2005a). Initialement prévu à partir d'une quinzaine d'interviews de personnes impliquées dans des évènements en tunnel, compte tenu des difficultés existantes pour prendre contact avec des usagers impliqués dans un événement, le modèle a été validé par quelques interviews avec des personnes ayant vécu des événements en tunnel.

Dans ce modèle, l'évacuation est décrite comme une succession d'étapes correspondant aux interactions des usagers avec l'environnement et structurée autour de quatre phases :

- **l'initiation de l'événement ;**
- **la perception et la reconnaissance des signaux d'alerte ;**
- **la décision d'évacuer et évacuer ;**
- **le mouvement vers les issues de secours.**

Chaque phase est définie selon les activités des usagers en tenant compte des facteurs susceptibles d'optimiser ou de rallonger le processus d'évacuation et de mise en sécurité des usagers. Ces facteurs sont : les caractéristiques des usagers (connaissances sur les tunnels, les situations de crises et les risques associés, etc.), les caractéristiques du tunnel (type de surveillance, entraînement des personnels, type d'issues, etc.) et les éléments contextuels (distance à l'événement, dynamique d'expansion de l'événement, etc.).

Dans chacune des phases, l'usager doit rechercher l'information en fonction des connaissances ou expériences déjà acquises, rechercher la meilleure solution en fonction d'une balance des risques et des incertitudes ainsi qu'évaluer la meilleure solution dans un temps court soumis au stress. Ce modèle permet d'appréhender les moyens d'améliorer le couplage tunnel/exploitant/usager afin de fournir au moment approprié des signaux clairs et compréhensibles (Noizet, 2005a).

3.3.2.3. Lot 2

A la fin du premier lot, les exploitants étaient volontaires pour poursuivre l'effort et les démarches engagées dans le lot 1 afin de mettre en œuvre des actions concrètes (Noizet & Mourey, 2006). Quatre domaines d'étude ont constitué le lot 2. Certains ont été décomposés en plusieurs objectifs (activité). Ces domaines servent de support pour présenter les principaux enseignements en lien avec notre recherche.

✴ **Améliorer la prise en compte de l'usager dans la gouvernance des tunnels**

Il est constaté que le retour d'expérience réglementaire ou localisé chez l'exploitant ne permet pas, dans la majorité des cas, d'approfondir les déterminants du comportement des différents acteurs et en particulier celui de l'usager (manque de méthode, d'outil approprié et d'autorisation légale). Les accidents majeurs constituent la principale source d'information sur les comportements en situation de crise, les signaux faibles porteurs d'apprentissage sont très peu exploités. Afin d'avancer sur ces questions, un axe de travail en lien avec le thème prioritaire du CETU, a été envisagé dans la perspective de **faire évoluer le dispositif de retour d'expérience réglementaire, de l'alimentation d'une base de données vers un outil de progression collective basé sur la capitalisation, la formalisation et le partage des expériences et des connaissances** ; ce processus devant impérativement prendre en compte les usagers impliqués dans des évènements en tunnel.

Les premiers mois de la thèse se sont déroulés dans le cadre de cette activité au cours de laquelle les objectifs à réaliser ont été :

- un état des lieux des limites juridiques à la connaissance du fondement du comportement des usagers en tunnel qui nous amène à pointer d'autres limites ;

- un diagnostic des pratiques en matière de retour d'expérience au sein des sociétés partenaires du projet ACTEURS ;
- la proposition des premiers éléments de typologie des comportements porteurs d'apprentissage autour desquels pourraient s'organiser la vigilance et la collecte des évènements.

Les enseignements issus de cette activité sont abordés en filigrane tout au long du document.

✴ **Améliorer la prise en compte de l'usager dans la définition des stratégies de sécurité des tunnels**

Une activité vise à questionner les fondements de la **réglementation de l'inter-distance** dans certains tunnels et les moyens mis en œuvre pour son application (exemple : contrôle-sanction automatisé) en référence aux comportements réels des conducteurs. Une seconde activité repose sur l'élaboration d'une **fiche consignes de sécurité graphique**.

✴ **Améliorer la formation et l'information des usagers sur les particularités de la sécurité en tunnel**

Une activité concerne la prise en compte de l'environnement spécifique tunnel dans les questions relatives à la sécurité des tunnels dans l'**épreuve théorique générale du code de la route**. Par ailleurs, les éditeurs de document pédagogiques (Code Rousseau, etc.) ont mis leur publication à jour.

Une autre activité est relative à la formation et l'information des conducteurs professionnels sur les particularités de la sécurité des tunnels du Fréjus et du Mont-Blanc. Elle vise à mettre en œuvre des attitudes et des comportements attendus dans ces ouvrages et est en lien avec la fiche de consigne.

✴ **Aider les usagers à mieux comprendre l'environnement des tunnels et favoriser l'apparition des comportements attendus**

Cette activité consiste à rechercher les moyens d'aider les usagers à s'approprier les six tunnels du contournement de Nice en travaillant notamment à réduire la **surcharge mentale** occasionnée par la traversée d'un tunnel.

3.3.3. Le projet « auto-évacuation » (DIRIF)

Le réseau des voies rapides urbaines gérées par l'Etat en Ile de France comporte vingt-deux tunnels de plus de 300 mètres de longueur. Une opération de mise aux normes et de sécurisation de ces tunnels a été lancée par la DIRIF[17] (Magnin & Noizet, 2007) qui a notamment mis en place le projet « auto-évacuation ». Ce projet concerne les aménagements permettant de faciliter l'évacuation et la protection des usagers et des secours en cas notamment d'incendie de forte puissance.

Une partie du travail est centrée sur les dispositifs d'auto-évacuation visant à faciliter l'évacuation des usagers par eux-mêmes et d'en réduire le temps. Comme le note Lavedrine et Baudet (2008), une méthode de travail interactive a été utilisée en phase de

[17] Direction Interdépartementale des Routes d'Ile de France.

conception. La méthode a permis de concevoir le dispositif d'accompagnement de l'auto-évacuation par étapes. Dans un premier temps des séances de créativité regroupant des spécialistes du monde des tunnels ont permis de proposer différents dispositifs qui ont été testés sur papier auprès d'un premier panel d'usagers. A partir de cette évaluation, les propositions ont été affinées et suivies d'une nouvelle série de tests sur papier auprès d'usagers. A la suite de quoi, **une expérimentation en vraie grandeur** a été réalisée sur le site du tunnel de Thiais FFF. Un panel d'usagers volontaires a testé les dispositifs, les observations et les commentaires ont été faits à « chaud ».

Au cours de cette évaluation, les usagers recrutés pour l'occasion ont été placés dans différentes situations afin d'évaluer la perception et la compréhension de la signalétique statique et dynamique (Magnin & Noizet, 2008). Celle-ci comporte trois séquences.

➘ La première met en jeu huit usagers en **situation de conduite** dans l'ouvrage. Il s'ensuit un débriefing individuel et un questionnaire collectif. Le scénario vise à vérifier que les usagers voient les équipements en place et remarquent l'ensemble niche/issue maquettée par rapport aux autres ensembles non maquettés dans le tunnel.

➘ Dans un second test, la maquette est évaluée avec deux usagers mis en **situation de panne** avec comme consigne de ralentir puis de s'arrêter au droit de la maquette. Le comportement est étudié à partir de l'observation de celui-ci, d'un débriefing individuel et d'un questionnaire. L'objectif est de vérifier que les usagers adoptent les comportements attendus c'est-à-dire qu'ils distinguent les niches des issues et qu'ils en comprennent le rôle afin d'adapter leurs actions en conséquence (déplacement vers la niche et utilisation du poste d'appel d'urgence).

➘ Dans la troisième séquence, dix usagers sont mis en **situation d'auto-évacuation** dans l'ouvrage. Par mesure de sécurité, les conditions d'arrêt sont recréées (simulation d'embouteillage) puis le dispositif d'alerte maquetté est mis en fonctionnement. L'analyse repose sur les observations du comportement des usagers par des observateurs placés à l'intérieur des véhicules, sur un débriefing individuel (questionnaire) et un débriefing collectif. Il s'agit de vérifier que les usagers perçoivent et comprennent les équipements puis qu'ils adaptent leurs actions en conséquence : distinction niche/issue ; déplacement vers les issues (non utilisation des niches) ; évacuation sans retour en arrière (Magnin & Noizet, 2008).

Les principaux résultats de cette évaluation seront présentés dans le chapitre 8 lorsque nous aborderons les résultats issus des exercices de sécurité qui contribuent à notre recherche.

4. Bilan sur les comportements de conduite et d'évacuation

Ce deuxième chapitre a été l'occasion de préciser le cadre théorique qui entoure notre objet de recherche et qui se rapproche progressivement de notre pratique. La définition des concepts théoriques s'est poursuivie et a pris appui sur les connaissances existantes autour du comportement humain « in-situ » : la conduite automobile, l'évacuation en cas d'incendie en bâtiment et en tunnel routier. Ces connaissances donnent des éléments de précision sur notre problématique. Existant peu d'études sur le comportement humain en tunnel routier, nous avons pris comme référence celles menées dans des domaines avancés de la recherche en matière de conduite automobile et d'évacuation face à un incendie.

Lorsqu'un événement survient dans un tunnel routier, l'usager qui emprunte l'ouvrage est à bord de son véhicule. Afin de mieux comprendre le contexte dans lequel il se situe au moment où l'incendie se déclare, nous avons pris pour référence les études modélisant cette activité et en particulier l'approche de l'INRETS qui étudie depuis de nombreuses années ces questions. Elle souligne l'**importance de la lisibilité de la route** et la met en perspective avec certaines « erreurs » de conduite qui peuvent mener à l'accident. Une étude récente met également en avant l'absence d'intériorisation de la règle dans la transgression de cette dernière (Gaymard, 2006a, 2006b).

Nous avons ensuite développé les concepts utilisés dans les études sur le comportement humain lors de situations de danger qui sont les plus abouties à ce jour sur ce sujet. Des similitudes avec le contexte des tunnels routiers apparaissent. Ces études démontrent que les dispositions de sécurité sont parfois construites sur la base de certains *a priori* et que le comportement attendu est également différent de celui observé. En effet, en présence d'une sirène d'alarme la réaction et la mise en sécurité des personnes n'est pas immédiate.
Le terme panique devrait être évitée car il est peu représentatif des comportements pendant les situations d'urgence (Proulx, 2001a, 2006 ; Proulx & al., 2006). Les comportements peuvent paraître complexes mais quelques concepts tels l'engagement ou la familiarité aident à prédire les réponses les plus courantes. De même, les caractéristiques des occupants, du bâtiment et de l'événement peuvent être une aide à la compréhension.
Ces études nous apprennent également qu'il est difficile pour les usagers d'interrompre leur activité en cours (faire des achats dans un magasin, quitter son travail, quitter une séance de cinéma, etc.). *« Dans ces contextes, le simple fonctionnement d'une sirène ne suffit pas à déclencher l'évacuation. Seul un changement radical de l'environnement fait prendre conscience du basculement de la situation et de la nécessité d'évacuer (arrêter la musique dans un magasin, allumer la lumière et interrompre la diffusion du film dans un cinéma, arrêter un match, etc.). »* (Lavedrine & Baudet, 2008, p. 556). **Apparaît ici la nécessité d'envoyer un message fort pour informer de l'obligation d'évacuer.** Selon Proulx et Sime (1991), **ce message est d'autant plus efficace qu'il associe et enchaîne des modes de communication visuels et auditifs**. Enfin, ces études soulignent que dans

un lieu public, les personnes attendent d'être prises en charge par une autorité et que leur manque de réaction initiale s'explique également par la peur d'avoir une réaction inappropriée par rapport à une situation qui finalement ne s'avèrerait pas catastrophique.

Dans la suite de ce chapitre, nous avons fait le point sur les actions menées auprès des usagers en tunnel routier. Ces dispositifs de communication sont apparus peu homogènes et les consignes étant souvent adaptées à un tunnel en particulier, il y a peu d'homogénéité dans les actions. S'il existe des similitudes par rapport aux démarches précédemment évoquées, **le domaine des tunnels routiers est aux prémisses du questionnement sur les facteurs humains**. Les connaissances issues des études sur la conduite automobile et l'évacuation n'ont pas suffisamment été prises en compte. A l'image de ces contextes, certaines idées préconçues ont rendu difficile l'évolution des démarches. Jusqu'en 2003, pour répondre aux besoins de la société, la démarche de gestion de la sécurité qui a prévalue est celle du contrôle-sanction. N'étant pas aisé pour un ingénieur de mettre en place des méthodes d'analyse et de compréhension issues des sciences humaines, il est apparu aussi bien aux exploitants qu'au CETU la nécessité de traiter cette question. Avant 2006 en France, nous avons identifié quelques projets travaillant sur ces aspects : l'étude menée par la DREIF[18] sur la connaissance du comportement des usagers dans les tunnels des voies rapides d'Ile-de-France (CETU, 2005b) et l'étude conduite par l'Université Pierre-Mendès France de Grenoble (Gandit & al., 2009) à laquelle le CETU a contribué.

Les travaux menés sur le comportement des usagers en situation normale ou de crise en tunnel routier dans le cadre du projet ACTEURS ont montré que les sources de connaissances sur ce sujet sont peu nombreuses et peu homogènes d'autant plus qu'il est difficile d'identifier et de prendre contact avec les protagonistes d'un évènement.
Certains personnels « exploitant » sont des observateurs privilégiés des comportements des usagers. Si la masse d'informations collectée au quotidien est importante, les observations des exploitants portent essentiellement sur des comportements jugés inadaptés ou inacceptables. **Le manque de cadre de référence pour comprendre les comportements humains rend difficile leur capitalisation et leur exploitation.** Les études concernant les usagers et leurs comportements sont restreintes et se résument pour la plupart à quelques études opérationnelles (évaluation des inter-distances, de la vitesse, etc.) et à quelques enquêtes réalisées auprès des usagers. Ces études ne s'attachent pas à comprendre les mécanismes psychologiques fondamentaux (perception, représentation, etc.) des usagers en jeu lors d'un événement en tunnel et ainsi ne permettent pas d'expliquer le fondement du comportement des usagers. L'expérience la plus aboutie sur ce sujet est celle du TNO aux Pays-Bas qui s'est attaché à comprendre les comportements des usagers au cours de situations d'accident en tunnel.

[18] Direction Régionale de l'Equipement en Ile-de-France.

L'analyse du comportement des usagers et de la réaction du système tunnel (infrastructure et exploitant) face à ce comportement aussi bien en situation de routines qu'en situation potentiellement source de danger est un champ prometteur qui s'ouvre pour l'analyse des risques en tunnel et pour l'évolution du niveau de sécurité.

Chapitre 3. Gestion des risques et système tunnel

L'homme est confronté au quotidien à différents risques qu'il rencontre au fil de ces activités. De nombreux domaines (social, économique, etc.) s'intéressent depuis plusieurs siècles à ces risques dans la perspective de mieux les appréhender et de les maîtriser. Depuis les années 1930, les avancées technologiques ont rendu les systèmes industriels de plus en plus complexes. Les modèles et travaux de recherche menés dans les cindyniques montrent que la sécurité des systèmes complexes nécessite aujourd'hui d'adopter une approche globale de la gestion des risques et des accidents.

Dans un premier temps, ce chapitre vise à présenter les cindyniques, troisième regard théorique, et les principaux concepts traités dans cette approche qui entourent notre objet de recherche. Dans un second temps, le contexte dans lequel s'insère notre étude et plus particulièrement notre terrain d'application seront abordés.

1. Les cindyniques et la gestion des risques

1.1. Les cindyniques : une science pluridisciplinaire

1.1.1. Définition

Le terme « cindynique » est de création récente (Wybo, 2002). Il a été inventé par l'université de la Sorbonne et apparaît pour la première fois dans le journal Le Monde en 1987 et dans le dictionnaire Larousse, quelques années plus tard, avec la définition suivante : *« Ensemble des sciences et des techniques qui étudient les risques (naturels et technologiques) et leurs préventions. »* (Larousse, 2003, p. 217).

D'après Kervern et Boulenger *« Le terme vient du grec kindunos qui signifie le danger. » « Les cindyniques sont une science et regroupent ce que l'on appelle, un peu familièrement, les* ***sciences du danger****. »* (2007, p. 1). Kervern et Wybo les définissent ainsi : *« Science visant à rendre intelligibles et donc prévisibles, les dangers, les risques qui en découlent, endogènes et exogènes au sein d'un système et de permettre de les réduire. »* (2002, p. 34).

Les cindyniques désignent les **divers aspects des recherches sur le danger**. Il s'agit d'un vaste espace qui couvre des domaines techniques, scientifiques mais également sociologiques (Wybo, 1998). Ces études peuvent être décomposées en trois parties :

- **l'observation** de situations porteuses de danger ;
- **l'analyse et l'évaluation** des dangers ;
- **la gestion** des dangers.

L'approche de Kervern, fondateur des éléments théoriques des cindyniques, tend à fédérer différentes disciplines qui concourent à l'analyse et la compréhension des dangers et des risques dans les systèmes socio-techniques complexes (Kervern & Rubise, 1991). En effet, il remarque que *« Les développements actuels permettent à l'approche cindynique d'investir des champs d'application très divers et trouvent une pertinence dans les domaines : de la psychologie, […] de l'appréhension et la résolution des crises majeures. »* (Kervern & Boulenger, 2007, p. 2).

Les cindyniques proposent un cadre de formalisation qui permet de décrire, d'analyser et de gérer les situations. Elles fournissent une **formalisation globale des risques et des dangers**. L'objet d'étude est la situation porteuse de danger (situation cindynique) (Wybo, 2002). Elle peut être représentée de différentes façons dont nous reparlerons plus en aval.

1.1.2. Evolution dans le temps : prise en compte des facteurs humains et organisationnels

Pour faire face à l'augmentation de la complexité des systèmes et maintenir un niveau suffisant de sécurité, les recherches ont porté sur différents aspects des systèmes socio-techniques. Il est possible de trouver un consensus entre les auteurs sur l'existence de trois générations (Kervern & Wybo, 2002 ; Kervern & Boulenger, 2007 ; Morel, 2007). Cependant selon le domaine considéré et son évolution, leur enchaînement et leurs caractéristiques ne sont pas toujours les mêmes. Nous retenons ce qui est commun dans les approches de l'analyse et de la gestion des risques. Selon nous, elles peuvent se décomposer à partir de trois points de vue : technique, individuel et organisationnel.

1.1.2.1. Approche technologique

Selon Kervern et Wybo (2002), la première génération s'est formée à partir des réflexions sur les évènements de Bhopal (1984), Tchernobyl (1986) et Challenger (1986). Elle correspond aux **premiers efforts en matière de sécurité qui ont porté sur le développement de méthodes et outils visant à fiabiliser les composants techniques des systèmes**. Leur mise en oeuvre s'est traduite par une diminution très nette des accidents attribués aux défaillances techniques (Morel, 2007).

Soulignons dans cette approche, le point de vue de Lagadec (2003) qui parle de **risque technologique majeur** et fait l'hypothèse que derrière les « séries » de catastrophes existe un générateur de catastrophes. L'étude du processus de production des catastrophes (involontaires) est assimilé à un processus industriel de production qui doit être décrit de façon scientifique pour être maîtrisable (Kervern & Wybo, 2002).

1.1.2.2. Approche individuelle

Par la suite, un certain nombre d'accidents industriels majeurs ont fait apparaître que l'opérateur humain constituait un facteur « d'infiabilité ». Le besoin de fiabiliser la composante humaine s'est alors imposé comme une évidence. **Les principes quantitatifs issus de la sûreté de fonctionnement et un certain nombre de méthodes visant à améliorer la fiabilité humaine ont été élaborés.** Cependant, plusieurs accidents dont

Three Miles Island (1979) ont fait prendre conscience des limites de ces méthodes de quantification des erreurs et de la nécessité de développer de nouveaux cadres de description visant à mieux appréhender la composante humaine dans sa dimension cognitive (Morel, 2007).

La psychologie ergonomique a apporté ces cadres de description, notamment grâce aux travaux ayant été réalisés sur la modélisation du fonctionnement cognitif des opérateurs (Rasmussen, 1987) et ceux ayant porté sur l'erreur humaine (Reason, 1990).

L'image des opérateurs humains a évolué. Jusqu'alors considéré comme le maillon faible du système, de part son inattention, ses « limites » intellectuelles ou ses comportements « déviants », **la prise en compte par l'ergonomie des aspects humains a permis de faire évoluer la compréhension à propos du « facteur humain »** (Chevreau, 2008). Des spécialistes des sciences humaines (ergonomie, psychologie, organisation, etc.) ont commencé à être impliqués dans la conception des salles de contrôle, l'analyse des risques, la formation des opérateurs ou l'aide à la décision (Amalberti, 1996 ; Hoc & Amalberti, 2003). Leur contribution vise l'amélioration des conditions dans lesquelles s'effectue l'activité de l'homme et porte sur de nombreux aspects (interfaces homme-machine, présentation des informations, etc.).

Cependant, comme le notent Kervern et Wybo (2002), *« Ce sont évidemment les erreurs et les défaillances humaines, mais aussi la capacité des individus et des organisations à résister aux situations de danger, qui ont très rapidement conduit les recherches sur le danger à prendre en compte les facteurs humains et organisationnels, ainsi que les questions de Culture. »* (p. 34).

1.1.2.3. Approche organisationnelle

Selon Morel (2007), l'objectif d'évitement total de l'erreur a rapidement été abandonné et la sécurité s'est naturellement déplacée vers une perspective plus systémique (Reason 1990, 1997 ; Rasmussen, 1997). En effet, la série d'accidents majeurs survenus entre 1985 et 1990 (Bhopal, Tchernobyl, Challenger, etc.) a mis en évidence que **les causes de ces accidents pouvaient se situer au niveau des sphères managériales et organisationnelles** des systèmes complexes et non pas uniquement au niveau du travail réalisé par les opérateurs humains.

La sociologie s'intéresse vivement à ce type d'approche en examinant plus particulièrement **le rôle des organisations dans la genèse des accidents**. Deux approches majeures ont été développées. La première est centrée sur les accidents qui surviennent au niveau des sphères organisationnelles des systèmes (Turner, 1978 ; Vaughan, 1996, 1999 et 2005) et la deuxième s'intéresse davantage à la manière dont les organisations peuvent jouer un rôle en matière de sécurité (culture de sécurité, etc.). Par la suite, de nombreux chercheurs en psychologie ergonomique se sont inscrits dans cette mouvance. Ils portent notamment un **intérêt aux situations dynamiques complexes (aéronautique, rail, nucléaire, etc.), aux études de terrain et aux arbitrages de sécurité réellement opérés par les opérateurs** (Amalberti, 2001 ; Hoc & Amalberti, 2007).

D'après Perilhon et Londiche (2003), *« Nous sommes passés d'une démarche déterministe et probabiliste, essentiellement centrée sur les procédés industriels, à une approche systémique qui souligne les points de vue quelquefois contradictoires des différents acteurs. L'importance du facteur humain et de la composante « gestion des risques » sont aujourd'hui reconnus. Les dysfonctionnements observés mettant en cause les facteurs humains et organisationnels sont de plus en plus nombreux et constituent les domaines où des progrès sensibles sont attendus. La mise en place de modèles s'est imposée. »* (p. 53).

Le terme « maîtriser » est utilisé pour traduire l'association d'une connaissance des risques et d'une volonté d'agir pour prévenir les causes et protéger des conséquences. **Les objectifs de la maîtrise des risques sont de supprimer ou de réduire les éléments dangereux, mais aussi d'être capable de réagir de manière appropriée quand le risque se transforme en accident ou en crise** (Wybo, 2004b ; Wybo, Colardelle & Guinet, 2005). Pour atteindre ces objectifs, les organisations mettent en place des moyens et des stratégies de prévention, de protection et d'intervention. Cependant, le terme maîtriser peut avoir plusieurs définitions et renvoie à des notions de perfection, de capacité à se rendre maître de forces difficilement contrôlables alors que gérer la crise ou un problème se définit comme administrer les choses **au mieux** malgré une situation difficile (Larousse, 2003). Nous préférons utiliser le terme **gérer** car notre approche repose sur la prise en compte des facteurs humains qui, selon nous, ne peuvent être parfaits et totalement contrôlables même si les apports de l'ergonomie permettent de se rapprocher au plus près du comportement attendu.

1.2. Quelques concepts

Nous allons présenter les éléments essentiels des concepts abordés dans l'approche cindynique. L'intérêt est plus particulièrement porté à ceux pris en compte et repris pour élaborer notre méthode de retour d'expérience.

1.2.1. Du danger au risque

1.2.1.1. Eléments de définition

Donner une définition précise du danger et du risque n'est pas chose aisée (Nicolet, 2002 ; Denis-Remis, 2007). **Ces notions sont distinctes.** Selon Peretti-Watel (2003) « *L'une des origines étymologiques du mot « risque » renvoie à l'italien risco ou à l'espagnol riesgo. […] Ce mot apparaît au 15ème siècle, avec l'avènement de l'assurance maritime en Italie. […] Apparaît alors une différence essentielle entre risque et danger : le second terme vient du latin dominarium, le pouvoir de dominer, qui implique la présence d'une volonté adverse qui contraint l'individu, se rend maître de lui. Au contraire, le risque est un danger sans cause, accidentel.* » (pp. 60-61). D'après Leplat (2003), à un même danger peuvent correspondre des risques divers selon les circonstances et les individus (Denis-Remis, 2007).

Toutefois, ces deux notions sont intrinsèquement liées et ne peuvent être définies l'une sans l'autre. En effet, selon Denis-Remis (2007), la seconde découle directement de la première. **Le risque est défini comme la possibilité qu'un danger s'articule**, c'est-à-dire

entraîne effectivement des dommages dans des conditions déterminées. *« Le danger est un objet matériel alors que le risque est un objet « immatériel ». Si un danger peut être perçu, un risque ne peut pas se percevoir. Il va se représenter. »* (p. 14).
« Le risque est une construction mentale, il est généralement évalué par une combinaison de facteurs (fréquence et gravité par exemple) proposés par des experts, mais il n'a pas de manifestation tangible, contrairement au danger (chute, explosion, feu, etc.). » (Wybo, Ducloy & Roche, 2005, p. 34).

Les définitions existantes du risque ont comme volonté commune d'**associer la combinaison de la conséquence des effets constatés (ou potentiels) avec sa fréquence d'occurrence ou sa probabilité** (Nicolet, 2002 ; Denis-Remis, 2007). Les actions visant à diminuer la fréquence d'occurrence ou la probabilité d'un événement sont des **mesures de prévention**. Les actions qui agissent en diminuant la gravité des conséquences potentielles sont des **mesures de protection**. Cette représentation vise à permettre à chacun une meilleure appréciation des situations potentiellement dangereuses (Nicolet, 2002).

« Généralement, trois types de risques sont associés à l'industrie : les risques d'accidents du travail, les risques de maladies professionnelles et les risques d'accidents majeurs. » (Denis-Remis, 2007, p. 19). Pour identifier les réponses des organisations aux situations dangereuses, Wybo (2004b, 2006) propose une classification des risques en deux catégories : **les risques de dommages et les risques de crise**.
« Les risques de dommages correspondent à des situations qui ont été étudiées et pour lesquelles des mesures de prévention et de protection ont été prises par l'organisation. En d'autres termes, il existe un plan d'action. Les risques de crises, au contraire, correspondent à des situations pour lesquelles il y a eu peu d'anticipation et il n'existe aucune expérience antérieure. Il n'y a pas de plan d'action ou bien il est inadéquat ou inopérant. » (Wybo, 2004b, p. 148*). « Tout ce qui peut être anticipé correspond à des risques de dommages, tandis que les situations imprévues ayant le potentiel de déstabiliser l'organisation correspondent à des risques de crises. »* (Wybo, 2004b, p. 149).

1.2.1.2. Perception et acceptabilité des risques

La communauté scientifique travaillant sur ce domaine reconnaît que la définition du risque est sujette à controverse et pour certains aucune définition du risque correcte ou appropriée à tous les problèmes n'est atteignable (Denis-Remis, 2007). En effet, **la notion de risque n'est pas la même pour tous** (Nicolet, 2002 ; Wybo, Ducloy & Roche, 2005 ; Denis-Remis, 2007). La perception qu'en ont les acteurs diffère en fonction de leur formation, de leur expérience et des seuils qui leur paraissent acceptables.

Si certains risques sont acceptés, d'autres ne le sont pas. L'expérience montre que les personnes ne mettent pas le même poids, ni ne donnent la même signification à chacun des facteurs utilisés pour définir le risque. Elles ont tendance à sous-estimer, à minimiser les risques pris individuellement pour satisfaire nos passions (compétition automobile, alpinisme, etc.) ; par contre face à des risques minimes ou très faibles, mais imposés par d'autres (implantation d'une centrale nucléaire, utilisation d'insecticides etc.), elles auront tendance à les sur-évaluer (Nicolet, 2002 ; Denis-Remis, 2007).

Denis-Remis (2007) met en exergue la différence qui peut exister entre **la conception experte du risque et celle du profane**[19] qui renvoie à tout un chacun. *« Le risque, tel qu'il est conçu et évalué par les méthodes statistiques sur des groupes d'effectif élevé, ne coïncide pas forcément avec le risque tel qu'il est conçu par l'individu. »* (p. 83). Les comportements humains ne s'alignent pas sur les risques « objectifs ». Ces attitudes sont souvent jugées irrationnelles par les experts alors qu'elles sont gouvernées par une certaine rationalité : les « profanes » ont de bonnes raisons de faire ce qu'ils font et de croire ce qu'ils croient. Simplement, ces « bonnes » raisons ne sont pas nécessairement les raisons « justes » perçues par les « experts ». Ainsi, les mesures de prévention construites du seul point de vue de l'expert peuvent ne pas être appliquées par les personnes à qui elles sont destinées car il est possible qu'elles ne comprennent pas leur bien-fondé.

Sur un plan individuel, l'acceptabilité est à relier à ce qui est défini comme « perception du risque » par différents auteurs (Slovic, 1987, cité par Denis-Remis, 2007, p. 16). L'étude de la perception des risques pose indirectement la question des comportements vis-à- vis de ces risques. **Le risque est une construction individuelle qui va être pondérée et modifiée par les éléments sociaux.** Selon Poumadère et Mays (2003), on parlera d'amplification sociale du risque. Il est intéressant de chercher à comprendre comment les individus se représentent le risque dans un objectif de prévention. De nombreux chercheurs se sont penchés sur cette question.

L'un des principaux facteurs qui altère la mesure objective du risque est **le biais d'optimisme**. Engendré par un sentiment surestimé de contrôle de la situation, il conduit à minimiser les risques en faisant apparaître les issues positives d'un évènement plus probables que les issues négatives (Understanding human factors, 2006).
D'après Courbet (2003), *« L'optimisme comparatif est la tendance à évaluer son propre avenir plus favorablement que l'avenir d'autrui (Weinstein, 1980). C'est un mécanisme affectif et cognitif qui permet au récepteur de diminuer la peur qu'il ressent à la suite du traitement d'un message mettant en évidence un danger pour sa propre personne. Kirscht et al. (1966) ont montré que les gens, d'une part, se sentent relativement invulnérables lorsqu'un événement est perçu comme très menaçant. A contrario, ils considèrent les autres comme étant bien plus vulnérables qu'eux. »* (pp. 107-108).

Il en est de même pour la perception du risque de la route. Selon Flory (1999), les usagers de la route méconnaissent les risques auxquels ils sont exposés et en particulier le risque physiologique résultant du choc du véhicule et de ses passagers contre un obstacle.

1.2.2. Pour une définition des évènements

En général, la crise est le premier objet étudié et le plus fréquemment compte tenu de l'ampleur des évènements et souvent de l'impact médiatique qui en découle. Cependant, le niveau de sécurité atteignant une asymptote, les signaux faibles et précurseurs sont de plus en plus pris en compte. Ces notions peuvent être décrites différemment selon le domaine et l'objet d'étude.

[19] Acteurs non initiés à la maîtrise des risques.

Aujourd'hui en tunnel routier, il n'existe pas de définition des évènements commune et générique utilisée par l'ensemble des professionnels. Afin de proposer une typologie des évènements, nous avons pris comme point de repère les définitions données en sécurité routière. Celles-ci nous permettent d'aborder la notion d'accident et d'incident. Pour les autres notions nous nous référons aux approches cindyniques. Nous évoquons les éléments généraux dégagés de ces points de vue permettant au cours de la recherche de donner une définition des évènements en tunnel routier.

Nous partons de la notion d'**événement** qui peut être défini comme *«Un fait positionné dans le temps et l'espace. »* (Nicolet, 2002, p. 4). Certains présentent un caractère négatif, d'autres s'avèrent positifs (boucles de rattrapage). Selon nous, il existe plusieurs types d'évènements qui peuvent être définis en fonction de leur niveau de gravité mais aussi de leur potentiel d'apprentissage.

1.2.2.1. Crises

La crise peut emprunter **différentes formes** (Gatot, 2000 ; Saucin, 2007). Elle peut être économique, technique, écologique, etc.. Comme le souligne Gatot (2000), les définitions et caractéristiques de la crise varient suivant les champs d'intervention. Cet auteur définit la crise comme un **processus à la fois dynamique, stratégique et transformant**. C'est *« Un processus perçu comme complexe, dynamique, peu maîtrisé, laissant peu de temps de réaction, représentant une menace pour la survie de l'organisation et transformant l'organisation.* » (p. 6).

En effet, pour Gatot, une situation de crise qui n'évolue plus et dont les données sont connues et stables n'est plus considérée comme une crise par les décideurs. Ceux-ci sont confrontés à des situations non connues, dont ils n'ont pas la maîtrise et par rapport auxquelles ils doivent prendre des décisions empreintes d'urgence, d'ambiguïté, de complexité, de stress et d'incertitude (Gatot, 2000 ; Latiers & Jacques, 2007). Le processus de crise engendre des **transformations dans les organisations atteintes par la crise et dans des organisations qui y sont liées**. Ces transformations peuvent concerner les conséquences directes (pollution, incendie, etc.) et/ou indirectes (changement de législation, etc.) de la crise. Elles peuvent également être induites par différentes formes d'apprentissage.

Kervern et Boulenger (2007) définissent la crise comme *« Une situation non ordinaire, dont la soudaineté, la gravité, l'intensité, la complexité ou les conséquences présentent un risque de désorganisation des réseaux. »* (p. 55).
Selon Wybo (2004b), le débordement d'une organisation vers une crise peut se définir comme **la combinaison de plusieurs facteurs**. Ce sont :

- la surprise ;
- la vitesse de développement ;
- l'extension sur le terrain et en nombre d'intervenants ;

- l'incertitude et les dissonances[20] entre intervenants, avec le public et avec les médias ;
- le manque de flexibilité dans les processus de prise de décision ;
- le manque de ressources disponibles et d'options de réponse ;
- la perte des moyens de communication ;
- les cascades d'événements et effets « domino ».

Cette situation conduit à la perte du contrôle global de la situation et au développement d'une série de boucles ouvertes. A tous les niveaux, les acteurs décident des actions avec une information réduite ou imprécise sur la situation et sur l'effet de leurs actions (Wybo, 2006).

1.2.2.2. Les accidents et incidents

Parmi les différents types d'évènements, les accidents et les incidents sont souvent analysés dans la gestion des systèmes à risques. La notion d'accident et d'incident est appliqué au contexte dans lesquels ils apparaissent et varie d'un domaine à l'autre, voire d'une entreprise à une autre. Celle appliquée au domaine aérien n'est pas la même que celle appliquée au domaine routier. En nous référant au Bureau d'Analyses des Risques et Pollutions Industrielles[21] (2005), les limites entre les différents critères retenus pour classifier les causes d'un accident restent fluctuantes d'un analyste à l'autre. Nous limiterons notre exposé à une définition générale de ces notions afin de montrer le point commun entre les différents points de vue. Dans la suite du document, nous apporterons des précisions sur la définition de ces termes par rapport au domaine des tunnels routiers.

Un accident peut être défini comme un événement aléatoire, fortuit, qui entraîne des dommages vis-à-vis des personnes, des biens ou de l'environnement ou qui entraîne un engagement de responsabilité (Larousse, 2003). Le terme incident désigne un accident ayant des conséquences bénignes. La principale distinction qui existe au sein des différentes définitions est la notion de gravité.

1.2.2.3. Des signaux faibles, précurseurs et presque-accidents

Selon Amalberti et Barriquault (1999), le bon niveau de sécurité des grands systèmes techniques a pour conséquence de moins en moins d'accidents et d'incidents graves et fait déplacer l'intérêt vers les évènements mineurs, « quasi-accidents » ou « presque-accidents».

Un **presque-accident** est une séquence accidentelle qui n'a pas abouti à un accident mais qui, dans d'autres circonstances, aurait très bien pu y aboutir (Lim & al., 2002).

Les accidents résultent souvent de causes multiples précédées de **signes précurseurs plus ou moins apparents** et dont l'importance a été sous-estimée. La détection et la gestion de ces signaux faibles méritent pourtant d'être analysées dans les entreprises pour mettre en

[20] Par « dissonance », nous entendons les écarts de perception ou de connaissance entre personnes ou organisations.
[21] BARPI.

place des remèdes et suivre leur efficacité dans la durée. Ce processus d'amélioration continue de la sécurité des installations est indispensable pour éviter les chemins critiques susceptibles de conduire à l'accident grave (BARPI, 2005).

Selon Blanco et Lesca (2003), aucune définition claire de ce concept n'a été donnée, seulement des commentaires au sujet de sa nature ont été émis. De plus en plus de travaux sont mis en place autour de ce concept (Mevel, 2004 ; Brizon, 2009) et permettent d'enrichir la recherche.
« Un signal peut être faible par ses apparences et sa « saisissabilité » mais potentiellement très fort, en ce sens qu'il peut « annoncer » quelque chose de très important pour une personne capable de le capter et de l'interpréter. » (Lesca, 2001, p. 1).
Pour Lesca et Dourai (2004) *« La veille stratégique consiste à surveiller et à anticiper l'évolution de l'environnement, présent et potentiel (clients, concurrents, fournisseurs, etc.), d'une entreprise. »* (p. 111). Elle cherche à créer du sens à partir de la détection et de l'exploitation des signaux faibles, également appelés **signes d'alerte précoces**, captés dans l'environnement. *« Afin de parvenir à capter ces signes, certaines entreprises, ont mis en place un dispositif constituant le support du processus de veille stratégique. Ce dispositif permet alors de traquer les informations en vue de les consolider, de les recouper, de les valider et d'amplifier les signes de faible intensité à l'origine. »* (p. 113).

1.2.3. La culture de sécurité

Initié il y a quelques années, ce concept est aujourd'hui fortement mobilisé sur le plan « politique » de la maîtrise des risques. Si ce concept est très largement usité, sa signification, tout comme celle de risque, est **polysémique**. En effet, la notion de culture de sécurité intègre elle-même celle de risque. D'ailleurs, les termes de « culture du risque », « culture de sûreté » et « culture de sécurité » sont souvent utilisés comme synonymes en fonction du contexte (Denis-Remis, 2007).

Les premières définitions sont données par **l'Agence Internationale de l'Energie Atomique** (AIEA) dans les années 90. **Cette notion est issue du retour d'expérience de l'accident de Tchernobyl pour mettre l'accent sur les dimensions organisationnelles et humaines de la maîtrise des risques.** L'AIEA (1991) définit la culture de sûreté comme : « *L'ensemble des caractéristiques et des attitudes qui, dans les organismes et chez les individus, font que les questions relatives à la sûreté bénéficient, en priorité, de l'attention qu'elles méritent en raison de leur importance*. » (Reiman & al., 2005 ; Denis-Remis, 2007 ; Chevreau, 2008).

Laissée volontairement relativement vague de manière à ne pas être trop contraignante, cette définition a été rapidement et massivement reprise dans l'ensemble des secteurs industriels (Denis-Remis, 2007 ; Chevreau, 2008). Cette définition est toujours utilisée aujourd'hui.

Denis-Remis (2007) reprend la notion de culture définie par Rocher (1968). La culture est *« Un ensemble lié de manières de penser, de sentir et d'agir plus ou moins formalisées qui, étant apprises et partagées par une pluralité de personnes, servent, d'une manière à la fois*

objective et symbolique, à constituer ces personnes en une collectivité particulière et distincte. » (p. 136). Dans cette définition apparaît la notion d'action partagée dans un collectif. **A travers la culture les personnes élaborent et intériorisent le système de croyances qui fait corps avec leur vision du monde et influence leur interprétation des situations.**

L'auteur différencie la notion de **culture du risque** et de **culture de sécurité**. La première est *« Un ensemble de représentations partagé par un collectif autour de l'objet risque. »* (p. 136) et ne renvoie qu'à des représentations. La seconde est considérée comme *« Un ensemble d'actions partagé par un collectif pour réduire à un niveau acceptable un ou des risques. »* (p. 137) qui renvoie également à des actions.

Selon Hubert et De Vanssay (2006), la culture participe à l'amélioration de l'efficacité des mesures de prévention et permet de faire connaître les attitudes souhaitables à adopter pour limiter les conséquences des événements majeurs. Son développement suppose la production d'un langage commun aux acteurs concernés et la mise en place d'un référentiel collectif capable de faire évoluer les comportements face à une situation de risque. Ceci suppose de favoriser le dialogue entre acteurs et de dynamiser la circulation des informations.

1.2.4. L'apprentissage organisationnel

D'après Wybo (2004b), l'apprentissage organisationnel est une notion qui a plusieurs sens et dont la définition varie selon les auteurs (création et modification de routines, acquisition de connaissances et compétences individuelles utiles à l'organisation, etc.). Il induit des modifications dans l'organisation et s'inscrit dans une perspective de changement.

Pour Gatot (2000), *« Avec l'apprentissage, l'organisation analyse l'efficacité de ses actions passées afin d'améliorer l'efficacité de ses actions futures. »* (p. 16). En tant que processus d'adaptation de l'organisation à son environnement, l'apprentissage organisationnel constitue un **élément clé du comportement dynamique de l'organisation**.

L'apprentissage sur les crises présente des limites telles le nombre insuffisant d'expériences (peu d'expériences directes) par rapport à la complexité et à la dynamique de l'environnement ou encore la tendance au rejet des expériences contradictoires du passé et la focalisation sur le court terme au détriment du long terme (Gatot, 2000).
L'acquisition de connaissances et compétences ne se limite pas aux crises vécues. D'autres types d'apprentissage peuvent être distingués : l'apprentissage congénital (échanges sur la base des connaissances acquises par ses fondateurs), l'apprentissage par expérience directe (sur la base de crises vécues, de simulations et des quasi-accidents, des incidents), l'apprentissage vicariant (à partir des expériences vécues par d'autres), etc..

Sur le plan de la gestion des connaissances au sein d'un groupe d'acteurs, l'apprentissage organisationnel donne **l'occasion de créer une communication et un échange entre toutes les personnes d'une entreprise**. Cette communication permet à chacun de valoriser

sa propre expertise. La hiérarchie donne à apprendre sur le « pourquoi » et les opérateurs permettent d'apprendre sur le « comment » (Wybo, 2002 ; Wybo, 2004b).

« L'apprentissage organisationnel permet un meilleur partage des connaissances sur les faiblesses et les forces de l'organisation et une plus grande implication des acteurs dans la maîtrise des risques. » (Wybo, 2004b, p. 148). Il permet de renforcer le sentiment d'appartenance des individus à l'organisation, facteur essentiel pour les motiver et encourager leur implication dans le développement d'une culture de sécurité. « Pour capturer, en tant qu'organisation, les enseignements tirés des accidents et incidents ayant perturbé le système, le processus d'apprentissage doit être organisé. » (Wybo, Colardelle & Guinet, 2005, p. 33).
Comme tout apprentissage, celui-ci se fonde sur les expériences vécues et est en lien avec le concept de résilience.

1.2.5. La résilience

Depuis de nombreuses années, le terme de résilience est couramment employé dans des domaines variés tels les sciences physiques ou la psychiatrie (Tisseron, 2007 ; Morel, 2007). Il est aujourd'hui repris par une petite communauté de chercheurs en science du danger. Les travaux de recherche menés jusqu'à présent sur le thème de la résilience des systèmes complexes ne sont qu'à un stade conceptuel embryonnaire (Morel, 2007) et doivent encore être développées.

Si les visions et points de vue exprimés sont différents, ils convergent d'une manière très générale (Morel, 2007).

➘ Selon Morel (2007), l'origine première de ce terme se trouve dans les sciences physiques et représente *« Le degré de résistance aux chocs des matériaux*[22] *»* ou plus encore *« L'aptitude d'un corps à résister aux pressions et à reprendre sa structure initiale après une déformation.*[23] *»* (p. 42). Le dictionnaire anglo-saxon étend le sens de la résilience *à « La capacité de recouvrer un état de santé habituel après avoir été malade »* ou encore *« La qualité de quelqu'un qui ne se laisse pas abattre. »*. D'après l'étymologie latine : « salire » (sauter, rebondir), le préfixe « re » indiquant la répétition, résilier c'est rebondir, aller de l'avant après une maladie (Tomkiewicz, 2000). Cette notion est notamment reprise en psychologie pour désigner la capacité d'une personne à « renaître » de ses souffrances. Elle a particulièrement été décrite par Cyrulnik (1999), à partir de l'observation d'enfants ayant subi des traumatismes (guerre, inceste, etc.) et qui dans le futur ne suivent pas le schéma appris mais dépassent leur expérience en ne reproduisant pas les traumatismes vécus.

➘ Appliquée à la sécurité des systèmes, la résilience peut être définie comme l'aptitude des organisations à résister aux événements dangereux en limitant les dommages (Wybo, 2002, 2004b). Elle se construit à la fois par une démarche d'analyse des risques, par la prévention et par l'apprentissage.

[22] *Source : dictionnaire Larousse.*
[23] *Source : dictionnaire anglo-saxon Longman.*

Selon Hollnagel et Woods (2006), un système résilient doit avoir la capacité d'anticiper (capacité à prévenir la survenue d'une perturbation), d'être attentif (capacité d'empêcher l'aggravation des effets de la survenue de la perturbation) et de répondre (capacité de récupérer après la survenue de la perturbation). **Cette capacité pour un système socio-technique à être résilient est fortement dépendante de ses acteurs** et plus particulièrement de leurs connaissances, compétences et ressources ainsi que des décisions qu'ils sont amenés à prendre (à tous les niveaux hiérarchiques du système).

Lorsqu'un système est confronté à une crise, des groupes d'acteurs vont prendre en charge la gestion de cette crise, soit parce que c'est leur responsabilité, soit parce qu'ils se sentent investis de ce rôle. *« L'analyse des différents réseaux qui ont « émergé » durant la crise permet de révéler ce qui constitue la couche de résilience, c'est-à-dire les forces du système qui ont permis à l'organisation de faire face aux situations de crise. »* (Wybo, 2002, 2004b).
Le rôle de cette couche de résilience est de **supporter les contraintes tout en protégeant le système des dommages**. Elle peut correspondre à l'implication de nouveaux intervenants, à l'adaptation de stratégies ou d'actions, à l'extension des capacités de gestion d'information ou encore à l'introduction de nouvelles ressources. Les principaux facteurs qui participent au développement d'une couche de résilience sont des facteurs externes (pression des événements, incertitudes et débordement de l'organisation) et des facteurs internes (implication des personnes et volonté de limiter les conséquences).

1.3. Modèles pour la compréhension des situations cindyniques et l'intervention

Différents modèles sont élaborés pour rendre compréhensibles les situations cindyniques et faciliter l'intervention sur le terrain. Ces modèles étant nombreux, nous limitons notre exposé à ceux qui intéressent plus directement notre recherche. Pour une revue exhaustive des différents modèles existants le lecteur peut se référer à Morel (2007).

1.3.1. La défense en profondeur

1.3.1.1. Le modèle « nœud papillon »

La démarche de « défense en profondeur » a été introduite dans le nucléaire et tend à se généraliser aux sites industriels. Elle est fondée sur la **notion de barrières interposées entre une source de danger et des cibles vulnérables, comme des couches de prévention et de protection superposées** (Nicolet, 2002 ; Wybo, Ducloy & Roche, 2005). Elle prend en compte les tenants et aboutissants d'un événement redouté, mais également les mesures prises pour la prévention et la protection.

Ce modèle permet de représenter le scénario d'un événement ou d'une situation redoutée à partir d'un arbre des causes et un arbre des conséquences (Figure 6). **La représentation d'une situation redoutée est construite et mise à jour à partir de l'analyse des évènements d'un type donné.** Elle permet d'intégrer ces connaissances dans l'analyse des risques et l'anticipation pour, en particulier, quantifier en nombre de fois si les différentes barrières ont été sollicitées et si elles ont fonctionné ou non. Ainsi, il est possible de mettre

en évidence les faiblesses du système et légitimer la mise en place de telle ou telle barrière de prévention ou de protection.

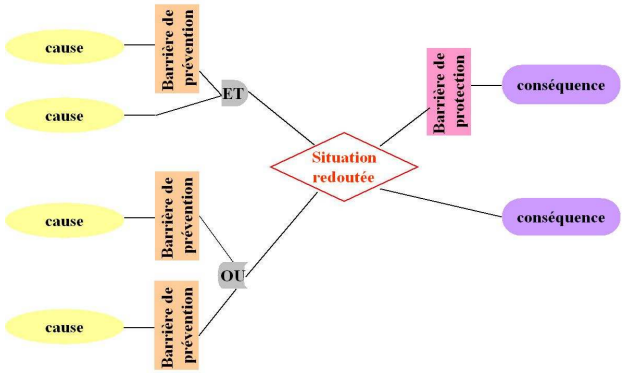


Figure 6 : Représentation du scénario d'un évènement selon le modèle « nœud papillon »

Cette représentation est intuitive et constitue un bon support au dialogue (Wybo, 2004b). Par contre, la notion « d'événement redouté » nous paraît un peu restrictive, en cela que tous les risques ne sont pas associés à des événements. Nous proposons d'utiliser le terme de **« situation redoutée »** comme représentation du risque (Wybo, Ducloy & Roche, 2005). Cette notion traduit le fait que dans certaines situations, un ensemble de facteurs concourent à un potentiel de danger qui peut se matérialiser à plus ou moins long terme, en fonction de la conjonction de différents facteurs.

Selon Nicolet (2002), le problème que pose ce modèle est sa complexité si l'on recherche une certaine exhaustivité des causes et des conséquences si on s'intéresse à un système caractérisé par un degré de complexité élevé. Ce formalisme ne permet pas de capturer la complexité du système où l'événement se produit. De même, il est difficile de savoir quand arrêter la recherche de causes (Morel, 2007).

En partie pour tenter d'apporter une réponse à ces limites, les modèles systémiques ont été développés. Nous en donnons deux exemples.

1.3.1.2. Le modèle « tranches de gruyère »

Ce modèle, développé par Reason (1990, 1997), constitue un **modèle fondateur** à partir duquel d'autres modèles ont vu le jour et sur lequel certaines entreprises tel Air France s'appuient en raison de sa vertu pédagogique (Wybo, Colardelle & Guinet, 2005).

Les accidents qui surviennent au sein des systèmes complexes ne sont pas dus à une cause unique. Ils sont la conséquence d'une succession de faits et/ou de comportements qui conduisent à l'accident. Le modèle « tranches de gruyère » **aide à comprendre les mécanismes de survenue des accidents et à mettre en relief la complexité des relations de cause à effet**. Il va au-delà des circonstances immédiates de l'accident et examine minutieusement les conditions préalables à la survenue de l'évènement. Les « erreurs » ne sont plus perçues comme des causes mais davantage comme des symptômes qui résultent du fonctionnement d'un système selon ses composantes humaines, technologiques et organisationnelles.

Les tranches de gruyère (Figure 7) représentent les barrières de défense en profondeur qui se situent à tous les niveaux du système (individuel, local, managérial et organisationnel). Les « trous » symbolisent les failles au sein de ces barrières. Lorsque ces failles se situent au niveau des strates organisationnelles et managériales, elles sont qualifiées de conditions latentes. Lorsqu'elles se situent à la jonction de l'opérateur et de son environnement de travail, elles sont qualifiées de défaillances actives. Selon Reason (1997), **la combinaison d'un ensemble de conditions latentes et de défaillances actives crée l'opportunité d'une trajectoire accidentelle (flèche) conduisant à « l'accident organisationnel »**. Dans ce cadre, prévenir la survenue d'un accident consiste à renforcer les barrières de défense « molles » afin de stopper la propagation de la trajectoire accidentelle (Morel, 2007).

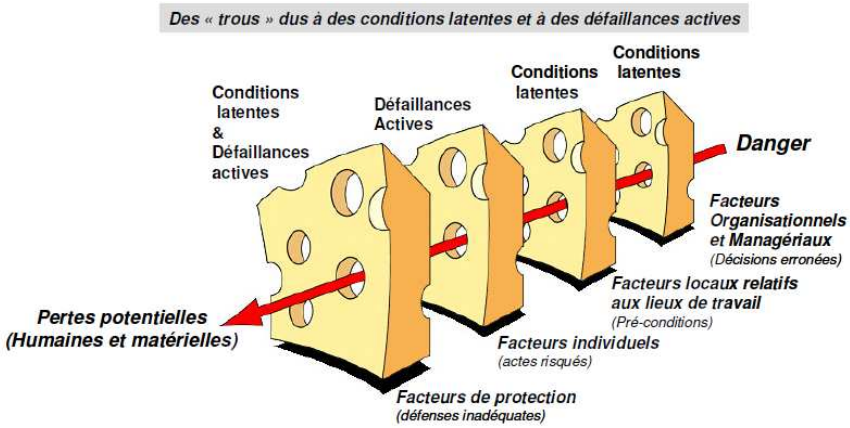


Figure 7 : Le modèle « tranches de gruyère » de Reason (1990, 1997), d'après Morel (2007)

1.3.2. La gestion des risques : une boucle de progrès

Wybo (2004a) propose une démarche de maîtrise des risques et des crises sous forme d'une boucle de progrès divisée en quatre étapes successives : anticipation, vigilance, gestion des urgences et retour d'expérience (Figure 8). Chaque étape permet de construire des compétences (savoirs, savoirs-faire, savoirs-être) qui sont utiles à l'étape suivante (Wybo, Colardelle & Guinet, 2005). Cette approche dynamique met en œuvre deux processus essentiels : l'anticipation fondée sur l'analyse et l'apprentissage fondé sur l'expérience/l'entraînement.

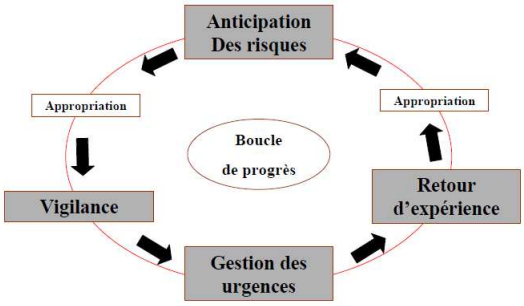


Figure 8 : La dynamique de la maîtrise des risques : une boucle de progrès, d'après Denis-Remis (2007)

➘ **L'anticipation et l'analyse des risques** fournissent des savoirs sur les risques potentiels et sur les moyens de les prévenir et de s'en protéger. Ces savoirs diffusés par la

formation permettent l'appropriation par les acteurs. Ces savoirs sont aussi intégrés dans les organismes en charge de la gestion des risques, par exemple sous forme d'outils, de méthodes, etc..

➘ **L'appropriation** permet de maintenir les risques à un niveau acceptable, par les savoirs et la pratique des savoirs-faire sur l'identification des précurseurs. Elle rend ainsi plus efficace la vigilance.

➘ **La vigilance** est une étape d'observation ou « d'écoute » du système. Elle permet de développer des savoirs et des savoirs-faire sur les réactions des systèmes techniques, naturels et les organisations. Elle permet d'anticiper et de réagir plus vite à l'apparition de situations dangereuses, d'améliorer la gestion opérationnelle.

➘ **L'expérience opérationnelle (gestion des urgences)** permet d'affiner les savoirs et les savoirs-faire sur la gestion des situations dangereuses et d'acquérir des savoirs-être dans la gestion des situations anticipées mais aussi des situations imprévues.

Le retour d'expérience participe à cette boucle de progrès de la maîtrise des risques, qui passe aussi par une bonne appropriation de la connaissance des risques, par leur représentation. La genèse, le développement et la gestion d'événements dangereux et de crises nécessitent pour les comprendre une analyse de leur dynamique. La compréhension de l'image mentale de cette dynamique, telle qu'elle est perçue par les acteurs, permet de tirer de leurs récits des informations essentielles pour comprendre l'enchaînement des événements, des décisions et des actions (Wybo 2004b).
Ces récits d'incidents et d'accidents sont la matière première de la connaissance du danger. A chaque situation ou instant remarquable de la gestion d'une situation dangereuse (puisque mémorisé par un acteur), correspondent un contexte, une analyse et des décisions, en réaction à ce contexte. Lorsqu'un tel épisode est mémorisé, ses conséquences sur l'évolution de la situation lui sont également associés (Kervern & Wybo, 2002).

Comme le note Denis-Remis (2007), la démarche de Wybo renseigne sur différentes étapes de l'apprentissage et sur différents niveaux ou la formation peut intervenir. En reprenant son idée d'appropriation il est possible d'observer un glissement du statut d'individu ou d'opérationnel à celui d'acteur qui nous intéresse tout particulièrement dans le sens où les usagers doivent être acteurs de leur propre sécurité en cas d'incendie en tunnel routier.

Face à l'évolution des systèmes complexes, les cindyniques proposent des cadres théoriques qui aident à comprendre les situations de danger et à développer les moyens de s'en protéger. Développés en premier lieu dans les systèmes à hauts risques (nucléaire, chimie, aviation, etc.), les concepts que nous avons présentés sont ici abordés de manière plus pragmatique puisque appliqués à notre terrain d'étude.

La suite de ce second chapitre est consacrée à la présentation du terrain et son contexte. Il définit les principes essentiels à la gouvernance des risques dans ce domaine et nous permet de situer notre objet d'étude sous l'angle de l'approche systémique.

2. La sécurité et les risques en tunnel routier

2.1. Gestion et réglementation des tunnels routiers

2.1.1. Des organisations diverses en évolution constante

La gestion des tunnels routiers s'inscrit dans le contexte politique et économique des infrastructures routières de transports. Comme pour le réseau routier, les tunnels routiers sont gérés selon le type de voie sur lequel ils se situent (sauf cas particuliers), conduisant ainsi à une multiplicité et à une diversité des gestionnaires résumées comme suit (Tableau 1) :

Tableau 1 : Les gestionnaires de voiries routières

Gestionnaire	Voies concernées
Sociétés concessionnaires d'autoroutes	Autoroutes à péage (≈ 8 200 km)
Etat	Routes nationales[24] (≈ 26 600 km) et autoroutes non concédées (≈ 2 600 km)
Collectivités territoriales (conseils généraux et conseils municipaux)	Routes départementales (≈ 360 000 km) et voies communales (≈ 604 000 km)

Il existe une **diversité des types de tunnels** en fonction du site (urbain ou non urbain) sur lequel ils se situent, du nombre de tube(s), du caractère unidirectionnel ou bidirectionnel, de la densité du trafic, (etc). Il en résulte une **diversité des procédures** applicables pour la gestion quotidienne et la gestion d'évènements qui sont propres à chaque tunnel. Ce contexte a connu une évolution récente : l'application de la loi du 13 août 2004 relative aux libertés et aux responsabilités locales a conduit au transfert par l'Etat des deux tiers des routes nationales aux départements et la réorganisation des services routiers de l'Equipement.

Dans son article, Deffayet (2008) met en lumière la diversité et la complexité des tunnels routiers : *« On compte à la fin 2007 un peu plus de 920 tunnels routiers en exploitation en France dont […] 197 tunnels qui ont une longueur supérieure à 300m.* » (p. 473). Il souligne l'**importance du seuil des 300m de longueur** car la réglementation en matière de sécurité a mis en place des dispositions spécifiques et a doté le préfet d'un pouvoir de police spécial. Toutefois, *« Pour atténuer les effets de seuil (en quoi un tunnel de 290m nécessiterait moins de précautions qu'un tunnel de 310m) et éviter les effets pervers (par exemple distordre un tracé pour que le futur tunnel ne dépasse pas 290m), il existe une certaine graduation dans la montée en puissance des dispositions techniques et organisationnelles à prévoir. »* (p. 473).

« Une autre des caractéristiques françaises tient à son organisation administrative. Celle-ci conduit à ce que certains ouvrages appartiennent à l'Etat, d'autres aux départements, et d'autres enfin aux communes ou aux établissements publics de coopération intercommunale (en particulier les communautés urbaines), l'ensemble de ces acteurs pouvant déléguer ou non tout ou partie de la réalisation et de l'exploitation de leurs

[24] Valeurs données au 01/01/2004 pour les routes nationales et les routes départementales avant transfert suite à la loi du 13 août 2004.

ouvrages. Après le récent transfert d'une partie du réseau routier de l'Etat vers les départements, la situation par maître d'ouvrage est la suivante (Tableau 2) :

Tableau 2 : Situation fin 2007 des tunnels routiers français de plus 300m, d'après Deffayet (2008)

	Nombre de tunnels	***Dont plus de 300m***	***Dont plus de 1000m***
Tunnels du réseau routier Etat			
Non concédés (1)	93	42	15
Concédés (2)	63	41	16
Tunnels du réseau des collectivités territoriales			
Gérés par les Départements ou les Régions	559	55	5
Gérés par d'autres collectivités	208	59	9
Total général	***923***	***197***	***45***

(1) y compris les tunnels de Somport et de Tende
(2) y compris les tunnels du Fréjus et du Mont-Blanc

Cette répartition par maître d'ouvrage est importante car la réglementation ne peut pas s'imposer de la même manière à tous ces maîtres d'ouvrages ; en particulier l'Etat peut aisément fixer des exigences pour les tunnels dont il est propriétaire (par voie de circulaire par exemple) mais il faut une loi pour imposer des contraintes ou procédures aux collectivités territoriales. Cela explique les étapes successives dans l'évolution de la réglementation française. » (pp. 473-474).

Si l'infrastructure « tunnel » comporte une diversité du point de vue des types de tunnel et de leur organisation, **les utilisateurs possèdent également des caractéristiques propres** (nationalité, âge, expérience de conduite, type de véhicule utilisé, etc.) et ne sont pas les mêmes au cours du temps (vacanciers, professionnels, habitués, etc.).

A travers ces éléments, il apparaît que le système tunnel se compose d'une multitude d'organisations et d'acteurs (professionnels et usagers) amenés à interagir. Il s'inscrit dans un contexte réglementaire qui évolue dans le temps et impose des dispositions pour la construction et l'exploitation des tunnels.

Notre travail a été principalement conduit auprès de la SFTRF, société qui exploite quatre tunnels autoroutiers et un tunnel bi-national. Nos diverses interventions auprès d'autres exploitants de tunnels situés sur des autoroutes, des routes nationales et départementales, concédées ou non, nous ont permis d'avoir une vision globale du système tunnel et de mieux l'appréhender. Ainsi notre point de vue est centré sur les pratiques françaises tout en étant ponctué par des éléments de comparaison avec les pratiques européennes et internationales.

2.1.2. Principaux éléments de réglementation

2.1.2.1. Le contexte réglementaire

Les conséquences et les leçons tirées des analyses d'évènements majeurs réels ont permis à différents pays de faire évoluer la réglementation en tunnel routier (Colombo, 2001 ; Mashimo & Mizutani, 2003 ; Ceci, 2008). En lien avec notre recherche, nous évoquons le contexte réglementaire français et européen[25].

L'événement du Mont-Blanc a entraîné une réaction rapide du législateur et du réglementateur français pour la prise en compte de la sécurité (Centre d'Etudes des Tunnels [CETU], n.d.). Jusque-là deux textes concernaient principalement des aspects techniques et s'appliquaient aux tunnels de l'Etat, une circulaire relative à la réglementation de la circulation des véhicules routiers transportant des matières dangereuses (1976) et une circulaire relative à la sécurité des tunnels routiers (1981). En 1999, une refonte de la circulaire concernant le transport de marchandises dangereuses était presque terminée et une proposition de directive technique était rédigée depuis 1996. Des difficultés notamment quant à l'application à tous les maîtres d'ouvrages de ces nouveaux textes n'avaient pas encore permis leur publication officielle.

➘ **En 2000, deux circulaires** applicables aux ouvrages de l'Etat remplacent les deux précédentes, l'une est relative à la sécurité dans les tunnels routiers et l'autre est relative à la réglementation du transport de marchandises dangereuses (TMD).
Depuis 2006, la circulaire n°2000-63 est remplacée par **la circulaire du 29 mars 2006** (à l'exception de son instruction technique qui reste en vigueur).

➘ **Un texte de loi avec son décret d'application** permettant d'étendre les procédures des circulaires à tous les maîtres d'ouvrage sont parus respectivement **en 2002 et 2005**.

➘ **La directive européenne du 24 juin 2004** concerne des exigences de sécurité minimales applicables aux tunnels du réseau transeuropéen (RTE) élaborées dans la perspective d'assurer un niveau de sécurité satisfaisant aux usagers de la route. Suite aux évènements de 1999, la France a été le premier pays à modifier sa réglementation sur la sécurité des tunnels et à contribuer fortement aux travaux européens et internationaux traitant de la sécurité en tunnel. Ainsi la Commission Européenne s'est inspirée pour une majeure partie des pratiques françaises pour rédiger la directive (CETU, 2004). Une loi et un décret, parus en 2006, fixent les modalités d'application de cette directive pour la France.

➘ Par ailleurs, en **2007 et 2008**, d'autres textes traitent de domaines plus spécifiques (**signalisation routière et radiotransmissions**) et viennent compléter la réglementation. Selon Deffayet (2008), les récents arrêtés du 11 février 2008 relatifs à la signalisation complètent les textes français de transposition de la directive européenne.

Soulignons également que la réglementation des tunnels binationaux peut être régie par un accord international (traité ou échange de lettres) co-signé des deux pays dont ils

[25] Cf. Annexe 1-A.

dépendent. Pour les tunnels situés sur le RTE, les textes doivent être réécrits en intégrant si besoin les exigences apportées par la directive.

La Figure 9 récapitule depuis 1999 la chronologie des principaux faits marquants et la réglementation en tunnel routier.

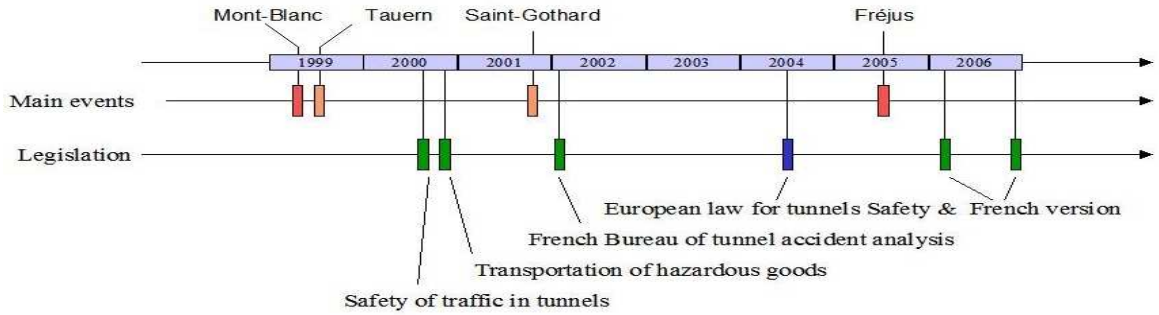


Figure 9 : Les évènements majeurs et la réglementation en tunnel routier depuis 1999, d'après Auboyer et al. (2007)

2.1.2.2. Les principes réglementaires

✴ **Les procédures**

Tous les tunnels routiers français appartenant à l'Etat de plus de 300 mètres de longueur sont soumis aux mêmes procédures. Il est imposé l'élaboration et la mise à jour d'un dossier de sécurité comportant l'avis d'un expert indépendant agréé. Ce dossier rassemble tous les documents, descriptions et études indispensables à la bonne compréhension du fonctionnement et de la sécurité de l'ouvrage à chaque étape de sa vie.

Le dossier de sécurité décrit notamment l'organisation et les moyens mis à disposition pour assurer le fonctionnement normal du tunnel, la prévention des accidents ainsi que la sécurité des personnes en cas d'incident ou d'accident. Doivent y être inscrits :

- **les dispositions de sécurité** définissant le fonctionnement et l'utilisation des dispositifs de sécurité ainsi que la conduite à tenir pour le personnel de l'exploitant (en traitant notamment du régime de ventilation, des liaisons avec les services de secours, de la fermeture du tunnel pour indisponibilité des équipements ou du personnel) ;
- **le plan d'intervention et de sécurité** (PIS), élaboré par l'exploitant en liaison avec les services d'interventions extérieurs. Il est relatif à la sécurité des personnes et décrit les principes généraux d'action de l'exploitant ainsi que leur articulation avec les procédures des forces de l'ordre et des services publics de secours, qui disposent par ailleurs de leurs propres schémas opérationnels pour faire face aux situations susceptibles de mettre en cause la sécurité des personnes (CETU, 2006).

Au travers de ces différents éléments, le dossier de sécurité tend à induire le meilleur comportement possible du personnel « exploitant ». Il intègre le comportement de l'usager par le biais de l'étude spécifique de danger (ESD). Cette étude consiste à décrire les accidents, quelle que soit leur origine, susceptibles de se produire ainsi que la nature et l'importance de leurs conséquences éventuelles en s'appuyant notamment sur la modélisation du comportement humain. Elle définit également les moyens d'y faire face.

La construction et mise en service d'un tunnel neuf est soumise à un **avis préfectoral** avant le commencement des travaux puis à son autorisation avant la mise en service. Par la suite, un **examen périodique de sécurité** doit être réalisé tous les six ans afin de renouveler l'autorisation de mise en service, voire plus rapidement en cas de modification importante des conditions d'exploitation ou des risques. Le préfet peut également demander un diagnostic de sécurité à tout moment.

L'approbation des projets et les autorisations de mise en service des ouvrages neufs sont soumises à l'avis de la commission nationale d'évaluation de la sécurité des ouvrages routiers (CNESOR). Cette commission a également pour mission l'examen des dossiers de sécurité de tous les tunnels en exploitation et donne un avis sur les conditions de poursuite de l'exploitation.

- **Les responsabilités**

Le principal acteur de la sécurité en tunnel routier est **le gestionnaire du tunnel** (c'est à dire le maître d'ouvrage ou son exploitant lorsqu'il correspond à un autre intervenant). Pour chaque ouvrage, y compris les tunnels binationaux il ne peut y avoir qu'un seul exploitant.

L'autorité administrative veille à la prise en compte de toutes les composantes de la sécurité des tunnels. Elle a le pouvoir de fermer le tunnel si elle juge que la sécurité est insuffisante. En France, cette responsabilité est assumée par le préfet. Il est aidé dans sa mission par la CNESOR et la commission consultative départementale de sécurité et d'accessibilité (CCDSA) qui émettent des avis sur la sécurité des ouvrages.

Une entité de contrôle est chargée d'effectuer les contrôles et évaluations. En France, cette fonction est assurée par des experts ou organismes qualifiés.

L'agent de sécurité est un nouvel acteur, désigné par le maître d'ouvrage, introduit par la directive européenne et imposé pour les tunnels de plus de 500 mètres sur le RTE. Il coordonne toutes les mesures de sécurité et veille à la coordination avec les services d'intervention.

- **Les dispositions d'exploitation**

Les exploitants sont tenus d'organiser, conjointement avec les services de secours, **un exercice de sécurité annuel** visant à évaluer les réponses et la coordination des personnels « exploitant » et des services de secours face à un événement donné. Il leur est également imposé la mise en place d'**un dispositif permanent permettant d'enregistrer et d'analyser les évènements significatifs** (retour d'expérience « interne » ou « local »). Tous les six ans lors de l'évaluation du dossier de sécurité, un compte-rendu des incidents et accidents significatifs survenus doit parvenir au préfet.

Les exploitants des tunnels de l'Etat ont également l'obligation d'alimenter une base centrale de données concernant les incidents et accidents significatifs survenus dans leur(s) ouvrage(s) (retour d'expérience « réglementaire »).

En application de la directive européenne, les exploitants de tunnels de plus de 500 mètres situés sur le RTE doivent transmettre un compte-rendu de retour d'expérience dans un délai d'un mois au préfet ainsi qu'aux services d'intervention et de secours et à l'agent de sécurité. L'arrêté du 8 novembre 2006 précise les procédures à réaliser en cas de volonté de déroger aux mesures minimales de sécurité.
A noter que pour les tunnels situés hors du réseau national et hors du réseau RTE, le compte-rendu d'analyse des évènements est remonté au préfet tous les six ans pour la poursuite de l'exploitation du tunnel.

✴ **Les dispositions techniques**

En ce qui concerne les tunnels de l'Etat, d'une longueur supérieure à 300 mètres, l'instruction technique de la circulaire de 2000 ne s'applique qu'aux tunnels neufs. Il n'existe pas de texte obligatoire pour les ouvrages existants ni pour les ouvrages de plus de 300 mètres des collectivités territoriales. Cependant, cette instruction reste le référentiel technique pour la définition du niveau de sécurité.

Cette circulaire définit notamment les moyens mis à disposition des usagers pour donner l'alerte (poste d'appel d'urgence) et pour se mettre à l'abri en attendant l'arrivée des secours (abris pressurisés ou issues de secours). Elle vise à **assurer la protection et l'évacuation des usagers d'une part et l'intervention des services de secours d'autre part.** Elle fait une place particulière aux conditions d'exploitation.

Pour les ouvrages neufs ou en exploitation de plus de 500 mètres sur le RTE, la directive est *a priori* moins contraignante concernant les exigences minimales. La principale différence réside dans la mise en place de poste de secours tous les 150 mètres dans les ouvrages neufs au lieu de 200 mètres dans l'instruction technique.

2.2. Les risques en tunnel routier

2.2.1. L'incendie : principal risque

Un tunnel désigne toute route ou chaussée située sous un ouvrage de couverture qui, quel que soit son mode de construction, crée un espace confiné[26]. Dans ces ouvrages, le nombre d'évènements générateurs de risque, tels que pannes, incidents, accidents ou incendies est faible. Cependant, ces évènements peuvent avoir des conséquences aggravées, en raison de l'espace restreint et du caractère confiné du milieu (Durand-Rocher, 2002 ; CETU, 2005a).

Depuis dix ans, plusieurs évènements ont confirmé qu'un incendie de véhicule lourd peut prendre des proportions catastrophiques en nombre de vies humaines. Citons pour mémoire l'incendie dans le tunnel franco-italien du Mont-Blanc en mars 1999, l'accident dans le tunnel des Tauern (Autriche) en mai 1999, celui dans le tunnel du Saint-Gothard (Suisse) en octobre 2001 et plus récemment l'incendie dans le tunnel du Fréjus en juin 2005 qui ont coûté la vie au total à une soixantaine de personnes (Gandit & al., 2009). **Un incendie *a***

[26] Article R118-1-1, Code de la voirie routière.

***priori* bénin peut rapidement devenir non maîtrisable surtout s'il se propage d'un véhicule à un autre.** Tout va alors très vite avant l'arrivée des secours.

Les études menées par le Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre [27] (2007, 2008) montrent que les incendies spontanés de véhicules lourds (poids lourds, autocars et autobus), bien que d'un nombre proportionnellement faible constituent un **phénomène courant**. Dans 99% des cas ces incendies spontanés n'ont pas de conséquences corporelles et ne conduisent à aucune enquête spécifique de police. Les incendies spontanés répertoriés, rapportés au trafic annuel (données de 2004), atteignent un coefficient moyen dix fois plus faible que celui des accidents de toute nature.

Le plus souvent, les incendies en tunnel n'ont pas de graves conséquences d'un point de vue humain, comme le montrent plusieurs événements relatés dans les journaux : celui de l'Epine (Le Dauphiné, 26/06/2008), de Chamoise (Le progrès, 01/08/2006), du Siaix (Pompiers, n°8 avril 2007), du Landy (20 minutes, 03/072007).
Les cas d'incendie suite à un accident sont rares. Il est à noter quelques évènements pour lesquels des collisions ont provoqué des incendies et pour lesquels des victimes sont à déplorer : Viamala (Suisse, 2007), Burnley (Australie, 2007), Californie (Etats-Unis, 2007). Par ailleurs, il est difficile de savoir précisément si les personnes impliquées dans l'accident sont décédées suite à l'incendie ou non.
Le pourcentage d'accidents en tunnels est similaire à celui observé à l'air libre sur autoroutes. La plupart d'entre eux sont sans conséquences en dehors des perturbations du trafic (Picard, 2001).
Pour Brocquet qui se réfère aux études du CETU (1998) et de l'AIPCR[28] (1995), les taux d'accidents corporels sont proches de ceux rencontrés sur l'ensemble des autoroutes et sur la même période d'étude. Le taux de tués est largement inférieur en tunnel.
Afin d'établir une comparaison nous situons les risques en tunnel par rapport aux risques quotidiens auxquels tout un chacun peut être confronté. Pour les accidents de la vie courante, on remarque que sur l'année 1998, parmi les principales causes de décès, apparaissent la chute (10210) et les noyades (541).

D'après ces éléments, il semble que les tunnels n'apparaissent pas plus dangereux que les ouvrages routiers à l'air libre ou que d'autres situations habituelles de la vie courante. Les conséquences éventuelles de ce type d'événement pour l'être humain n'en demeurent pas moins dramatiques.

2.2.2. Conséquences éventuelles pour l'être humain (usagers et personnels d'intervention)

Dès qu'un incendie se déclare en tunnel, les personnes présentes dans l'ouvrage sont rapidement exposées à des fumées nocives et aveuglantes alors qu'elles sont encore seules dans le tunnel. De même, la nécessité d'évacuer vite est cruciale pour les personnes éloignées du sinistre, car l'incendie ne devient pour elles une réalité objective qu'à

[27] BEA-TT.
[28] AIPCR : Association mondiale de la route.

l'apparition des fumées ou lorsque le rayonnement est suffisant pour transmettre la chaleur du foyer. Il ne leur reste, à ce moment-là, que très peu de temps pour se mettre en sécurité. En effet, pour les personnes non protégées présentes dans le tunnel, les conséquences potentielles d'un incendie non maîtrisé sont les suivantes : en premier lieu **le dégagement de fumées gêne le déplacement, puis les fumées incommodent voire asphyxient, enfin la chaleur dégagée par l'incendie provoque des températures insupportables pour un organisme humain** (Brocquet, 2002 ; CETU, 2005a ; Schmauch, 2006).

L'analyse des incendies de grande ampleur montre que, à partir du développement du feu, les usagers disposent d'environ dix minutes pour se mettre en sécurité. Cependant, **le temps disponible pour l'évacuation peut plus ou moins varier en fonction du contexte et des conditions**. Le temps pendant lequel les conditions restent tenables pour les usagers dépend de différents facteurs : lieu, marchandises en feu et/ou présentes dans le tunnel, système de ventilation, vitesse de marche, etc. (Modic, 2003).

Au vu de ces éléments, il est important que les usagers soient acteurs de leur propre sécurité pour se mettre à l'abri avant l'arrivée des secours. Afin de répondre à cet objectif, les prescriptions techniques françaises concernant la sécurité dans les tunnels routiers sont fondées sur une stratégie visant à permettre la protection et l'évacuation des usagers par leurs propres moyens.

2.3. La stratégie de sécurité (auto-évacuation des usagers)

Cette stratégie met l'accent sur les comportements attendus des usagers et des personnels d'intervention en cas d'incendie.

2.3.1. Le comportement attendu

Afin que les personnes présentes dans l'ouvrage puissent sortir saines et sauves, il est prescrit que les opérations de sécurité se déroulent en deux phases : une première phase pendant laquelle les usagers doivent se prendre en charge pour évacuer le tunnel et une deuxième phase d'intervention des services de secours.

2.3.1.1. La phase d'auto-évacuation des usagers

Au cours de cette phase, il est attendu des usagers qu'ils donnent l'alerte en utilisant les postes de secours mis régulièrement à leur disposition dans les ouvrages, qu'ils essaient, dans la mesure de leur connaissance, d'éteindre le début d'incendie à l'aide des extincteurs mis à leur disposition et qu'ils se dirigent à pied vers les issues de secours sans attendre dans leur véhicule (Tesson & Lavedrine, 2004 ; CETU, 2005a). D'un point de vue opérationnel, l'auto-évacuation des usagers se décompose en trois temps présentés ci-après.

✶ Alarme et réaction de l'opérateur ou du service de permanence

Dans les tunnels non surveillés, l'alarme est en général donnée par un appel d'usager au service de permanence ou par un système de détection automatique d'incendie. Dans les tunnels surveillés, outre l'appel d'usager, le principal moyen d'alarme est la vidéo (avec l'assistance éventuelle de la détection automatique d'incident).

Ces moyens sont prévus pour aider le personnel à localiser le plus précisément possible l'incendie.

✴ **Utilisation des extincteurs**

La réglementation française prévoit que les niches de sécurité soient équipées de deux extincteurs portatifs normalisés. Ceci permet aux personnes présentes sur les lieux d'essayer d'éteindre le feu avant qu'il ne se développe. Cependant, il faut être conscient qu'éteindre un feu en développement sous un capot de véhicule n'est pas chose facile pour une personne non expérimentée. De ce fait, on ne peut de fonder toute la stratégie de protection sur cette intervention.

✴ **Auto-évacuation à pied des personnes présentes dans le tunnel vers les issues de secours**

Les situations nécessitant l'auto-évacuation à pied des usagers doivent être identifiées le plus rapidement possible par le surveillant ou le service de permanence. La difficulté de cette phase réside dans la transmission de l'ordre d'évacuer aux usagers et plus particulièrement à ceux qui n'ont pas la perception physique de l'incendie et des risques encourus.

L'ordre d'évacuer est d'autant plus difficile à transmettre que le degré d'exploitation du tunnel est faible. Dans le cas d'une permanence simple, les usagers devront prendre seuls la décision d'évacuer vers les issues de secours au vu de l'évolution de la situation (flammes, dégagement de fumées, alerte des usagers proches du foyer, etc.). Leur seule aide est la signalisation permanente des issues de secours.
L'introduction progressive d'équipements permettant d'alerter les usagers améliorent leur capacité d'évacuer par eux-mêmes. Parallèlement, si l'équipement du tunnel le permet, l'exploitant doit maintenir dans le tunnel une atmosphère saine et des conditions de visibilité minimales afin de faciliter le cheminement des usagers vers les issues de secours.

2.3.1.2. La phase d'intervention des services d'incendie et de secours

L'objectif de cette phase est de sauver les personnes encore présentes dans le tunnel avant de se consacrer à la lutte contre le feu (Tesson & Lavedrine, 2004 ; CETU, 2005a). Elle se décompose en deux temps :

✴ **L'évacuation aidée**

A leur arrivée sur place, les services de secours interviennent pour porter assistance, en priorité, aux usagers encore présents dans le tunnel qui sont potentiellement blessés par un accident ou asphyxiés par l'incendie, aux usagers à mobilité réduite attendant l'arrivée des secours dans les issues de secours ou aux usagers attendant dans les abris.

✴ **La lutte contre le feu**

La lutte contre le feu n'est pas un objectif prioritaire en elle-même. Toutefois le commandant des opérations de secours (COS) peut décider de commencer rapidement cette opération lorsqu'elle peut favoriser l'évacuation aidée.

« La lutte contre le feu est entreprise afin de limiter les dommages aux biens. Ceci doit se faire selon un niveau de risque acceptable pour le personnel des services d'incendie et de secours. En cas de sinistre exceptionnel, une fois le tunnel évacué, il vaut mieux laisser se dérouler l'incendie plutôt que de mettre en danger les services de lutte contre le feu. De toutes façons, la quantité de combustibles présents dans le tunnel est limitée et le risque de propagation à l'extérieur est presque nul ; tout incendie en tunnel, aussi violent soit-il, finit toujours par s'éteindre faute de combustible. » (Tesson & Lavedrine, 2004, p. 253).

2.3.2. Les dispositions de sécurité

D'après Tesson et Lavedrine (2004), les prescriptions techniques françaises concernant la sécurité dans les tunnels routiers visent à :

- détecter les situations anormales et assurer la communication avec les usagers ;
- permettre leur protection et leur évacuation ainsi que l'accès des secours ;
- protéger les installations et lutter contre le feu.

En matière de maîtrise des risques, la stratégie de sécurité prévue par les réglementations française et européenne repose sur deux types de dispositions.

➘ **Les dispositions techniques** portent sur le génie civil et les équipements. Elles mettent à disposition des usagers les moyens de donner l'alerte et de sortir du tunnel ou tout au moins de se protéger dans un abri sécurisé en attendant l'arrivée des secours. Ce sont : les trottoirs, le jalonnement lumineux allumé en permanence, les niches de sécurité (y compris les extincteurs), les dispositifs de protection et d'évacuation à intervalles réguliers, la ventilation de désenfumage, la retransmission des fréquences de radio-communication des services de secours, la retransmission de quelques stations de radio grand public (Tesson & Lavedrine, 2004). Les équipements disponibles dans l'ouvrage constituent les éléments déterminants dans la mise en œuvre de la chaîne de sécurité en tunnel routier[29].

➘ **Les dispositions d'organisation et d'exploitation** incluent les fonctions de permanence et de surveillance ainsi que les consignes pour les personnels de l'exploitant et les services d'intervention et de secours. Suivant les besoins découlant des caractéristiques du tunnel et du trafic, les fonctions de permanence et de surveillance en salle sont assurées selon un niveau offrant des qualités de réponse croissante.

Les principes essentiels de la gouvernance des risques en tunnel routier que nous avons présentés sont basés sur les hypothèses et les attentes des concepteurs qui prévoient des dispositifs techniques, des procédures d'exploitation et un comportement des usagers adapté à chaque situation dans la perspective d'un fonctionnement optimal du système tunnel aussi bien en situation routinière (quotidienne) qu'en situation de crise.
Cependant, comme précédemment évoqué, l'analyse d'évènements met en évidence des différences entre le comportement attendu et le comportement observé. Comme dans d'autres domaines, **les stratégies et les dispositions ont été mises en place en fonction**

[29] Cf. Annexe 1-B.

d'un comportement attendu, mais elles ne prennent pas assez en compte la réalité des comportements.

A travers cette présentation générale, il apparaît que la gestion des tunnels routiers s'inscrit dans un contexte complexe : diversité des gestionnaires, des types de tunnels existants, de leurs équipements, des stratégies d'intervention et évolution de la réglementation. De part cette complexité, notre terrain d'étude impose d'inscrire notre regard selon l'approche systémique. Nous allons décrire le « tunnel » à partir de cette approche.

3. Le système tunnel

Pour comprendre et donner du sens à un système complexe, il faut le modéliser (Lecoze, 2004).

3.1. L'approche systémique

3.1.1. Présentation

L'approche systémique est utilisée dans de nombreux domaines pour appréhender le fonctionnement des systèmes. La notion de système est vaste et est fonction de l'objet d'étude. L'approche systémique a pour avantage de créer plusieurs niveaux d'analyse, du global au détail, avec la possibilité de s'arrêter à une profondeur préalablement choisie et de consacrer un temps donné à cette dernière suivant la complexité de l'installation (Perilhon & Londiche, 2003).

Pour notre recherche nous utilisons cette approche parce qu'elle fournit un cadre d'analyse du comportement humain en interaction avec son environnement. Elle nous aide également à inclure les évènements en considérant les différents éléments constituant le système au moment où ils se produisent ainsi qu'à décrire le système tunnel.

L'approche systémique aide à concevoir le fonctionnement d'un système dans son ensemble. Elle est fondée sur la **théorie générale des systèmes** développée en 1932 par Von Bertalanffy. Elle définit un système comme un ensemble d'éléments qui interagissent entre eux. La résultante de ces interactions conduit à un équilibre (équilibre homéostasique[30]) différent des dynamiques propres à chacun des sous-systèmes. La complexité d'un système provient principalement du nombre de ses composantes, du nombre d'interactions entre ces composantes et du niveau d'incertitude concernant son évolution (Fernandez, n.d.). Les éléments peuvent être matériels ou non.

Comme le note Luzeaux (n.d.), *« Tant les biologistes, les épistémologues, les économistes, les conseillers en management d'entreprise que les sociologues s'accordent à dire que l'accent doit être mis sur les relations unissant les éléments d'un système autant que sur ces éléments eux-mêmes. Les propriétés du système dépendraient davantage des relations entre les parties que de la nature de ces parties. »* (p. 1) .

[30] L'homéostasie est la capacité d'un système à se maintenir dans un équilibre en dépit des perturbations extérieures.

3.1.2. Application à différents domaines

Cette approche a notamment permis à la **psychologie** d'enrichir ses connaissances sur le comportement des personnes en prenant en compte l'environnement dans lequel elles évoluent (famille, travail, etc.).

Selon Bellemare (2000), *« La pensée systémique est une pensée en mouvement. Depuis plus de 50 ans, elle n'a pas cessé de se développer, de s'affiner, de se complexifier. Elle offre une compréhension originale du comportement humain, une vision multidimensionnelle et circulaire des contextes des individus mis en interrelation dans une étape de leur vie et, finalement, ses applications sont multiples. »* (pp. 89-90). Pour cet auteur, en psychologie l'approche systémique se distingue des autres approches notamment par le point de vue particulier qu'elle adopte pour comprendre **l'individu**. Elle le voit **en interrelation constante et circulaire avec le ou les systèmes dont il fait partie** (Bellemare, 2000 ; Fernandez, n.d.). *« L'approche systémique nous sensibilise à l'importance d'être attentif à l'influence des différents contextes sociaux sur le comportement d'un individu. »* (Bellemare, 2000, p. 89).

L'approche systémique est également très utilisée dans le **domaine de l'industrie** car elle offre **une vision globale et pluridisciplinaire des évènements** et plus particulièrement des accidents. Comme le souligne Lim et al. (2002), *« La compréhension des phénomènes accidentels nécessite la prise en compte de la dynamique du système. [...] Une recherche sur la compréhension des phénomènes accidentels qui ne considérerait qu'une partie du système ne ferait que regarder par le « trou de la serrure » une réalité perçue beaucoup plus complexe. Cette démarche est pourtant parfois la seule possible au vu des compte-rendus disponibles sur les phénomènes accidentels ». (pp. 19-20).*

L'analyse systémique des événements permet d'identifier les sphères en continuelle interaction au sein du système. Un système est composé de trois sous-systèmes en constante interaction avec son environnement (Wybo, Godfrin, Colardelle, Guinet & Denis-Rémis, 2003) :

- technique (installation, composants, etc.) ;
- organisationnel (hiérarchie, documentation, etc.) ;
- humain (acteurs qui participent à la gestion des situations) .

Nous renvoyons ici le lecteur aux modèles développés dans le domaine des cindyniques et précédemment évoqués.

La notion de « système » est utilisée dans des champs d'intervention très divers et par conséquent ne désigne pas toujours la même notion. A la lumière de ces éléments, il est essentiel de décrire le système étudié, le système tunnel, ainsi que les composantes sur lesquels une attention particulière est portée dans les travaux de recherche.

3.2. Un tunnel routier : un système complexe ouvert

3.2.1. Présentation du système tunnel

Les tunnels routiers s'insèrent dans un contexte en perpétuelle évolution qui comporte de nombreuses variantes. A partir des éléments donnés précédemment, **un tunnel routier peut être assimilé à un système complexe dont l'équilibre est défini par son niveau de sécurité c'est-à-dire son niveau de fonctionnement optimal**. Si l'équilibre est perturbé par l'action de l'une de ces composantes, les autres par leur(s) action(s) peuvent aider le système à retrouver son équilibre.

D'une manière générale, le système « tunnel » est constitué de trois composantes (ou « sous-systèmes ») qui interagissent en permanence les unes sur les autres et impliquent en continu des actions pour maintenir l'équilibre du système. Ces trois sous-systèmes peuvent être décrits de la manière suivante (Figure 10) :

- **le sous-système « usager »** défini par les conducteurs au volant de leur véhicule (y compris le chargement) ainsi que leurs éventuels passagers ;
- **le sous-système « exploitant »** défini par le personnel de l'exploitant (opérateurs, etc.) et les services d'intervention et de secours (sapeurs-pompiers, gendarmes, etc.) ;
- **le sous-système « infrastructure »** défini par le génie civil et les équipements de l'ouvrage ainsi que les modes d'exploitation.

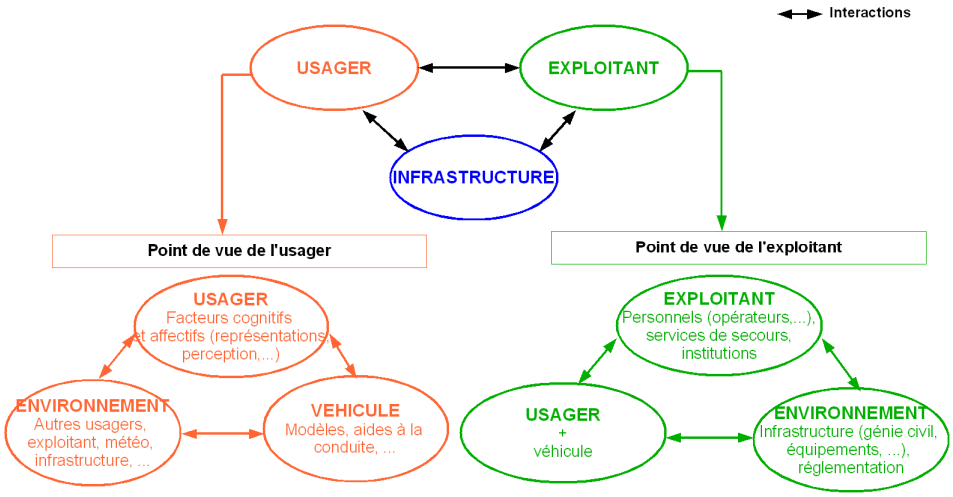


Figure 10 : Représentation systémique du contexte de la recherche

Nous assimilons un tunnel routier a un **système socio-technique** dans la mesure où, d'après Saucin (2007), l'organisation est considérée comme un système d'interactions entre un sous-système social et un sous-système technique.

Dans le cadre de notre recherche, il est indispensable de connaître plus précisément le point de vue de l'usager qui traverse le tunnel à bord d'un véhicule, et celui de l'exploitant qui gère une infrastructure en veillant à la sécurité des usagers. **Les deux composantes humaines et organisationnelles du système tunnel sont pour nous les points clés des situations.** En effet, elles ont leur propre mode de fonctionnement et peuvent être amenées à communiquer entre elles en cas d'évènement.

Ainsi, la représentation du système tunnel proposée est orientée sur l'activité de l'usager et celle de l'exploitant. Ces activités sont différentes et constituent deux groupes d'individus ayant des caractéristiques et une activité propres. Cette représentation met en évidence que l'analyse du comportement de l'usager nécessite de prendre en compte les interactions avec son environnement (les personnels « exploitant » et le tunnel dans lequel il circule).
Pour atteindre l'objectif de notre recherche dans le temps imparti, il nous est impossible de nous intéresser d'emblée à tous les aspects du système. Notre analyse se porte sur un système composé de : l'environnement routier (tunnel), des usagers et de leur véhicule.

3.2.2. Pourquoi un système « ouvert » ?

Les risques inhérents à ces ouvrages ainsi que leurs conséquences et leurs modes de gestion apparentent les tunnels routiers à des systèmes industriels (aviation, industries chimiques ou nucléaires, système ferroviaire ou routier, etc.). Partie intégrante du système de transport routier, les tunnels ont la particularité d'être des systèmes « ouverts ». Pour mieux appréhender le système complexe qu'est le tunnel routier, nous précisons la notion de système « ouvert » en la comparant à celle de système « fermé » qui peuvent être employées différemment selon l'angle d'approche des intervenants et le système étudié.

➘ **Une partie du système tunnel est comparable à un système industriel** puisque ces composantes infrastructure et exploitant relèvent d'une logique industrielle au sens où il est possible de normaliser les éléments constitutifs de l'ouvrage ainsi que les prescriptions d'exploitation (par le biais des procédures et des exercices d'entraînement). Elles peuvent être normées et faire l'objet de vérifications et contrôles pour assurer un certain niveau de sécurité.

➘ **La composante usager, quant à elle, ne peut être incluse dans cette « logique industrielle »**, car, hormis l'obligation de respecter les règles du code de la route, l'usager et son véhicule ne peuvent être normalisés pour être parfaitement adaptés à la traversée d'un tunnel donné (les usagers ne connaissent pas les caractéristiques de chaque ouvrage et ne participent pas aux exercices en tunnel). *« A l'exception de la restriction d'accès à certains véhicules, il s'agit d'un lieu ouvert à (presque) tous les publics. Il n'est donc pas envisageable de filtrer les usagers selon leurs compétences et aptitudes à maîtriser le système tunnel et ses contraintes. »* (Noizet, Mourey & Ricard, 2006, p. 5).
Les acteurs sont d'origines diverses, ils interagissent entre eux sans forcément se connaître ; leur nombre et leur mode de déplacement sont variables au cours du temps. Les usagers entrent et sortent du système sans que l'organisation puisse vérifier leurs connaissances concernant le tunnel, les dispositifs et les consignes de sécurité. Dans ce cadre, nous assimilons un tunnel routier à un système « ouvert ».

3.3. Présentation du terrain de recherche

Lors de notre étude, le temps passé dans les postes de contrôle et l'étude des représentations mentales avec les différents personnels « exploitant » ont facilité l'immersion au sein de la SFTRF. En effet, les entretiens réalisés avec les personnels « exploitant » et les heures effectuées dans les PC ont été l'occasion de faire connaître le travail de recherche et ses objectifs. Ceci nous a permis de connaître et de comprendre le fonctionnement du système tunnel aussi bien dans son ensemble que dans ses spécificités ainsi qu'en situation de « routine » et lors de la gestion des évènements.

Pour faciliter la lecture des méthodes utilisées et des résultats de notre recherche, la présentation de notre terrain d'étude vise à fournir un exemple appliqué des principaux modes de gestion en tunnel que nous avons présentés ainsi qu'à en indiquer des éléments de référence.

Notons que l'exploitation du réseau est scindée en deux parties. La première est confiée au **centre d'entretien du CESAM** et couvre près de 70 kms d'autoroute comprenant quatre tunnels. La seconde, le **Groupement d'Exploitation du Fréjus** (GEF) gère exclusivement le tunnel du Fréjus en collaboration avec la société italienne (SITAF). Nous avons été impliqués dans les deux structures. Compte tenu du temps à disposition et de la possibilité de généraliser certaines observations, les travaux se sont pour la plupart déroulés au sein du PC[31] CESAM. Afin de donner une illustration de l'organisation, des acteurs, des tunnels et des principales procédures d'exploitation notre point de vue concerne en particulier la gestion sur la partie « autoroute ». L'exploitation des tunnels autoroutiers est intégrée à l'exploitation générale de l'autoroute de la Maurienne ; elle est structurée sur les acquis du tunnel du Fréjus. De fortes interactions sont à noter entre les exploitations des tunnels d'Orelle et du Fréjus.

3.3.1. Le poste de contrôle du CESAM

3.3.1.1. Le fonctionnement général

Le poste de contrôle est le **centre nerveux de l'exploitation dans lequel transitent toutes les informations transmises par les équipements de supervision** (appels d'urgence, volume trafic, données météo, etc.).

Un régulateur et un opérateur de trafic surveillent et gèrent le trafic 24h/24h. L'équipe est composée de six régulateurs et six opérateurs. Le régulateur assure le contrôle et la conduite des installations techniques en section courante (autoroute) et tunnel, la gestion des interventions, incidents, pannes et accidents (traitement et alerte), l'alerte et l'information des institutionnels (sapeurs-pompiers, etc.) ainsi que la gestion et suivi de la viabilité hivernale. Il surveille en particulier la partie située entre le tunnel d'Orelle et le tunnel du Fréjus. L'opérateur assiste le régulateur dans les missions définies ci-dessus et surveille en particulier la section d'autoroute située entre Aiton et St Michel de Maurienne (Figure 11).

[31] Poste de Contrôle.

La gestion est répartie entre le régulateur et l'opérateur sur deux postes de supervision constitués de quatre écrans. Ils sont souvent gérés par secteur/zone géographique (deux tunnels sur une portion de l'autoroute – de Aiton à St Michel de Maurienne et tunnel d'Orelle sur une autre portion – de St Michel de Maurienne au tunnel du Fréjus) . **Ils peuvent commander à distance de nombreux équipements** (détection incendie, portail d'accès des secours, ventilation et éclairage des tunnels). Lorsqu'un événement survient, le régulateur fait le choix entre trois scénarios[32] et la gestion est réalisée informatiquement via le système de supervision. Si le mode supervision ne fonctionne pas, un mode dégradé est prévu (Gestion Technique Centralisée).

Le régulateur et l'opérateur travaillent au quotidien en étroite collaboration avec les **agents routiers** présents sur le terrain. Un **patrouilleur,** détaché de l'équipe des agents routiers, accompagne le régulateur dans ses missions de surveillance du réseau et d'assistance aux clients (gestion des pannes et accidents) et autres perturbations de trafic.

Pour la gestion de certains évènements du tunnel d'Orelle (incendie en particulier), ils sont également amenés à collaborer avec les pompiers sécurité du tunnel[33] (PST) rattachés au GEF.

Les premières études en terme de sécurité touchent les opérateurs de supervision exerçant en centrale nucléaire ou dans le domaine de l'aviation (pilote d'avion, aiguilleur, etc.). Au fil du temps, elles ont été élargies à d'autres domaines tels que le train ou le métro (Djibo & al., 2006). Des recherches-interventions ont été menées en vue de proposer des recommandations en termes de gestion de la régulation, de résolution des incidents, de partage des tâches au sein des PC, de coordination et de collaboration en situation de travail complexe (Latiers & Jacques, 2007), l'effet de la distance physique (Michinov, 2008), etc..

Nous n'avons pas eu connaissance d'études portant spécifiquement sur l'activité des opérateurs de tunnel ou plus largement de gestion de trafic autoroutier. Cependant, les connaissances déjà acquises sur le fonctionnement humain en activité nous ont paru être applicables à ce métier dans une perspective de compréhension du contexte de la recherche.

3.3.1.2. La formation des opérateurs

Comme le soulignent Tesson et Lavedrine (2004), il est primordial d'améliorer en permanence les aptitudes des exploitants de tunnel. En effet, leurs missions requièrent des compétences difficiles à spécifier, mais aussi « à acquérir et à maintenir » comme témoigne un opérateur.

La formation des régulateurs et des opérateurs est fondée sur une partie qui est dispensée en interne et une partie en externe.

[32] Accident de véhicule sans incendie (PSB A) ; incendie de véhicule (PSB B) ; incendie sur une installation technique du tunnel (PSB C).
[33] Nous emploierons parfois l'expression pompiers « tunnel ».

➘ **En interne**, elle repose sur plusieurs aspects. A leur entrée dans l'équipe, les nouveaux arrivants suivent **deux jours de formation théorique et pratique** (visites des installations) dispensée par un des régulateurs dont c'est la mission (connaissance de l'infrastructure). La formation continue des agents repose sur :

- ponctuellement, **l'évolution des nouveaux outils** (vidéo, DAI[34], équipements, etc.) ;
- la maîtrise du contenu des consignes d'exploitation, du document de sécurité et du PIS ainsi que la maîtrise de l'outil contrôle commande (supervision) et la connaissance du contenu des macro-commandes ;
- régulièrement, des cours de **langues étrangères** (anglais et italien) ;
- les **exercices de sécurité** et les **évènements d'exploitation** ;
- **des exercices cadres sur table ou après les débriefings sur événement permettent de tester et évaluer régulièrement** les personnels ;
- si besoin, une évaluation des agents par un cabinet de formation et des séances de travail collectives ou individuelles.

➘ **En externe**, la formation concerne celle mise en place, en 2004, par le **CETU**. Elle est réalisée par différents acteurs et experts du monde des tunnels (exploitants, sapeurs-pompiers, etc.), et vise à permettre aux opérateurs de supervision d'**acquérir ou** d'**approfondir certaines connaissances et savoirs-faire**. Cette formation est composée de deux sessions de trois jours espacées de quelques semaines et traitent de différents sujets avec différentes méthodes pédagogiques.

3.3.2. Les tunnels du champ d'observation

Une partie de notre recherche porte sur les événements d'exploitation qui se sont produits, entre 2006 et 2008, dans les tunnels d'Aiguebelle, Hurtières, Orelle et Sorderettes. Ces derniers diffèrent notamment par leur configuration et la fréquence des évènements survenus au cours des années 2006 - 2007 (Tableau 3).

➘ Le **tunnel d'Orelle** est long (près de 4 kms) et possède des caractéristiques particulières. Il est situé entre le tunnel du Fréjus et les péages de l'autoroute, il est monotube, bidirectionnel (les deux voies sont séparées par une voie centrale neutralisée et matérialisée au sol par des zébras en peinture), il possède une pente constante égale à 2,25% et la limitation de vitesse est de 70 km/h pour les PL et 90 km/h pour les VL.

➘ Les **tunnels d'Aiguebelle et des Hurtières** sont quant à eux situés sur l'autoroute en amont d'Orelle (sens France-Italie) ; ils sont composés de deux tubes unidirectionnels à deux voies de près de 1 km, avec une limitation de 110 km/h pour les VL et de 90km/h pour les PL.

➘ Le **tunnel des Sorderettes** est différent des deux autres types de tunnel. Il est court, monotube, unidirectionnel, avec une limitation de vitesse à 90 km/h pour les PL et VL.

[34] Détection Automatique d'Incidents.

Tableau 3 : Synthèse des principaux éléments de description des tunnels étudiés

Nom de l'ouvrage	Type de voie	Circulation	Nb de tube(s)	Longueur	Limitation de vitesse	Nb événement
Aiguebelle	Autoroute	Unidirectionnelle	2	926m (tube1) 905m (tube 2)	PL: 90km/h VL: 110km/h	9
Hurtières				1198 (tube 1) 1183m (tube 2)		15
Orelle	Autoroute rmq: ces tunnels sont situés entre le tunnel du Fréjus et les péages, sur une portion de route à forte déclivité	Bidirectionnelle	1	3684m	PL: 70km/h VL: 90km/h	71
Sorderettes		Unidirectionnelle		372m	PL: 90km/h VL: 90km/h	3

Le schéma des aires de repos et de service de l'Autoroute de la Maurienne (Figure 11) donne une **vue d'ensemble de l'itinéraire A43 Maurienne** et facilite la compréhension du contexte de la recherche.

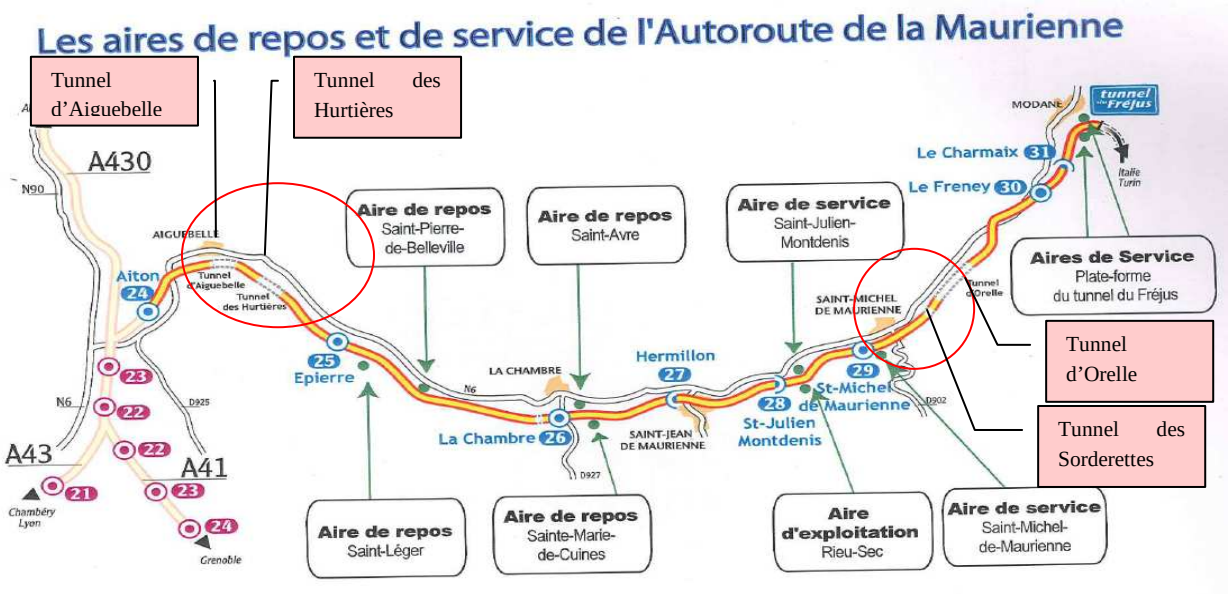


Figure 11 : Vue d'ensemble de l'itinéraire A43 Maurienne

3.3.3. Les procédures et les consignes d'exploitation

Les différences de configuration évoquées précédemment impliquent des stratégies d'intervention différentes. Retenons que la fermeture des tunnels d'Aiguebelle et Hurtières ne nécessite généralement pas d'autre coupure du réseau (barrières de péage, etc.).
Le tunnel d'Orelle est celui qui impose le plus de contraintes en terme d'exploitation, notamment lorsqu'au moins un des deux sens de circulation doit être fermé. Nous en présentons les principales mesures d'exploitation en cas d'évènements.

➘ **La fermeture du tunnel d'Orelle entraîne, le plus souvent, la fermeture :**

- **du tunnel du Fréjus** (pour un événement PL en direction de la France) et nécessite la fermeture d'une ou plusieurs barrières de péage afin d'éviter la création d'un bouchon dans la rampe d'accès au tunnel du Fréjus (zone à forte déclivité) ;
- **de l'aire de contrôle des matières dangereuses** de St Michel de Maurienne (aire « mada »), aire spécialement équipée et positionnée après le péage et l'aire de service

de St Michel de Maurienne. Elle est gérée par un pompier sécurité tunnel, issu des équipes de l'exploitation du tunnel du Fréjus, qui peut être amené à intervenir dans le tunnel en cas de besoin.

➘ **En fonction des conditions trafic et météo, cela entraîne également :**

- **le stockage des PL** sur l'aire d'exploitation poids lourds du Rieu Sec, qui permet de faire patienter les usagers (commodités à disposition) ;
- le **délestage des VL** sur la route nationale.

Avant d'aborder les éléments entourant le fondement du comportement humain, ceux entourant le retour d'expérience en général et plus particulièrement en tunnel routier sont donnés. Le chapitre suivant comprend un état actuel du retour d'expérience, situé par rapport aux cindyniques, et des connaissances en matière de comportement humain dans le domaine des tunnels routiers.

4. Bilan

Au cours de ce chapitre, nous avons situé notre recherche par rapport à la gestion des risques et plus particulièrement par rapport à l'approche des cindyniques. Ceci nous a conduit à préciser notre terrain expérimental et son contexte.

Les cindyniques et ses principaux concepts ont été présentés. Comme le souligne Wybo, *« Les cindyniques proposent une approche méthodologique permettant de formaliser les situations porteuses de danger en respectant leur complexité. »* (2002, p. 29). Ce courant a évolué dans le temps passant d'une approche centrée sur les aspects techniques à une approche orientée sur les facteurs humains et organisationnels. Il conduit à aborder la notion de « risque » (possibilité qu'un danger s'articule) et celle de « danger » (menace pour la santé ou la vie) qui sont intrinsèquement liées tout en étant distinctes. Ainsi selon le point de vue de Denis-Rémis (2007), le premier étant un objet « immatériel » et le second un objet « matériel », les risques se représentent alors qu'un danger se perçoit. Nous avons également insisté sur les différences qui existent entre la conception « experte » du risque et celle du « profane ».

Nous avons également vu que certains risques sont acceptés et d'autres non. Ceux pris pour satisfaire les besoins personnels ont tendance à être sous-estimé alors que ceux imposés par d'autres ont tendance à être sur-estimés. Nous avons par la suite donné quelques points de repères sur la notion d'événement et de ses différentes définitions (crises, accidents, incidents, signaux faibles, etc.) qui apportent des éléments permettant de construire une typologie des évènements en tunnel routier.

Enfin les notions d'apprentissage organisationnel et de résilience ont été abordées. Pour illustrer la démarche des cindyniques, nous avons présenté quelques modèles (« nœud papillon », « tranche de gruyère », « boucle de progrès »). Ces modèles aident à définir et à présenter une situation de danger selon différents aspects. Ils sont utiles pour l'intervention des professionnels dans leur travail quotidien et pour notre implication dans la recherche.

Nous avons dans un deuxième temps présenté le contexte de la sécurité et des risques en tunnel routier. La diversité existante sur la topologie engendre des différences dans les procédures pour la gestion quotidienne et celle des évènements qui sont propres à chaque tunnel. Ce contexte est en perpétuelle transformation, il est complexe. Nous avons présenté l'évolution de la réglementation. La gestion de la sécurité en tunnel routier est ici appréhendée essentiellement à partir des aspects administratifs, des procédures et des responsabilités. Nous avons évoqué l'incendie, comme principale source de danger en tunnel routier, et ses conséquences éventuelles pour l'être humain puis la stratégie de sécurité, basée sur l'auto-évacuation des usagers dans les premières minutes de l'événement. Cette stratégie est élaborée et mise en place afin de protéger les usagers. Elle est basée sur un comportement attendu et l'utilisation adéquate des équipements mis à disposition.

Afin de poursuivre la présentation du contexte de la recherche nous avons exposé le système tunnel. L'approche systémique a permis à la psychologie d'enrichir ses connaissances sur le comportement humain en prenant en compte l'environnement (la famille en particulier) dans lequel évolue l'individu. Utilisée dans le domaine industriel, elle offre une vision globale et pluridisciplinaire des évènements, des accidents. Nous avons parlé du système tunnel tel un **système « ouvert »** afin de marquer la différence avec les systèmes industriels qui s'apparentent à des systèmes « fermés » dans le sens où les entrées et les sorties peuvent être maîtrisées et même si on tend aujourd'hui à redéfinir les systèmes comme ouverts. Comme le notent Crozier et Friedberg, considérer l'organisation comme un système fermé *« (...) limite la qualité de l'interprétation que l'on peut donner de l'organisation comme un ensemble au sein de la société »* (1977, p. 291). Les contraintes extérieures sont de plus en plus présentes dans les systèmes et commencent à être intégrées dans les études amenant à considérer les systèmes comme « ouverts ».

Ensuite nous avons donné des éléments sur l'organisation et le fonctionnement de notre terrain de recherche. Nous avons brièvement présenté les tunnels sur lesquels la plupart de nos observations ont été conduites, notamment les procédures et consignes d'exploitation du tunnel d'Orelle (tunnel sur lequel ont porté la plupart de nos expériences) ainsi que le poste de contrôle du CESAM et la formation des opérateurs.

S'il est possible de réduire la probabilité d'occurrence des crises, la notion de risque zéro est une utopie (Lagadec, 2003 ; Kokubun & al. 2005). Cependant, à travers le retour d'expérience et une amélioration des procédures, il est indispensable de tendre vers le risque zéro. Comme le souligne Mortureux, (2004), *« La maîtrise des risques des installations à haute exigence […] passe, entre autres, par une surveillance continue de leurs performances, à la fois une évaluation fréquente des résultats et une surveillance du fonctionnement qui produit ce résultat. Le retour d'expérience est l'outil essentiel de cette fonction. »* (p. 3).

Chapitre 4. Retour d'expérience et méthode de recherche

Les objectifs de la gestion des risques sont d'éliminer ou de réduire les événements dangereux, mais également d'être capable d'agir au mieux lorsque le risque se transforme en accident ou en crise. Pour atteindre ces objectifs, les organisations mettent en place des moyens et des politiques de prévention et de lutte. Le retour d'expérience fait partie de ces moyens (Wybo, 2002 ; Wybo & al., 2004b ; Wybo, Colardelle & Guinet, 2005).
Dans un premier temps, nous allons définir le retour d'expérience d'un point de vue conceptuel puis, dans un deuxième temps, d'un point de vue pratique, selon notre terrain d'étude. Ceci conduira à poser nos hypothèses de travail et présenter notre méthode de recherche.

1. Les conceptions du retour d'expérience

Le retour d'expérience (REX) est une démarche largement appliquée aujourd'hui et considérée comme incontournable dans toutes les procédures efficaces de gestion de risques (Wybo, Colardelle, Poulossier & Cauchois, 2001). Cependant, les approches varient en fonction des domaines d'application. Nous allons en donner une représentation.

1.1. Le retour d'expérience : outil ou démarche de management ?

1.1.1. Evolution du REX : prise en compte des facteurs humains et organisationnels

Nous évoquons ici les éléments entourant les phases constitutives de l'évolution du retour d'expérience dans le temps ainsi que les pratiques qui nous amènerons à positionner notre point de vue et définir le retour d'expérience selon celui-ci.

Selon Amalberti et Barriquault (1999), l'analyse des évènements repose sur deux catégories de dysfonctionnements centrés sur les données techniques et sur les facteurs humains. *« Le retour d'expérience possède une antériorité dans le domaine technique, même s'il existait sous un nom différent. La plupart des accidents ont donné lieu à des correctifs et à de nouvelles règles dont l'objectif était d'aboutir à une plus grande sécurité des personnes, des biens et de l'environnement. Plus généralement, c'est souvent le retour d'expérience sur des catastrophes marquantes qui a été le moteur de la mise en place de lois et de règlements de prévention des risques. »* (Wybo, Colardelle & Guinet, 2005, p. 9).

Dans la plupart des secteurs d'activités à risques, les retours d'expérience ont été élaborés dans une optique « technique » et « quantitative », les sciences de l'ingénieur étant au cœur de la méthodologie. **Dans les secteurs où la sécurité a atteint un « palier » (niveau de performance élevé) sur le plan technique mais dans lesquels les enjeux en terme de maintien ou de progrès sont cruciaux, le retour d'expérience inclut, désormais, les aspects humains et organisationnels.** Il s'appuie sur des démarches plus qualitatives qui prennent en compte les acquis des sciences humaines et sociales (Gilbert, 1999). L'objet d'étude du retour d'expérience a ainsi évolué au cours des années. On s'est d'abord intéressé à la défaillance technique, puis à l'« erreur » humaine, ensuite à l'organisation et aujourd'hui à l'organisation et son contexte (Lim & al., 2002 ; Wybo, Colardelle & Guinet, 2005).

Si les domaines les plus en pointe connaissent d'importants développements et innovations en matière de retour d'expérience, celui-ci est dans bien des cas encore **trop souvent restreint à la simple constitution d'une base de données** (Mortureux, 2004). Pour mémoriser l'expérience de gestion d'accidents ou de crises, la première méthode généralement utilisée consiste à formaliser chaque accident via des bases de données. Cette méthode est efficace pour un usage statistique et pour établir une épidémiologie des accidents. Elle est une aide à la décision importante pour la politique générale de sécurité de toute organisation, pour son suivi ainsi que pour une évaluation des mesures prises (Wybo & al., 2001 ; Wybo & al., 2003).

Bien que nécessaire à la connaissance statistique des phénomènes, cette approche du retour d'expérience réduit les possibilités de comprendre les phénomènes accidentels dans leurs multiples composantes. Selon Wybo et al. (2001), *« Elle présente l'inconvénient de faire perdre une information importante : le déroulement des événements, l'enchaînement et la justification des décisions.»* (p. 118). **Aujourd'hui, cet aspect est intégré dans des approches plus globales** qui définissent des échelles de niveaux de gravité et des types de retour d'expérience qui peuvent leur être appliqués en fonction de leur potentiel d'apprentissage. En effet comme le souligne Wybo (2004a), *« Le choix de la profondeur d'analyse est ainsi guidé par l'ampleur des dommages, alors que ce ne sont pas toujours les accidents les plus dramatiques qui permettent d'apprendre le plus et d'en tirer les enseignements les plus pertinents. »* (p. 28).

1.1.2. Eléments de définition

Le terme « retour d'expérience » est appliqué à une variété de démarches : méthodes d'enquête, ensemble de moyens de collecte d'informations, démarches analytiques (Wybo & al., 2003). La définition du terme est ainsi devenue **vaste et polysémique**. Il existe de nombreuses définitions du retour d'expérience : outil d'aide à la correction de pannes techniques, source d'information des bases de données statistiques, source de progrès des organisations, etc..

Le retour d'expérience est un outil relativement récent développé dans le domaine de la maîtrise des risques des systèmes complexes (aviation, nucléaire, ferroviaire, etc.) ayant

pour **principal objectif le maintien d'un niveau de sécurité optimal** du système considéré. Plusieurs auteurs remarquent que *« Le retour d'expérience est une démarche nécessaire dans tous les secteurs d'activité à risques. »* (Gilbert, 1999, p. 4). *« C'est l'objet indispensable à toute politique de sécurité de systèmes complexes. »* (Amalberti & Barriquault, 1999, p. 67). *« C'est une démarche organisée et systématique de recueil et d'exploitation des signaux que donne un système. [...] Le retour d'expérience fournit des données pour l'étude des risques. C'est l'outil essentiel de la maîtrise des risques [...] et l'outil principal pour avoir des informations exploitables sur les comportements réels en situation de production. »* (Mortureux, 2004, p. 1).

Dans les domaines les plus avancés en matière de gestion des risques (nucléaire, aviation, ferroviaire, etc.), le retour d'expérience est défini comme un processus itératif de recueil, d'analyse et d'apprentissage des facteurs techniques, humains et organisationnels en jeu lors d'évènements qui se produisent dans un système complexe à risques afin d'en améliorer la compréhension et d'optimiser les interventions liées à la sécurité (Wybo & al., 2003).

« La démarche de retour d'expérience consiste à utiliser le développement d'un événement réel comme une opportunité pour collecter l'expérience individuelle de plusieurs acteurs et la réunir sous la forme d'une expérience collective. Le retour d'expérience doit permettre de capter la représentation de la dynamique des situations pour mieux comprendre les accidents passés et permettre de partager l'expérience acquise lors de la gestion des risques et des crises. » (Wybo & al., 2003, p. 7.).

Le retour d'expérience est **une démarche managériale d'amélioration continue de la sécurité du système considéré qui implique tous les niveaux hiérarchiques de l'organisation.** Il permet de consolider les forces du système (barrières de prévention et de protection qui ont bien fonctionné, réseaux d'acteurs qui ont collaboré, organisation adaptée, etc.), mais aussi de déceler les faiblesses du système qu'elles soient techniques, organisationnelles ou humaines (problème au niveau de la communication, de l'information, des compétences, du savoir, etc.).

Selon Wybo, Colardelle et Guinet (2005) et Wybo et al. (2003), le retour d'expérience est considéré comme **une source de progrès des organisations**. Il s'applique à l'étude des événements non voulus et à leur gestion. Il permet de comprendre l'enchaînement des faits, d'identifier les difficultés techniques, humaines et organisationnelles rencontrées et les pistes d'amélioration. Il a pour objectif de mettre en valeur les acteurs et les modes d'organisation qui ont permis de gérer des situations délicates (actions et informations qui ont joué un rôle positif sur le déroulement de la situation). Il doit être aussi une opportunité de dialogue et de partage afin de participer à l'apprentissage de tous. Les auteurs parlent de « retour d'expérience positif ».
L'intérêt du retour d'expérience est donc multiple et peut se déployer à un niveau interne avec les acteurs du terrain et le management (échelle locale) ou à un niveau externe (échelle régionale et/ou internationale).

1.2. Des approches propres aux besoins de l'organisation

L'approche du retour d'expérience est très diversifiée et inégalement développée selon les domaines d'activité explorés. D'après Gilbert (1999), si dans l'aviation civile, le nucléaire et de nombreuses industries, les pratiques de retour d'expérience sont clairement identifiées et intégrées au fonctionnement des organisations, dans le domaine des transports routiers, les pratiques sont moins développées et moins systématiques malgré des évolutions observables.

Parmi les différentes démarches de retour d'expérience existantes nous donnons ici quelques exemples qui nous ont fourni un axe de réflexion s'intégrant à notre démarche.

1.2.1. Dans le domaine industriel : le BARPI

Le BARPI[35] a été crée en 1992 au sein de la Direction de la Prévention des Risques et Pollutions Industrielles (DPPR), du ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Cet organisme pratique le retour d'expérience à un niveau pluriorganisationnel.
« Le BARPI a comme mission le recueil des informations et la constitution d'une base de données sur les accidents industriels (au sens large), la mise à disposition de ces données et leur analyse auprès de différents types d'utilisateurs, publics et privés, à des fins de prévention, réglementation, etc.. » (Gilbert & Bourdeaux, 1999, cité par Wybo & al., 2003, p. 10).

Le BARPI a **trois missions principales** (Wybo & al., 2003) :

- **centraliser et analyser les données** relatives aux accidents, pollutions graves et incidents significatifs survenant dans les installations classées pour la protection de l'environnement ou liées à l'activité de ces dernières et susceptibles de porter atteinte à l'environnement, à la sécurité et à la santé publique. La base de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents), opérationnelle depuis 1993, a comme objectif de rassembler et de traiter les informations accumulées dans l'étude des évènements. Les informations proviennent de plusieurs sources (inspection des services de secours et de sécurité, etc.) afin d'être les plus exhaustives possibles et d'alimenter les études et réflexions des entités directement concernées ou simplement intéressées ;
- **constituer un pôle de compétences**, susceptible de contribuer à la définition de la politique générale en matière de prévention et de réduction des risques technologiques ;
- **assurer la diffusion des enseignements tirés de l'analyse** des accidents survenus en France ou à l'étranger.

L'accent est mis sur l'importance de **mieux informer la société civile des réalités et des difficultés de la prévention des risques technologiques** sans attendre l'accident afin qu'elle puisse en dehors des périodes de crise se forger une opinion et participer à la gestion de ces risques. Pour faire face à la complexité et à la diversité des accidents, notre société a besoin de repères. L'échelle européenne permet, avec des critères objectifs, de

[35] Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles.

mettre les accidents en perspective les uns par rapport aux autres et facilite l'accès aux informations relatives aux effets et conséquences. Cette échelle comprend quatre indices qui représentent respectivement les marchandises dangereuses, les conséquences humaines et sociales, les conséquences environnementales et les conséquences économiques (BARPI, 2005).

Sécurité et transparence sont deux exigences légitimes de notre société. L'accès au niveau de sécurité très élevé, exigé par nos concitoyens, nécessite le développement d'une culture collective de la sécurité et le partage en toute transparence du « capital du savoir », acquis à l'expérience des succès mais aussi des échecs. Cette préoccupation recouvre tant les mesures techniques que les aspects organisationnels et le management. Elle implique le recueil, l'analyse et la mise en commun des informations et des enseignements tirés des accidents et incidents antérieurs pour que les améliorations qui apparaissent nécessaires puissent être mises en œuvre (BARPI, n. d.).

1.2.2. Dans le domaine des transports

1.2.2.1. Les Etudes Détaillées d'Accidents

Dans le domaine des transports terrestres, une illustration concrète des apports du retour d'expérience sur la connaissance des facteurs humains peut être donnée à partir du dispositif des Etudes Détaillées d'Accidents (EDA) mis en place par l'unité Mécanismes d'Accidents (MA) de l'INRETS à Salon de Provence. Ce dispositif a servi de base pour construire notre méthode d'analyse des évènements en tunnel.
Les retours d'expérience en sécurité routière sont organisés par les ministères concernés tout en étant complétés par des actions réalisées par les organismes de recherche (Ferrandez, 1999). Dans ce dernier cas, l'INRETS a développé des analyses en profondeur : les EDA dont l'idée est apparue aux Etats-Unis dès les années cinquante.

La méthode des EDA se fonde sur une approche systémique qui s'intéresse tant aux facteurs humains (données subjectives) qu'aux facteurs liés aux véhicules et aux infrastructures (données objectives). Lorsqu'un accident survient, un technicien et un psychologue de l'INRETS se rendent sur les lieux afin de recueillir des données. Le psychologue réalise des entretiens auprès des personnes impliquées et des témoins. Ces entretiens sont complétés dans les jours qui suivent par un deuxième entretien. Ces données confrontées aux données objectives permettent de reconstituer le déroulement de l'accident de manière très précise. Cette méthode s'inscrit dans les objectifs de recherche de l'INRETS et vise à comprendre les facteurs et mécanismes psychologiques en jeu dans l'activité de conduite afin de proposer des solutions en matière de sécurité routière (infrastructure, prévention, etc.).

A partir de données recueillies par des équipes pluridisciplinaires, l'objectif général de ces études est l'analyse des processus de dysfonctionnement du système routier, la détermination des causes et des conséquences des accidents. Les informations utilisées pour ces études de cas sont plus approfondies et plus complètes que celles contenues dans les procès-verbaux établis par les forces de l'ordre. Leur analyse ne vise pas à établir des

responsabilités, mais à reconstruire, décrire et comprendre le déroulement de l'accident tout en expliquant les enchaînements de causes.

L'analyse des données recueillies est notamment basée sur le modèle (simplifié) de fonctionnement de l'être humain issu de la psychologie cognitive. Ce modèle aide à comprendre le fonctionnement psychologique des usagers pendant le déroulement de la situation d'accident. Par exemple, un accident étudié dans le cadre des EDA, montre comment l'absence de repères directionnels, due à la présence de travaux sur la voirie, peut solliciter une grande partie des ressources attentionnelles du conducteur, n'en laissant que peu pour l'observation de son environnement. Ainsi, focalisé à trouver un repère directionnel, le conducteur ne « voit » pas ce qui se passe autour de lui et entre en collision dans un carrefour avec un deuxième usager (Girard, 2007).

Les études détaillées d'accidents sont un atout pour une meilleure maîtrise des problèmes de sécurité routière. Elles offrent la possibilité d'identifier les informations et les enseignements qui permettront des actions de prévention plus efficaces dirigées vers les conducteurs, compte tenu de leurs caractéristiques et capacités, mais aussi vers les véhicules et vers les infrastructures.

L'EDA est un outil qui doit être adapté aux objectifs poursuivis. Selon Ferrandez (1999), *« L'approche est de type clinique, analytique, et nécessite un recueil de données de qualité. Pour cela des méthodes de recueil et d'analyse appropriées sont mises en œuvre. »* (p. 37). Dans cette perspective, il peut être utilisé dans l'analyse de différents aspects de la sécurité routière (deux-roues, carrefour, etc.) et, compte tenu de ses avancées, dans l'élaboration de **scénario-type d'accidents**.

Pour Brenac et Fleury (1999) un scénario-type est *« Un déroulement prototypique correspondant à un groupe d'accidents présentant des similarités d'ensemble du point de vue de l'enchaînement des faits et des relations de causalités dans les différentes phases. »* (cité par Amans & al., 2005, p. 18). Leur création concourt à acquérir une connaissance complète des mécanismes accidentels. *« Ce regroupement permet d'obtenir aisément une vue d'ensemble des éléments constitutifs d'une base de données, quel que soit son échelle et, ainsi, d'établir des conclusions générales propres à ces ensembles de cas. »* (Amans & al., 2005, p. 19). Ces regroupements visent à permettre l'identification des mécanismes accidentels de base (réalisation de diagnostic). Ces caractéristiques peuvent servir de fondement à l'élaboration de mesures préventives touchant le conducteur, son véhicule ou l'environnement dans lequel il évolue et participent ainsi à l'amélioration de la sécurité routière.

Le regroupement peut se faire soit par une analyse experte, au cas par cas, soit par une méthode statistique.

➘ La première option repose sur des données très précises issues généralement d'études détaillées d'accidents, le regroupement se fait en fonction des variables disponibles et des objectifs recherchés par la classification. *« La complexité d'un accident est telle que cette méthode, faisant appel à des compétences particulièrement poussées, est la plus efficace. »*

(Amans & al., 2005, p. 19). Cependant, elle se caractérise par un coût financier élevé car l'examen au cas par cas est contraignant en terme de temps et d'expertise.

➘ La deuxième option repose le plus souvent sur une base de données conséquente, telles des statistiques nationales.

Dans les deux cas il est nécessaire d'avoir un nombre d'informations conséquent à partir d'une méthode de recueil et d'analyse systématisée et pour laquelle, le plus souvent, un groupe de plusieurs chercheurs collaborent.

1.2.2.2. A la RATP

D'après Wybo et al. (2003), le retour d'expérience à la RATP s'organise à deux niveaux :

- **au plus près du terrain**, dans les départements et les unités, pour réagir dans des délais brefs à toute manifestation anormale concernant une fonction de sécurité. Chaque unité désigne un correspondant REX chargé, à partir des documents établis par la hiérarchie de proximité, d'établir, pour chaque dysfonctionnement ayant un impact sur la sécurité, une fiche d'incident ou d'accident REX, en utilisant le logiciel REX développé par l'unité Maîtrise des Risques Systèmes (MRS) ;
- **au sein d'une cellule transversale** (Unité MRS), qui conduit une analyse rigoureuse et objective des causes profondes de tous les incidents graves, afin d'en tirer des enseignements à moyen et à long terme. C'est à ce niveau que doit être analysé de façon approfondie l'aspect très important des « facteurs humains ». La MRS fonde principalement son action sur la mise en place de la base de données REX développée en interne. Cette base de données REX est un outil dans lequel les opérateurs sur le terrain, issus de l'encadrement, dans chaque ligne de métro et dans un certain nombre de services de maintenance, consignent des informations en cas de problèmes, d'incidents, notamment les incidents à déclaration obligatoire auprès de la Direction Régionale de l'Equipement (en cas d'incidents de plus de 10 minutes etc.). Ce logiciel associe des questions sur le matériel, l'organisationnel, les compétences et les connaissances. Il comprend une partie sur les facteurs humains. Il comporte une partie « texte libre » pour chaque question.

1.3. Principes fondamentaux

Si on observe une variété des méthodologies de retour d'expérience, certains principes fondamentaux existent (Mortureux, 2004). Nous allons donner ceux communs aux approches du retour d'expérience repérés dans la littérature en lien avec notre recherche pour construire notre méthode.

1.3.1. Approche globale du processus de REX

1.3.1.1. Présentation

D'un point de vue opérationnel, le processus de retour d'expérience est fondé sur quatre étapes complémentaires et itératives qui forment la boucle d'amélioration continue de la sécurité (Figure 12).

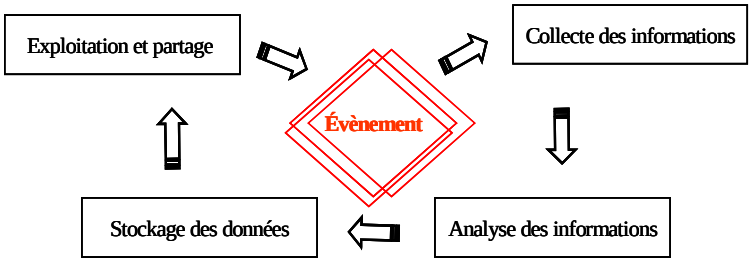


Figure 12 : Les quatre étapes du processus de REX, adapté de Hadj-Mabrouk (2008)

Les informations concernant un événement ou un type d'évènements sont collectées, traitées, mémorisées et partagées. Elles sont définies à partir des objectifs du retour d'expérience recherchés par la direction et des possibilités réelles d'exploitation.

1.3.1.2. Détection des évènements et collecte des informations

La collecte des données est une phase primordiale et déterminante dans le bon fonctionnement du processus de retour d'expérience. La performance de ce dernier est étroitement liée à la nature et la qualité des informations collectées.

Cette première étape a pour objectif de **connaître le fonctionnement du système dans son ensemble**. Elle consiste à recueillir le maximum d'éléments tant descriptifs qu'explicatifs de tout événement contraire à la sécurité en comparaison avec le fonctionnement prévu du système. Les informations concernent les données relatives à l'acteur, à son environnement interne et externe, au système technique, à l'organisation du travail, aux procédures et aux éventuelles interactions.

1.3.1.3. Analyse des informations

L'analyse peut se faire **sur l'ensemble de la base de données** des évènements capitalisés et concerne principalement des traitements statistiques (tris croisés, tris à plat, etc.) mais aussi **l'analyse approfondie** des circonstances, du déroulement, des mécanismes et des causes de certains événements. Elle peut prendre quelques minutes à quelques mois et impliquer deux, trois ou une dizaine de personnes. Elle peut également être concomitante à la collecte des données (analyse « à chaud ») faisant appel à différents experts du domaine sur le terrain, comme elle peut être réalisée « à froid » après le stockage des données et ceci grâce à un ou plusieurs collectifs locaux.

1.3.1.4. Stockage des informations

Cette phase s'attache à stocker et mémoriser les données selon une structure qui dépend des besoins auxquels l'outil doit répondre. La constitution de la base ne doit pas se limiter à l'accumulation de l'exhaustivité des données avec une grande précision, mais doit surtout permettre la possibilité de leur utilisation ultérieure.

Au moins deux bases d'informations sont distinguées :

- **la base de données**, alimentée de données brutes à partir de différents supports, de préférence informatisés pour augmenter la fiabilité des informations ;

- **la base documentaire** du REX (mémoire collective et instance de partage), alimentée de données élaborées à partir de l'analyse et des différents documents de management.

Ces bases doivent assurer la recherche des éventuelles similitudes entre des évènements de même nature afin d'identifier les scénarii types d'évènements. Elles permettent de garder les analyses et de les mettre à disposition afin que les leçons tirées puissent profiter aux acteurs du système. Des moteurs de recherche doivent faciliter l'accès aux informations pertinentes pour l'utilisateur.

1.3.1.5. Exploitation des données et partage des connaissances

Cette étape consiste à définir et identifier les mesures adéquates pour limiter la reproduction d'un événement, améliorer la sécurité, aider à la validation et à la restitution des informations aux acteurs de l'organisation. **Elle donne au retour d'expérience son véritable sens : l'apprentissage (acquisition de connaissances)**.

Les informations collectées et les résultats des bases d'informations peuvent servir :

- à la définition des scénarii d'évènements et des plans d'action ;
- aux mesures de fréquence et de gravité d'évènements ;
- à l'identification des points sur lesquels agir pour réduire le risque ;
- à la production de statistiques et d'indicateurs pour des tableaux de bord ;
- à l'élaboration de recommandations (axes de vigilance).

Ce dernier point est essentiel pour améliorer le niveau de sécurité car ces recommandations sont en réalité la finalité et l'objectif initial du processus de REX. Elles visent la réduction du niveau de risque (probabilité/gravité) grâce à des mesures de prévention[36] et des mesures de protection[37] (Hadj-Mabrouk, 2008). Ces recommandations ont pour but l'action sur le comportement humain, les aspects techniques, l'environnement, l'organisation, la réglementation, les procédures, la documentation, etc. (Figure 13).

[36] Les mesures et dispositifs de prévention ont pour objectif de réduire l'occurrence de survenue de l'événement.
[37] Les mesures et dispositifs de protection ont pour objectif d'affaiblir la gravité des conséquences de l'événement.

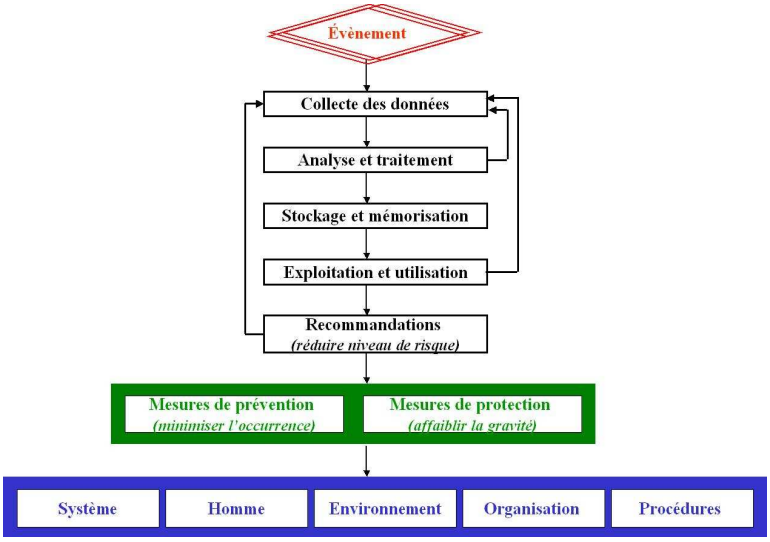


Figure 13: Articulation des différentes étapes du déroulement du REX, d'après Hadj-Mabrouk et Hamadoui (2008)

L'apprentissage repose sur plusieurs **modes de diffusion** :

- **déposée**, les acteurs viennent chercher l'information, mise à disposition (site Internet par exemple) ;
- **diffusée**, diffusion large des informations et les acteurs font le tri ;
- **poussée**, diffusion des informations aux seuls acteurs concernés ;
- **intégrée**, les informations sont directement intégrées dans le référentiel métier concerné. Des actions de formation peuvent ensuite être conduites et les résultats du REX doivent être directement appliqués par les acteurs.

1.3.2. Niveaux de gravité et types de retour d'expérience

S'il existe des similitudes dans les approches, les échelles de gravité et les types d'évènements sont définis par chaque domaine concerné en fonction des objectifs donnés au retour d'expérience.

Pour Amalberti et Barriquault (1999), le retour d'expérience peut être appliqué à deux types d'événements. Ce sont, d'une part, les accidents et les incidents graves, faisant l'objet d'enquêtes officielles et, d'autre part, les événements mineurs, pour lesquels la mise en place d'un retour d'expérience repose notamment sur une volonté de l'entreprise.
Gilbert (1999) définit la crise comme une situation multi-acteurs, multi-organisationnelle, très lourdement chargée d'enjeux et de risques en matière de responsabilité. Elle n'est pas forcément le meilleur « objet » du retour d'expérience. Le seuil de sécurité dans les industries à risques ayant été franchi, on dénombre de moins en moins d'accidents et incidents graves.

Différentes méthodes et guides sont mis à disposition des entreprises pour les aider à mettre en place un retour d'expérience qui intègre les facteurs humains et organisationnels. Nous retiendrons ici l'approche élaborée par notre équipe de recherche.

Tous les événements n'ont pas le même **potentiel d'apprentissage**. Afin de concentrer les ressources de l'entreprise sur les événements qui apportent le plus en terme

d'expérience, il est nécessaire de trouver un compromis entre une analyse approfondie des seuls événements marquants et une analyse superficielle de tous les événements (Wybo & al., 2004b, 2005a ; Wybo, Colardelle & Guinet, 2005). Pour cela **on adapte le niveau d'approfondissement du retour d'expérience aux circonstances et aux caractéristiques de l'événement**. Ce niveau est déterminé en fonction de la gravité de l'évènement et de sa nouveauté qui définissent le potentiel d'apprentissage.

➘ La **gravité** correspond à l'impact de l'ensemble des conséquences de l'événement. Les seuils sont définis en terme de dégâts matériels (coût financier), humains (nombre de décès) et impact médiatique.

➘ La **nouveauté** porte sur l'événement lui-même, sur son déroulement (enchaînements, effets dominos) ou sur sa gestion (nouvelle stratégie, nouveau moyen de lutte, etc.). Les seuils prennent en compte la fréquence d'apparition à différentes échelles (département/national).

En fonction de ce potentiel d'apprentissage, il existe trois formes de retour d'expérience du plus simple au plus détaillé (Figure 14) :

- le **niveau 1**, la fiche d'évènement type main courante ;
- le **niveau 2**, la note de synthèse de l'événement ;
- le **niveau 3**, le rapport de gestion de l'évènement.

Chaque niveau de formalisation contient les niveaux précédents.

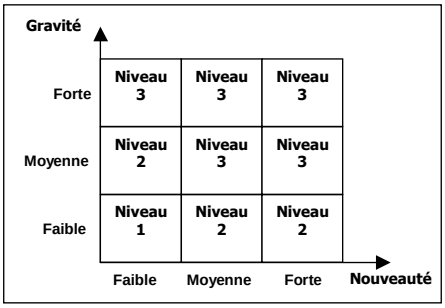


Figure 14 : Grille de sélection du niveau de retour d'expérience, d'après Wybo et al. (2005a)

Le niveau 3 vise en particulier l'analyse de la dynamique des événements et des actions ainsi que des propositions d'amélioration fondées sur les enseignements tirés. Il complète les niveaux 1 et 2 avec l'étude du déroulement de l'événement (depuis ses origines jusqu'à ses conséquences) et de l'enchaînement des décisions et actions des différents acteurs impliqués.

Ce niveau prend en compte les **points de vue des différents acteurs** (de différents niveaux hiérarchiques, pour toutes les organisations concernées), par la **collecte des informations des parties prenantes et une série représentative d'interviews** de personnes impliquées.

Ce niveau correspond également à une phase de validation des résultats de l'analyse, sous la forme d'une réunion plénière entre les acteurs. Cette réunion est centrée sur les enseignements à tirer de l'analyse de cet événement. Elle permet de mettre en avant les aspects positifs ; ce qui a bien fonctionné et les suggestions pour améliorer ce qui n'a pas bien fonctionné.

1.4. Principaux écueils liés à une démarche de retour d'expérience

Dans la mise en place de toute démarche sur les facteurs humains et organisationnels, des difficultés peuvent exister et être amoindries par des leviers d'action. Nous en retenons les principales qui correspondent à celles observées.

1.4.1. Les limites

Dans les organisations, y compris les plus avancées en matière de retour d'expérience, la mise en place d'une démarche de retour d'expérience orientée sur les facteurs humains et organisationnels est confrontée à un certain nombre d'écueils qui peuvent être d'ordre culturel, collectif et individuel. Gilbert (1999) évoque des contraintes et des difficultés liées aux coûts d'organisation d'un retour d'expérience pouvant être d'ordre financier, humain, social et organisationnel, ainsi que d'autres qui peuvent être liées aux relations entre acteurs, entre organisations.

« Apprendre de la gestion des incidents, des accidents et des crises nécessite des ressources de la part de ceux qui mènent les enquêtes et des acteurs qui ont participé à la gestion de ces situations. » (Wybo, 2004a, p. 28).

Concernant ce dernier point, certains obstacles ont tendance à pousser les acteurs d'un événement à la discrétion telle la crainte d'exposer ses erreurs par **peur de la sanction** ou par peur **de perdre du temps** avec un travail supplémentaire sans plus value au quotidien. La peur **des conséquences judiciaires** des décisions et des actions peut être également un frein au retour d'expérience. Comme le remarquent Wybo, Colardelle & Guinet (2005), une certaine peur juridique amène les personnes à penser que donner des informations peut engendrer certains risques et rend ainsi le partage difficile aussi bien en interne qu'en externe. Cependant selon Gilbert *« Le caractère justifié de cette crainte reste à prouver, une responsabilité pouvant aussi être mise en avant pour défaut de mise en œuvre de retour d'expérience. »* (p. 9). Mortureux (2004) remarque que **la qualité de l'analyse des évènements dépend de la volonté des acteurs à partager leurs informations et à dire leur vérité**.

Selon Amalberti et Barriquault (1999), *« Le retour d'expérience permet d'avoir une réponse rassurante, c'est une justification que quelque chose est fait dans la lutte contre le risque. »* (p. 68).

Pour Wybo et al. (2003) il peut exister une **centralisation sur l'aspect technique** des situations. Les retombées de ce retour d'expérience se traduisent le plus souvent par des modifications matérielles et/ou le rappel des procédures prescrites et de la norme à respecter en matière de sécurité. Les données sont remontées de manière « bottom-up », les acteurs de terrain n'ayant pas le retour de l'investissement donné.

Kouabenan et al. (2005) évoquent des conflits et des tensions dans la mise en oeuvre du retour d'expérience. Ils citent également des difficultés du partage des expériences liées **notamment** aux implications implicites et **aux enjeux de l'analyse** des accidents (politiques, économiques, judiciaires, morales, etc.), aux dispositifs et moyens alloués au

retour d'expérience, mais surtout à l'accent mis sur **la responsabilisation** ou à la non prise en compte du fonctionnement socio-cognitif des différents acteurs.
Cependant comme le note Lorino (2007), **les coûts sont supérieurs en amont mais les gains sont supérieurs après la mise en place du retour d'expérience**.

1.4.2. Leviers d'action

« Il convient de (…) former et d'encourager les salariés à transmettre les informations correspondantes. Le succès de cette démarche suppose un mode de relations sociales favorisant la vigilance, la concertation et la participation de tous les salariés concernés. Une implication forte de chaque échelon de l'entreprise et une organisation appropriée conditionnent aussi l'efficacité de ce dispositif. » (BARPI, 2005, p. 5).
« Pour convaincre les acteurs de la prévention et de la gestion des crises de l'intérêt de s'impliquer dans une démarche de retour d'expérience, il convient de donner du sens à la démarche, en démontrant qu'elle est fondée à la fois sur des bases scientifiques et sur des pratiques établies dans différents secteurs d'activité (transport, industrie chimique, armée de terre). » (Wybo, Colardelle & Guinet, 2005, p. 18).

Le retour d'expérience ne doit pas être abordé comme une « inspection » visant avant tout à formuler un jugement sur l'action des acteurs par rapport à des cadres réglementaires, mais au contraire comme **un des éléments d'une démarche de progrès**. *« Pour atteindre ces objectifs, les méthodes de retour d'expérience doivent donner aux acteurs des opportunités d'expliquer et de motiver leurs actions, sans crainte de sanction. »* (Wybo & al., 2001, p. 15). Il est capital de bien **discerner l'erreur**, source de questionnement et de progrès, **de la faute**, qui doit être sanctionnée.
« Il est en particulier nécessaire d'accorder beaucoup d'importance aux aspects de communication dans l'élaboration d'une méthodologie. Trois points doivent être étudiés attentivement : la validation et le retour d'information, la mise en confiance, la gestion des conflits. » (Wybo & al., 2001, p. 123).

1.5. La méthode REXAO

Nous présentons une méthode dont l'objectif est de mettre en place un processus de retour d'expérience, fondée sur l'analyse de la dynamique des événements et des décisions à partir de la mémoire épisodique des acteurs impliqués dans la gestion de l'accident.

1.5.1. Origine et organisation

La complexité du problème que pose la représentation de l'expérience a donné lieu à une série de débats entre les chercheurs, les opérationnels et les experts des cindyniques. Les échanges fructueux sont à l'origine de la mise en place, en 1999, du groupement d'études et de recherches sur le Retour d'EXpérience et l'Apprentissage Organisationnel (REXAO®). La structure Groupement d'intérêt Scientifique (GIS) a été adoptée en 2006 pour développer ces activités. De nombreux partenaires privés et publics sont associés au sein du groupement. Il regroupe en particulier des laboratoires de recherche, des industriels, des services de l'Etat et des consultants.

Les travaux de ce groupement ont donné naissance à une méthode de formalisation et de partage de la connaissance liée à la gestion des risques et des crises : la **méthode de retour d'expérience positif** (Kervern & Wybo, 2002 ; Wybo, 2004a). Développée au sein du CRC[38], cette méthode est appliquée et validée à différents types de risques naturels, technologiques, etc.. Elle a permis de réaliser de nombreuses analyses d'évènements (Wybo & al., 2001 ; Wybo, 2002).

Elle doit plutôt être vue comme un exemple de processus opérationnel pour des événements « significatifs » qui ont une portée pédagogique (Wybo, 2004a). Elle se place en complément de processus plus systématiques de collecte d'informations sur les incidents (« fiches REX » , bases de données, etc.). Elle permet d'obtenir une connaissance précise des actions de gestion de crise, de les représenter sous une forme facile à lire et d'en permettre le partage entre les acteurs (Wybo & al., 2001).

1.5.2. Formalisme général

La démarche de retour d'expérience positif est basée sur les interviews d'acteurs et le recueil de données de seconde main. Elle vise à reconstruire le fil conducteur de la chronologie d'un événement en fonction du contexte, des différents événements et des tâches des opérateurs (Denis-Remis, 2007). Selon Wybo (2004a), *« Les récits d'incidents et d'accidents sont la matière première de la connaissance du danger. »* (p. 29).
La méthode est organisée en **cinq phases** (Wybo & al., 2003) :

- la **collecte** d'information ;
- les **entretiens** individuels ;
- **l'analyse** et la **formalisation** des entretiens ;
- la **réunion plénière** (« miroir ») ;
- la **finalisation** de l'analyse et la **rédaction de l'étude de cas**. Ces études de cas sont le support de la diffusion de la connaissance et de la formation.

La méthodologie REXAO correspond au type de REX de niveau 3 (rapport de gestion d'événement), qui doit être réalisé pour les évènements ayant le potentiel d'apprentissage le plus grand (accidents graves et nouveaux).

« Dans les REX de type 3, la méthode de représentation du vécu de chaque personne est basée sur un formalisme simple, qui représente l'évolution de la situation comme une suite d'épisodes. Chaque épisode est représenté par un cycle de décision, formé de quatre phases : contexte, analyse, action, effets. » (Wybo & al., 2001 ; Wybo, 2004b)
Ce **cycle de décision** représente la plus petite parcelle d'expérience : il contient l'ensemble des éléments permettant de caractériser la dynamique de la situation à un instant donné. Il traduit la réaction de l'acteur à une évolution du contexte. Les constituants de ce cycle de décision sont :

- la **phase de contexte**, qui correspond à la perception par l'acteur des données et des événements qui font évoluer la situation ;
- la **phase d'analyse** de la situation par l'acteur, les hypothèses envisagées ;

[38] Centre de recherche sur les Risques et les Crises.

- la **phase de décision/action** qui décrit les décisions prises et le contrôle des actions effectuées ;
- la **phase d'effet** qui correspond aux conséquences tangibles de ces actions.

2. Le retour d'expérience en tunnel routier

En tunnel routier, comme le soulignent Tesson et Lavedrine (2004), le moyen mis en œuvre pour mieux appréhender les comportements humains en situation de crise est le retour d'expérience fondé sur les évènements d'exploitation et les exercices périodiques.
Nous allons faire un état des lieux entourant celui-ci, d'abord d'un point de vue réglementaire puis d'un point de vue de la réalité de l'exploitation.

2.1. Le cadre réglementaire

La notion de retour d'expérience en tunnel routier est introduite par le code de la voirie routière.

➘ L'article R.118-3-2 impose à tous les gestionnaires de tunnels de plus 300 mètres :

- de mettre en place un **dispositif permanent** permettant d'enregistrer et d'analyser les incidents et accidents significatifs ;
- d'établir un **compte-rendu** des incidents et accidents significatifs dès qu'ils surviennent dans le tunnel puis d'effectuer une analyse de ces événements en vue d'améliorer la sécurité du tunnel.

Les articles R.118-3-1 et R.118-3-3 du code de la voirie routière et l'article 4 de l'arrêté du 18/04/2007 imposent la mise à jour régulière, dans le dossier de sécurité, de la liste des incidents et accidents significatifs survenus dans l'ouvrage ainsi que leur analyse.

L'annexe II de la circulaire n° 2000-63 oblige également les exploitants de tunnel de l'Etat à alimenter une **base de données nationale** gérée par le CETU dans le délai d'un mois après la survenue de l'évènement. Dans ce cas, les exploitants remplissent une fiche pré-formatée, via Internet, décrivant l'événement et permettant d'alimenter la base de données.

Les évènements significatifs sont précisés dans l'arrêté du 18 avril 2007, à savoir : tous les accidents corporels, tous les incendies et tous les évènements ayant conduit à une fermeture non programmée du tunnel (exceptés ceux liés à la gestion du trafic à l'extérieur de l'ouvrage).

➘ L'article R.118-3-8 du code de la voirie routière impose au maître d'ouvrage et aux services d'intervention d'organiser chaque année des **exercices conjoints pour le personnel du tunnel et les services d'intervention**. Ces exercices donnent lieu à une évaluation conjointe.

Ce type d'exercice est destiné à tester et à mettre en pratique les consignes d'exploitation afin d'en apprécier l'efficacité et le degré d'appropriation par le personnel et le cas échéant mettre en place les éventuelles mesures correctives qui s'avèreraient nécessaires (mise à jour et évolution des consignes, formation du personnel, etc.). Après chaque exercice, un compte-rendu doit être établi. Il notifie les circonstances et le déroulement de l'exercice ; il

inclut les enseignements et propositions de mesures correctives nécessaires (Tesson & Lavedrine, 2004). Ces exercices ont pour intérêt de mieux préparer les acteurs aux procédures à appliquer lors d'événement et de faire progresser leur connaissance de l'ouvrage.

➘ En outre, la loi du 3 janvier 2002 prévoit que, lors d'accidents graves de transport, le ministre chargé des transports peut décider qu'une investigation, basée sur des enquêtes techniques, soit réalisée par le **bureau d'enquêtes sur les accidents de transport terrestre** (BEA-TT). Ces enquêtes sont menées par des experts indépendants. Elles visent à collecter et analyser les informations utiles pour déterminer les circonstances et causes possibles de l'événement et, s'il y a lieu, établir des recommandations de sécurité dans la perspective d'améliorer la sécurité du système considéré afin de prévenir la survenue d'accident ou d'incident similaire.

Dans le cadre du projet ACTEURS nous avons réalisé, en 2006, un diagnostic des pratiques en matière de retour d'expérience au sein des sociétés partenaires du projet. Il visait à réaliser un état des lieux des pratiques ainsi qu'un bilan des besoins des exploitants et des responsables du retour d'expérience en matière d'analyse des évènements.

2.2. Diagnostic des pratiques

Sur la base d'entretiens avec les représentants des sociétés partenaires, les différentes rencontres ont permis de recueillir les témoignages des responsables locaux sur leur perception de la base de données réglementaire ainsi que ceux du personnel de l'exploitant (opérateurs, chef sécurité, etc.) et de visiter les ouvrages. Les entretiens ont été complétés par le point de vue des responsables de la base de données qui la gèrent au quotidien au niveau central (CETU).

2.2.1. Le retour d'expérience réglementaire

Les exploitants et les responsables de la base de données questionnés reconnaissent que le retour d'expérience est le **vecteur de valorisation et de partage de leur expérience**. Toutefois, la base de données nationale est perçue comme une obligation nécessitant un lourd travail de saisie informatique de données **ne répondant pas à leurs besoins propres** en terme de capitalisation et de partage d'expérience en matière d'incidents ou d'accidents en tunnel.

En effet, les exploitants n'assimilent pas ce dispositif à *« un véritable retour d'expérience (avec échanges d'informations) »* mais considèrent qu'il relève *« d'une remontée réglementaire d'informations »*. Ils constatent, entre autre, que la fiche pré-formatée mise à leur disposition ne permet pas de rendre compte des comportements des usagers.

Il est également remarqué que le résultat est décevant au regard de l'effort fourni pour alimenter ce retour d'expérience. Les rapports annuels rendus anonymes sont jugés peu efficients pour permettre un partage réel d'expérience entre exploitants d'un même type d'ouvrage. En conséquence, la remontée des évènements n'est ni systématique ni homogène.

Au vu des éléments exposés par les exploitants et par les responsables de la base de données du CETU, il apparaît important de faire évoluer le dispositif de retour d'expérience réglementaire en fonction des difficultés exprimées afin d'adapter le système aux besoins de chacun.

2.2.2. Les pratiques locales

2.2.2.1. Pratiques courantes

Dans les sociétés rencontrées, deux types de retour d'expérience sont la plupart du temps réalisés en interne.

D'une part, les retours d'expérience sur les **évènements significatifs (incendies/accidents)** font généralement l'objet d'un débriefing avec le personnel de l'exploitant et les services d'intervention et de secours au cours duquel l'ensemble des éléments constitutifs de l'événement et son traitement sont discutés puis analysés. Le plus souvent ce type d'évènements est renseigné dans la base de données du CETU.

D'autre part, les retours d'expérience sur les **évènements « mineurs »**, jugés porteurs d'enseignement, font parfois l'objet d'un débriefing réunissant les personnels « exploitant. » Ces évènements sont quelques fois remontés dans la base de données réglementaire.

S'il existe des points de ressemblance entre ces deux types de retour d'expérience, **le formalisme utilisé est généralement propre à chaque exploitant**. Le comportement des usagers peut faire l'objet d'un traitement particulier mais celui-ci est rarement formalisé et est limité aux données accessibles (vidéo sans recueil de témoignage). Il n'est pas traité à partir d'une approche psychologique.

En 2005, dans le cadre d'un partenariat avec le Centre de recherche sur les Risques et les Crises, **un exploitant a engagé une étude spécifique afin d'élaborer un système de retour d'expérience « le plus transparent possible »** qui intègre des indicateurs pouvant être exploités par les différents services de la société. Nous présentons cette approche car elle est source d'apprentissage pour l'élaboration du système de retour d'expérience à proposer aux exploitants (Ecole des Mines de Paris - Cofiroute, 2005).

Le système défini comporte **trois niveaux d'analyse** d'événement et inclut les dispositions réglementaires aux pratiques internes. Le « cœur » du système repose sur un outil de gestion et d'analyse des données qui contient les informations (indicateurs) concernant tout événement anormal qui se produit (fiche main courante, réclamation des usagers, etc.).

Un **premier niveau** de retour d'expérience (niveau de veille permanente) correspond à la surveillance des indicateurs pour lesquels tous les mois un tableau de bord est émis. Chaque responsable de service peut interroger la base de données sur les indicateurs qui l'intéressent. Si les indicateurs ont besoin d'être analysés ou si un événement est considéré comme significatif, un retour d'expérience de **deuxième niveau** (niveau évènementiel) est réalisé. L'analyse de l'événement est approfondie avec l'élaboration d'un arbre des causes, d'actions d'amélioration avec leur mise en place, leur suivi (niveau 1) et leur validation.

Lorsque l'évènement significatif décelé correspond aux prescriptions de l'instruction technique d'août 2000, un retour d'expérience de **troisième niveau** est réalisé. Ce niveau correspond au retour d'expérience réglementaire pour lequel un débriefing a lieu avec le préfet. Par la suite, un compte-rendu par voie électronique est envoyé au préfet et au CETU.

2.2.2.2. Exemple d'un exploitant

Pour donner un exemple d'organisation, nous évoquons les principales pratiques observées au sein de la SFTRF en matière de retour d'expérience sur les évènements d'exploitation et les exercices des sécurité.

➘ En ce qui concerne **les tunnels de l'autoroute A43**, une synthèse des évènements est élaborée tous les jours puis un compte-rendu mensuel des évènements significatifs est remonté à la direction. Les évènements significatifs font l'objet d'un débriefing interne et, si besoin, d'un débriefing avec les services incendie. Ils sont l'occasion de faire le point sur la gestion de l'événement avec les acteurs de l'événement et de proposer, voire mettre en place, des solutions pour pallier les difficultés rencontrées. L'analyse porte surtout sur les aspects techniques et organisationnels. Ces compte-rendus résument les principaux points ressortis de chaque événement. Certains points saillants font l'objet d'analyses et des mesures correctives sont appliquées si nécessaire.
Les réunions de service avec les opérateurs, les fiches d'incident d'exploitation et d'incident technique ainsi que la main courante s'intègrent à la démarche de retour d'expérience.

Trois ou quatre exercices sont réalisés chaque année (exercice réglementaire annuel, exercice interne, exercice externe, exercice cadre). Ils font l'objet d'un débriefing interne et d'un compte-rendu transmis à la hiérarchie.

➘ Au niveau du **tunnel du Fréjus**, un retour d'expérience « opérationnel » est mis en œuvre sur la base d'une réunion deux fois par an avec les opérateurs/régulateurs. Elle est l'occasion d'émettre des pistes de progrès et de passer en revue les PSB[39]. Les opérateurs préparent les évènements qui feront l'objet de la réunion. Au cours de celle-ci, le déroulement de l'évènement avec le timing (chronologie d'intervention) et des illustrations (photos) sont présentés. Un retour est fait sur ce qui s'est passé (points positifs et négatifs) et un compte-rendu est établi. Les pompiers « tunnel » qui ne sont pas présents lors des PSB font l'analyse des images du fichier vidéo et le support de présentation pour la réunion avec les opérateurs. Parfois un ou deux d'entre eux participent à la réunion avec les opérateurs.
Les pompiers « tunnel » ont une réunion mensuelle qui fait l'objet d'un compte-rendu.
Les notes internes facilitent le dialogue avec les personnels.
En ce qui concerne les exercices, deux à trois exercices sont réalisés chaque année. L'exercice réglementaire fait souvent l'objet d'un scénario incendie. Les services internes et les services publics de secours des parties française et italienne sont toujours présents.

[39] Plan de Secours Binational.

Parfois le personnel d'exploitation des deux sociétés joue le rôle des usagers avec des rôles prédéfinis.
Ces exercices font l'objet d'un débriefing avec le personnel interne et les services publics (sapeurs-pompiers et gendarmes) ainsi que d'un compte-rendu. Les éléments analysés sont en particulier les procédures, les installations et l'engagement des secours.

2.2.3. Le retour d'expérience sur les exercices

Les exercices de sécurité donnent lieu généralement à une réunion de débriefing plus ou moins formelle avec le personnel de l'exploitant, parfois les services d'incendie et de secours y participent et un compte-rendu en est fait.

Certains exploitants regrettent que ces **réunions** soient **souvent très institutionnelles** (surtout quand elles sont présidées par la préfecture) et qu'elles s'attachent plus à respecter la forme et à protéger les bonnes relations entre les acteurs qu'à vraiment approfondir l'analyse de l'évènement ou de l'exercice pour en tirer les enseignements positifs et/ou négatifs. Ils estiment que sur certains évènements, il serait intéressant de s'interroger sur ce qui a concouru à un bon traitement de la situation et ce qui à l'inverse aurait pu la faire basculer vers une situation de crise. Par ailleurs, il a été souligné l'importance qui doit être donnée au suivi des enseignements tirés des retours d'expérience. Certains exploitants font état de difficultés récurrentes avec certains services qui formalisent peu voire pas du tout les retours d'expérience et de rapports humains parfois difficiles avec d'autres intervenants lors du déroulement des interventions. Ce sentiment est partagé par certains membres des services d'incendie et de secours.

Dans ces exercices, **les usagers sont joués par des plastrons au rôle prédéfini** par le concepteur de l'exercice. Le comportement est déterminé *a priori*, le plus souvent sur la base de certaines idées pré-conçues, et ne permet pas d'observer les réactions naturelles des participants. Par l'absence d'interview, les exercices actuels ne permettent pas de recueillir de données sur le comportement des usagers et leurs déterminants.

Pour les exploitants ces exercices visent trop souvent à vérifier « le bon fonctionnement et la bonne application des procédures, l'utilisation des outils, etc. » et pas assez la mise en avant de certaines difficultés et des moyens déployés pour les dépasser. De même les bonnes pratiques qui ont pu apparaître ne sont pas systématiquement répertoriées.

2.2.4. Bilan et perspectives

Aujourd'hui, les dispositifs de retour d'expérience existants dans le domaine des tunnels routiers ne donnent pas la possibilité, dans la majorité des cas, d'approfondir les déterminants du comportement des différents acteurs et en particulier celui de l'usager (manque de méthode, d'outil approprié). En effet, les retours d'expérience existants conduisent généralement à la rédaction de rapports d'évènements décrivant ces derniers de façon hétérogène. Le comportement des usagers est décrit en termes trop lapidaires, comme *« vitesse trop rapide », « distance de sécurité insuffisante »,* etc. et ne permet pas d'avoir une image « objective » de l'histoire. Ils sont aussi le reflet d'un certain manque de connaissances en matière de comportement humain, de méthode pour réaliser une analyse

la plus objective possible de l'événement et d'un manque de formalisme de rapport commun.

Les recherches et pratiques en matière de sécurité dans les systèmes à risques ont d'abord et pendant longtemps été orientées sur les aspects techniques avant de prendre en compte, plus ou moins récemment, les facteurs humains. De même, les stratégies de sécurité en tunnel routier ont, jusqu'à présent, principalement porté sur l'amélioration des dispositions techniques. Dans ce contexte, le retour d'expérience s'est surtout focalisé sur les composantes « infrastructure » et « exploitant ». Dans cette perspective, le tunnel est considéré comme un système industriel et la démarche de retour d'expérience découle de cette perception.

Au vu des éléments exposés, il apparaît le besoin de redéfinir un dispositif de retour d'expérience au sein de l'exploitation des tunnels routiers. Il s'agit maintenant de développer le retour d'expérience autour de la composante « usager » en intégrant les interactions avec les autres sous-systèmes et les caractéristiques psychologiques des usagers telles que les représentations, la perception, les connaissances et l'expérience (facteurs cognitifs et affectifs). Pour cela, il faut introduire dans un monde d'ingénieurs et de techniciens une nouvelle vision du tunnel, défini comme un système socio-technique, et un processus de retour d'expérience (REX), qui doit intégrer les facteurs humains et organisationnels.

L'analyse des évènements réels et des exercices de sécurité est source de progrès pour la sécurité en tunnel routier en termes de réglementation et de stratégie notamment. Elle est conduite sur les incidents (fréquents, gestion quotidienne), les accidents (plus rares) et les catastrophes (exceptionnelles). **Aujourd'hui, les progrès portent sur trois aspects, technique, organisationnel et réglementaire** (Figure 15). Comme dans d'autres domaines industriels, lorsque les progrès en matière de technique ont atteint un certain palier (niveau de sécurité élevé) on s'est intéressé aux facteurs humains et organisationnels dans l'analyse des évènements. Dans le domaine des tunnels routiers, les progrès doivent être orientés sur le comportement humain (usagers notamment) et les aspects organisationnels dans une situation d'urgence. Les évènements de grande ampleur sont source d'apprentissage. Cependant, ils ne sont le reflet que d'une partie de l'ensemble des évènements qui se produisent au sein des tunnels. Les exploitants gèrent au quotidien des « quasi-accidents » (routines) voire des signaux faibles qui ont, la plupart du temps, une issue favorable mais qui sont également source de progrès pour la sécurité.

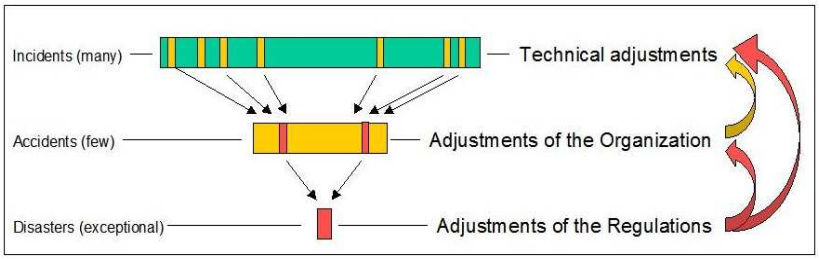


Figure 15 : Types d'évènements et progrès en tunnel routier, d'après Auboyer et al. (2007)

3. Hypothèses et méthode de recherche

Les éléments présentés nous conduisent à formaliser nos hypothèses de travail et la méthode utilisée pour y répondre. Nous présentons cette dernière de manière générale. La procédure mise en place pour chaque étude est précisée au début des chapitres concernés. Certaines méthodes envisagées avant le début de la recherche ont dû être adaptées à la réalité du terrain.

3.1. Les hypothèses de recherche

Avant de préciser nos hypothèses de recherche, nous développons les principaux éléments constituant notre problématique et nos objectifs de recherche.

3.1.1. Rappel

Par rapport à d'autres domaines, le nombre d'évènements générateurs de risque en tunnel routier est faible. Cependant, en raison de l'espace restreint et du caractère confiné du milieu, un incendie *a priori* bénin peut rapidement prendre des proportions catastrophiques en nombre de vies humaines comme l'ont montré plusieurs évènements récents.

Afin d'assurer la sécurité des usagers empruntant ce type d'ouvrage, en cas d'événement, et en particulier lors d'un incendie (événement le plus redouté), **la réglementation a prévu une stratégie de sécurité basée sur un comportement attendu des usagers**. Elle est en particulier fondée sur la mise à disposition des usagers de différents moyens visant à assurer leur mise en sécurité avant l'arrivée des secours sur place. A la lumière de l'analyse de plusieurs évènements, nous avons vu que le comportement est souvent différent de celui attendu.

Les pratiques en matière de retour d'expérience en tunnel routier révèlent des évènements hétéroclites et des rapports d'évènements hétérogènes. Il apparaît qu'actuellement **les personnels « exploitant » ne sont pas en possession des outils leur permettant d'approfondir les mécanismes qui ont conduit à l'événement**. Sont notamment absents les témoignages d'usagers qui renseigneraient sur leur perception de la situation et le fondement de leur comportement. Ce manque de matière n'a pas, jusqu'à ce jour, permis d'élaborer une typologie des comportements des usagers.

Il existe aujourd'hui peu d'études portant sur le comportement des usagers face à une situation de danger en tunnel routier. **Quelques projets récents (ACTEURS, « auto-évacuation ») s'appuient sur les études les plus avancées sur le sujet**. Ces dernières sont réalisées par des équipes de chercheurs anglo-saxons qui, depuis plus de 50 ans, analysent finement les mécanismes psychologiques en jeu dans ces situations. Ils se fondent sur l'interview d'occupants, à la suite d'évènements réels, d'exercices d'évacuation ou de phases d'évaluation. Par ailleurs, en matière de sécurité routière, il est à souligner une démarche similaire mise en oeuvre par le biais des études détaillées d'accidents.

Dans ce contexte, notre objectifs de recherche vise à :

- analyser le comportement des usagers ainsi que les facteurs cognitifs et affectifs en jeu lors du basculement de la situation de conduite à la situation d'évacuation et au cours de cette dernière ;
- élaborer progressivement une démarche de retour d'expérience sur les évènements porteurs d'enseignement en proposant des méthodes et des outils permettant d'intégrer les facteurs humains et organisationnels ;
- élaborer des modèles d'auto-évacuation et une typologie des comportements des usagers afin de proposer des adaptations des dispositifs de sécurité existants.

3.1.2. Nos hypothèses

A partir des besoins d'évolution du domaine des tunnels routiers ainsi que des recherches existantes qui entourent notre objet d'étude, pour chaque objectif repéré, nous formulons une hypothèse de recherche générale et plusieurs spécifiques.

- **Face à une situation d'incendie, il est attendu que le comportement des usagers en tunnel routier soit similaire à celui observé dans d'autres contextes (habitation, bureaux, etc.),**
  - nous nous attendons à voir apparaître les mécanismes cognitifs et affectifs mis en jeu dans les situations de prise de décision face à un danger (optimisme comparatif, stress, etc.) ;
  - les représentations mentales des usagers devraient être différentes de celles des professionnels des tunnels.
- **Il est attendu que l'évolution du retour d'expérience en tunnel routier vers une meilleure prise en compte du comportement humain suive une courbe similaire à celles observée dans d'autres contextes (nucléaire, transports terrestres, etc.),**
  - la mise en pratique de notre démarche devrait s'inscrire dans le temps, compte tenu de difficultés qui peuvent exister.
- **Nous nous attendons à ce que nos observations nous conduisent à modéliser le comportement des usagers pendant une situation d'incendie en tunnel routier,**
  - ces modèles devraient permettre de représenter le vécu et les besoins des usagers au cours de la situation d'évacuation ;
  - ils devraient également permettre de faire des propositions d'adaptation des dispositifs de sécurité afin de faciliter et favoriser l'évacuation.

Afin de répondre à ces besoins, nous avons mis en place plusieurs protocoles expérimentaux tant sur des évènements d'exploitation (en collaboration avec la société partenaire) que dans le cadre d'exercices de sécurité ou de phases d'évaluation (collaboration avec les partenaires de la thèse, d'autres exploitants et un bureau d'étude). Une étude complémentaire a été conduite sur les représentations mentales des usagers et des professionnels des tunnels.

3.2. Une méthode qualitative plutôt que quantitative

Comme le remarque Gatot (2000), l'accès aux données constitue un des principaux problèmes du chercheur et en particulier dans le domaine de la gestion des crises. En effet, il est difficile de recueillir des données au cours de ce type d'évènement, et les éléments collectés a posteriori peuvent être incomplets et faire l'objet d'une rationalisation et/ou être confidentiels.

3.2.1. Présentation générale

Afin d'analyser et reconstruire le plus objectivement le déroulement de l'événement, nous avons pris comme point de repère la **méthode REXAO**. Cependant, dans notre contexte, cette démarche a été utilisée avec des professionnels et non avec la population (usagers) ; elle n'a pas été appliquée dans sa totalité.

Nous avons complété notre approche à partir des études réalisées sur des situations similaires à celles que peuvent vivre les usagers dans les tunnels routiers. Ces études rejoignent nos préoccupations et sont une aide essentielle à l'élaboration d'une méthode d'analyse du comportement des usagers. Pour l'analyse des accidents de la route l'INRETS (Ferrandez, 1999 ; Van Elslande, 2001 ; Van Elslande & Fleury, 2005) et pour l'analyse des incendies en bâtiment (Proulx, 2001a ; Proulx & Reid, 2006 ; Proulx & al. 2006) réalisent des entretiens avec les acteurs ou témoins d'un évènement dans les heures ou les jours suivants l'évènement. Ces entretiens sont une aide à la compréhension de l'histoire de l'évènement et des facteurs psychologiques qui sous-tendent le comportement des individus dans ces situations.

Le recueil de témoignage des usagers a été mis en œuvre **à la suite d'évènements d'exploitation et d'exercices de sécurité**. Dans un premier temps, l'intérêt et la volonté des praticiens visaient à avoir des éléments de compréhension sur le comportement des usagers. L'analyse des évènements d'exploitation a d'abord été orientée sur le recueil de témoignage des usagers puis les premiers résultats ont montré qu'il était nécessaire, dans un deuxième temps, d'interviewer les opérateurs de supervision pour analyser plus finement les évènements. Cette analyse a été complétée par l'observation de quelques séquences d'images de vidéosurveillance et de documents (fiche d'exploitation). En parallèle, nous avons également conduit une étude sur les représentations mentales d'un tunnel routier par les usagers et les professionnels.

Selon Yin (1987), **l'étude de cas** est une méthodologie de recherche, comme l'expérimentation, les enquêtes, l'analyse des données d'archives ou l'histoire. Le choix entre ces méthodologies se base sur trois questions préalables : le type de question de recherche, le contrôle qu'a le chercheur sur les événements et l'accent mis sur les événements contemporains. Il conseille l'étude de cas pour les études qui ont des questions de **recherche de type « pourquoi ? » et « comment ? »**, qui n'impliquent pas de contrôle sur les comportements et qui mettent l'accent sur les événements contemporains (Gatot, 2000 ; Courvalin, 2002). L'étude de cas permet également au chercheur, en intervenant sur

le terrain, de **mobiliser des intervenants et susciter des changements**. On retrouve, dans certaines études de cas, les caractéristiques d'une recherche-action (Gatot, 2000).

Notre recherche correspond à ces caractéristiques. La mise en oeuvre des retours d'expérience par la méthode d'étude de cas semble ainsi appropriée.

Il est à noter certaines **critiques** émises à l'encontre des recherches basées sur une étude de cas et dont il faut tenir compte dans la construction de la recherche. Ce sont en particulier le manque de rigueur, le manque de généralisation ainsi qu'un investissement temporel important et une quantité considérable d'informations. Concernant ce point, nous avons veillé à organiser et classifier les données collectées[40] afin d'en permettre une analyse la plus rigoureuse possible.

Comme le souligne Courvalin (2002), *« La diversité de la collecte de données permet la triangulation des sources d'informations c'est-à-dire leur confrontation entre elles (Eisenhardt, 1989). Les informations qui proviennent de sources hétérogènes peuvent être considérées comme autant d'indicateurs différents du phénomène identifié (Yin, 1993). La multiplication des informations et leur confrontation permet de renforcer la validité des observations (Yin, 1990). »* (p. 22). Dans cette perspective, nous avons par ailleurs acquis une connaissance approfondie du domaine de la gestion des situations de danger en tunnel routier. **Nos multiples interventions et observations sur différents terrains nous ont permis d'avoir un regard le plus complet possible.**

Plusieurs méthodes ont été combinées sur la base d'études de cas. Afin d'en faciliter la lecture, nous avons résumé la méthode de notre recherche ainsi (Figure 16) :

[40] Afin de ne pas alourdir le présent rapport, en annexe serons présentés les principaux résultats de notre étude avec le souci de confidentialité des informations.

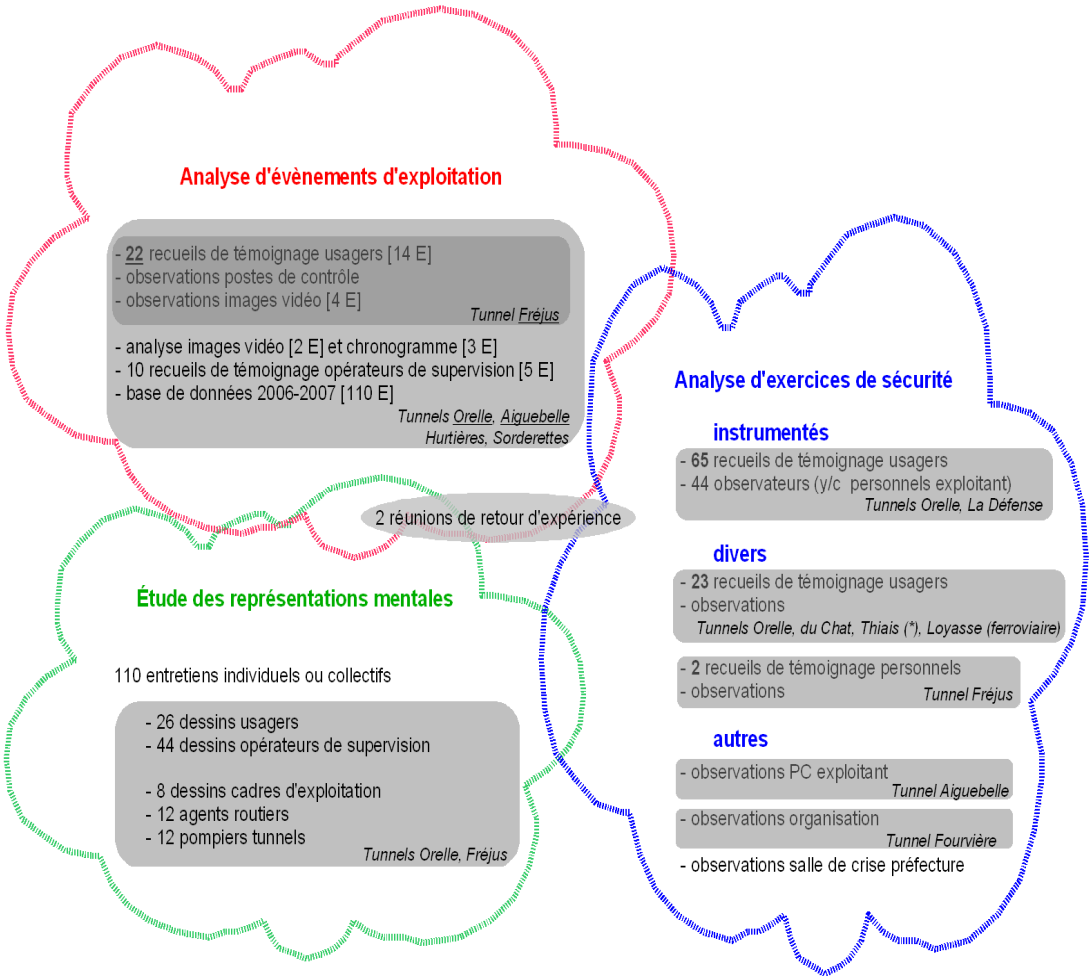


Figure 16 : Récapitulatif de la méthode de recherche et des données collectées

3.2.2. L'observation

Jacques (n.d.) donne une définition générale de l'observation « directe ». Son objectif est de capter les situations, les comportements au moment où ils se produisent et de recueillir des informations par rapport :

- à des situations ou à des processus ;
- au contexte (environnement physique, ambiance, espace social et temporel) ;
- à l'utilisation des ressources ;
- au comportement des individus (actions réalisées, propos échangés, procédures suivies, etc.).

En outre, l'observation est aussi très utile pour vérifier et valider l'information récoltée par d'autres modes de collecte comme les interviews ou des questionnaires. Une observation met en présence un ou plusieurs observateurs ainsi qu'un ou plusieurs utilisateurs dans leur environnement habituel (interactions avec d'autres personnes, locaux, matériel, procédures etc.). Etant extérieur à notre domaine d'étude et au terrain de recherche, nous avons pu prendre du recul et avoir un regard le plus objectif possible sur les pratiques en matière de gestion de situations dangereuses en tunnel routier.

3.2.2.1. Au quotidien au poste de contrôle

Les trois années de thèse ont été ponctuées d'une implication régulière, un jour par semaine (en moyenne), au sein de la société d'exploitation partenaire. Ces journées ont été l'occasion de suivre le travail quotidien des opérateurs de supervision au sein des postes de contrôle et de **comprendre le fonctionnement de la gestion des évènements**. Cela nous a permis aussi de recueillir des premières observations sur le comportement des usagers à travers les images de contrôle vidéo et les interactions avec les opérateurs.
Nos observations ont été centrées sur le poste de contrôle car il est au cœur du système, toutes les informations y transitent. **L'enjeu des premières minutes et de l'alerte (communication PC/usagers) est également très important.**

Au début de la thèse une des méthodes envisagées consistait à mettre en place une analyse de l'enregistrement vidéo du poste de contrôle exploitant pour appréhender le travail quotidien des opérateurs et cibler les évènements sources d'apprentissage. Cette méthode soulève plusieurs problèmes notamment en terme de responsabilité en cas de crise. De plus, l'intrusion qu'implique la caméra peut être un biais et gêner les opérateurs dans leur quotidien, empêchant ainsi d'observer leur comportement naturel. Il a été décidé d'observer les opérateurs dans leur travail quotidien et d'interagir avec eux pour comprendre comment ils gèrent le trafic routier. Ces observations ont été couplées par quelques visites ponctuelles réalisées au sein d'autres sociétés d'exploitation. Ceci nous a permis de découvrir les éléments du contexte de l'activité.

Afin de ne pas influencer le travail des opérateurs de supervision, nous avons réalisé des observations libres sur la base d'une prise de notes papier/crayon. Ceci a permis de faire connaître et sensibiliser progressivement les personnels aux objectifs de notre intervention et de la recherche. Les observations ont varié sur les jours de la semaine (excepté la nuit et le dimanche car se sont des périodes très calmes) et sur des périodes particulières (vacances, trafic local). Nous avons veillé à donner un retour sur les résultats puis progressivement nous avons élaboré une partie de la démarche avec eux.
« Dans ce cas, les différents acteurs peuvent s'approprier le sens de l'intervention et participer activement à sa réussite, y compris en analysant à leur tour la situation et en prenant conscience de certains phénomènes qu'ils vivent et pour lesquels des changements sont souhaitables. » (Lemoine, 2003, p. 95).

3.2.2.2. Pendant les exercices de sécurité (simulation)

Selon Saunders et Powell (1998), une simulation peut être définie comme *« Une représentation partielle de la réalité, sélectionnant des caractéristiques essentielles d'une situation réelle et les reproduisant dans un environnement qui est essentiellement sans risque, permettant aux apprenants de développer leurs stratégies et leurs styles pour faire face à un défi particulier. »* (cité par Gatot, 2000, p. 97). A ce titre, nous assimilons les exercices de sécurité à des simulations.

Dans ce domaine, il existe différents types d'exercices selon l'organisation de l'entreprise. Traditionnellement, en application de la réglementation, deux types d'exercices sont mis

en œuvre par les exploitants : **les exercices d'entraînement et de vérification des procédures « in-situ » et les exercices sur table**.

➘ Les premiers concernent la connaissance de l'ouvrage, l'alerte et l'intervention des services. Leur objectif principal est de vérifier le bon fonctionnement des équipements et la connaissance des procédures et de leur application par les personnels. Les seconds se déroulent en salle et sont l'occasion de former et d'évaluer (contrôle des connaissances) les personnels de l'entreprise.

➘ Des exercices sur table sont également mis en œuvre, ils permettent de tester les plans, les procédures et les intervenants sans déplacement de moyens. Ce type de simulation renforce l'esprit de groupe. Cependant, ils s'adressent à un nombre limité d'intervenants et ne permettent pas de tester les mesures opérationnelles (Gatot, 2000).

Dans le cadre de la démarche proposée, un autre type d'exercice se distingue. Ce sont les **exercices « instrumentés »** avec déploiement sur le terrain. Ces derniers sont l'opportunité de mettre en situation les différents acteurs d'un événement et d'analyser finement son déroulement à partir des données collectées par des observateurs mis au cœur de l'action (Wybo, 2005b ; Wybo, Colardelle & Guinet, 2005). Ils permettent en particulier de faire intervenir les usagers et d'évaluer leur comportement face à différentes situations. Ils donnent le moyen de travailler sur les modes de communication avec les professionnels, de tester les dispositifs de sécurité existants ou nouveaux, etc. Ils sont également l'occasion d'obtenir les témoignages « à chaud ». Le scénario doit être tenu secret des usagers afin d'observer leurs réactions spontanées. Ces exercices suivent un scénario connu des organisateurs contrairement aux évènements d'exploitation qui sont imprévisibles. Il est donc possible avant l'exercice de planifier la collecte des informations et des connaissances de manière efficace en confiant à chaque observateur le rôle de rassembler une partie bien identifiée de l'information.

3.2.2.3. Pour l'étude des représentations mentales

Notre recherche porte un intérêt particulier aux représentations mentales des usagers et des professionnels. Leur étude peut être effectuée à partir de plusieurs techniques selon le degré de conscience auquel elles font appel de la part du sujet (Hubert & De Vanssay, 2006 ; Gallina, 2006). Deux méthodes nous permettent d'accéder aux représentations des usagers et des professionnels des tunnels.

➘ Selon Hubert et DeVanssay (2006), les **entretiens semi-directifs** réalisés à partir d'une majorité de questions ouvertes laissent à l'interviewé la possibilité d'expliciter au mieux sa propre perception des problèmes. Les réponses peuvent faire l'objet d'une analyse de contenu (thématiques abordées). Les entretiens pratiqués à la suite d'évènements réels et d'exercices de sécurité ont été conduits pour la plupart auprès des usagers. Ils donneront accès à leur représentation du système tunnel et de l'événement auquel ils ont été confrontés.

➘ En parallèle à ces entretiens, nous avons posé un diagnostic de la manière dont les usagers, les personnels « exploitant » et les concepteurs appréhendent un tunnel à partir

d'un **outil original, le dessin**. La représentation graphique consiste à demander à l'individu de dessiner l'objet étudié. Elle permet de comprendre les relations que la personne entretient avec son environnement et d'évaluer sa connaissance de l'espace. Ce test est en partie fondé sur la théorie des cartes mentales de Lynch (1976) selon laquelle en milieu urbain chacun développe mentalement une carte de sa ville pour faciliter son orientation dans l'espace et évaluer plus aisément les trajets ou les distances à parcourir. L'espace urbain est construit par rapport à des chemins, des unités, des nœuds et des points de référence (Hubert & DeVanssay, 2006) .

3.2.2.4. A partir des images vidéo

La conservation des enregistrements de vidéosurveillance ou de DAI d'évènements porteurs d'enseignements est un outil essentiel à la mise en place d'un retour d'expérience efficace en tunnels routiers. Ces enregistrements sont une aide à l'analyse de l'événement, à la connaissance du comportement humain et au partage des expériences à des fins de pédagogie notamment. Leur analyse n'a de valeur que si elle est complétée par le témoignage des acteurs de l'événement sur leur comportement à partir des images. Ceci renvoie à des questions d'ordre juridique de conservation de bandes vidéo qui n'ont jusqu'à ce jour obtenu aucune réponse formelle.

Cette incertitude juridique apparaît comme un frein à la mise en partage d'expérience alors même que la vidéo est un outil essentiel du retour d'expérience. Ainsi nous avons réalisé une synthèse concernant l'étude des limites juridiques entourant le sujet afin de saisir les instances compétentes capables de donner une réponse précise aux demandes d'évolution nécessaires pour le bon fonctionnement d'un dispositif de retour d'expérience en tunnel routier.

Retenons que la loi du 6 janvier 1978 réglemente la constitution de fichiers de données à caractère personnel afin de garantir les libertés individuelles ou publiques ainsi que la création de la CNIL chargée d'instruire les demandes. L'article 10 de la loi du 21 janvier 1995 vise à réglementer la mise en place et l'utilisation de la vidéosurveillance et n'autorise pas les exploitants à garder les enregistrements vidéo au-delà du délai prescrit par arrêté préfectoral (un mois maximum). La circulaire du 22 octobre 1996 rappelle que si les enregistrements visuels sont utilisés pour constituer un fichier nominatif, le dossier relève dans sa totalité de la CNIL.

Par ailleurs, **les réponses du ministère de l'Intérieur, de la préfecture de la Savoie et du procureur de Lyon interrogés sur ce sujet ne garantissent pas la sécurité juridique des exploitants** qui souhaiteraient garder leur enregistrements vidéos à des fins de retour d'expérience et de pédagogie. Cependant, au fil de notre recherche il est apparu qu'une demande officielle pour garder et exploiter les enregistrements vidéos devrait être adressée à la CNIL. Cette démarche a été réalisée par la SFTRF, explicitant le cadre de la recherche et son intérêt pour la prévention des risques en tunnel et dans laquelle nous nous engagions à rendre anonymes les images en masquant les identifiants des véhicules (plaque, marque, etc.) et des protagonistes. Les images étant rendues anonymes, la CNIL a répondu ne pas être compétente.

Si les images vidéo d'un événement sont une aide précieuse pour l'analyse des évènements et le partage des expériences entre exploitants de tunnels, la conservation et l'utilisation des images vidéo sont soumises à un cadre juridique qui impose d'obtenir une autorisation officielle. **Dans le cadre d'un accord spécifique avec la SFTRF, les images de vidéosurveillance de quelques évènements source d'apprentissage ont pu été conservées pour les besoins de l'étude** et complètent notre démarche de compréhension.

Ces éléments ont permis d'approfondir l'analyse de quelques événements en couplant les données recueillies avec les interviews et les supports de travail (fiche d'incident, relevé informatique du fonctionnement des dispositifs techniques, etc.).

3.2.3. L'interview

Le cœur de notre recherche repose sur la mise au point de méthodes et outils d'analyse du comportement des usagers en tunnel routier pour apporter des éléments de compréhension et faire évoluer les stratégies de sécurité. Comme le montrent les différentes études présentées dans les chapitres précédents (Van Elslande, 2001 ; Boer, 2002 ; Proulx & al. 2006 ; Proulx, 2001a, 2007b ; Noizet, 2005a ; Van Elslande & Fleury, 2005), l'évaluation du comportement des personnes face à des situations à risques se fait au cours d'entretiens réalisés par des personnes formées au recueil de témoignages, avec les impliqués ou témoins de l'événement.

Pour analyser le comportement des usagers face à un événement en tunnel routier et déterminer les facteurs psychologiques sous-jacents à ce comportement, il est essentiel de recueillir leur témoignage sur la manière dont ils ont vécu la situation.

3.2.3.1. Point sur les méthodes existantes

L'interview (ou entretien) est une méthode répandue durant laquelle une ou plusieurs personnes posent des questions à un ou plusieurs sujets afin de collecter de l'information et des connaissances sur un point particulier (Jacques, n.d.).

Généralement il existe trois types d'entretien en fonction des besoins en analyse. **L'entretien peut être** :

- **directif**, consiste à interroger plusieurs sujets à l'aide du même protocole et de la même liste de questions, déterminée à l'avance. Il convient de respecter l'ordre et le libellé des questions ;
- **semi-directif**, combine des questions qui guident l'entretien et des questions secondaires posées selon l'évolution de l'entretien. L'interviewer dispose de plus de latitude pour s'adapter au contexte (environnement, personnalité du sujet, etc.). Cette forme d'entretien est très utilisée et permet de renseigner sur la position personnelle du sujet tout en donnant un certain nombre d'éléments comparables voire quantifiables ;
- **non directif (libre)**, utilisé en particulier pour étudier certains thèmes en profondeur.

Les questions fermées proposent au sujet une série de réponses parmi lesquelles il doit choisir (« oui - non ») et permettent un traitement statistique. Les questions ouvertes ne

prévoient pas la réponse ; le sujet s'exprime librement (« pouvez-vous décrire … ? ») et reposent sur une analyse qualitative.

L'entretien peut prendre différentes formes. Parmi les plus courants, notons l'entretien en individuel et l'entretien en groupe. Le premier est réalisé en « tête à tête » entre un interviewer et un sujet. Il permet d'approfondir les sujets évoqués. L'interview en groupe rassemble de nombreux participants dans un lieu. Ces derniers peuvent répondre par écrit à un questionnaire et/ou s'exprimer collectivement sur une même problématique.

3.2.3.2. Objectifs et outil pour notre recherche

La méthode proposée se fonde sur le recueil du témoignage d'usagers confrontés à un événement en tunnel routier.

Pour notre étude, le témoignage est obtenu au cours d'un entretien faisant suite à un événement d'exploitation ou suite à la simulation d'un événement lors d'un exercice de sécurité (ce sont deux procédures complémentaires). Nous avons également participé, en collaboration avec le bureau d'études DEDALE, à l'évaluation réalisée dans le cadre du projet « auto-évacuation » de la DIRIF. Cette dernière est intégrée aux exercices car les protocoles de ces études sont similaires.

Afin d'approfondir l'analyse des évènements et la compréhension du comportement des usagers, **certains événements d'exploitation sources d'apprentissage ont été complétés par le témoignage des opérateurs** qui ont géré la situation.

Galea et al. (2009), *« Les évènements réels offre à la communauté de sécurité des opportunités pour étudier le comportement humain sous un angle qui ne peut pas être répliqué en laboratoire ou par des expérimentations contrôlées. De telles opportunités ne sont pas totalement exploitées à cause de problèmes d'ordre contentieux et de difficultés posées par le système légal. »*.

L'interview vise à collecter des informations pour reconstruire l'histoire et la dynamique de l'événement et à obtenir une vue globale de la situation et de la manière dont elle a été gérée. Il permet de recueillir le témoignage des acteurs d'un évènement pour avoir des éléments objectifs d'analyse et de compréhension du comportement des usagers et des personnels « exploitant ». Il donne accès à la mémoire épisodique et plus précisément au vécu de l'événement par la personne interviewée (ce qu'elle a fait, pourquoi, à partir de quels indices, etc.).

Une **grille d'entretien** permet d'obtenir le témoignage d'un acteur sur son vécu de l'événement. Elle se compose de différentes questions qui sont adaptées aux objectifs de l'analyse conduite, à l'événement et au mode de passation (individuel/collectif, terrain/téléphone, temps à disposition, etc.) ainsi qu'au récit de l'acteur au cours de l'interview. Les éléments extraits de l'analyse vidéo peuvent être un support pour orienter les questions et faciliter l'accès à la mémoire de l'événement.

La technique d'entretien utilisée est dite **« semi-directive »** afin de laisser les personnes raconter leur vécu, tout en essayant d'obtenir des informations précises sur certains points. Pour cela, la structure de la grille d'entretien comporte trois parties. Dans un premier

temps, la personne raconte « librement » le vécu de l'événement (« caméra sur l'épaule »). Ceci permet d'obtenir une première série d'informations et d'identifier les « moments forts » (« épisodes ») qui structurent son récit. Lorsqu'il devient difficile d'obtenir les informations avec un récit libre, le dialogue est relancé avec d'autres questions.
Ensuite la personne est invitée à apporter des compléments d'informations sur certains épisodes et actions[41] et sur les hypothèses[42] qu'elle a envisagées à ce moment de l'histoire.
Pour conclure, l'interviewé peut évaluer l'événement et sa gestion, donner des suggestions et les alternatives envisageables[43] sur certains moments forts.

3.2.3.3. Déroulement

✷ **Présentation**

L'entretien est généralement **individuel**, mené par un seul interviewer « en tête-à-tête » avec l'interviewé. Les interviews sont plus productives si elles se déroulent **sur un « terrain familier »** pour l'interviewé (Wybo & al., 2005a). Pour les professionnels, l'entretien se pratique sur le lieu de travail de l'interviewé. Pour les usagers, en dehors des exercices qui sont favorables à ce type d'entretien, l'interview se fait **par téléphone**.
L'entretien peut être mené **de manière collective**, par un ou deux interviewers, en présence de l'ensemble des acteurs. Cette pratique est utilisée pour les **exercices de sécurité**. Le délai des entretiens n'a pas dépassé une heure car au-delà il est souvent difficile pour l'interviewé de se concentrer. Il a duré en général 30 minutes pour les professionnels et de 15 à 30 minutes pour les usagers.

Pour extraire l'expérience contenue dans les entretiens, **seules les informations pertinentes ont été conservées**. Toute la difficulté réside dans la distinction des informations pertinentes ou non. Il est donc préférable de transcrire un peu plus d'information qu'un peu moins. Pour le formalisme de cette transcription, nous avons autant que possible retranscrit littéralement les phrases de l'acteur, ce qui permet d'éviter des interprétations erronées.

✷ **Conduite de l'entretien**

Chaque entretien s'est déroulé en **trois temps**, nous avons :

- **introduit** l'entretien à partir d'éléments constituant un « code de confiance mutuel » (contexte et objectif de la demande, anonymat, déroulement de l'entretien, etc.) et renseigné les informations sur le profil de l'interviewé pour mettre à l'aise l'interlocuteur et faciliter le dialogue ;
- utilisé et rempli la **grille d'entretien** préalablement établie en adaptant les questions posées aux informations connues et au récit de l'usager au fil de l'entretien ;
- veillé à ce que la personne ait bien évoqué tout ce qu'elle souhaitait dire et **conclu**.

[41] Exemple : « J'aimerais maintenant que vous me parliez de… j'aimerais revenir sur un point… ».
[42] Exemple : « Qu'est-ce qui vous a conduit à agir ainsi ?, Comment avez-vous fait ?, Aurait-on pu faire autrement ? …».
[43] Exemple : « Avez-vous déjà rencontré cette situation ? Si oui, qu'avez vous fait ? Si non, quelles solutions envisagez-vous ?, Quels sont les points négatifs à éviter et/ou à améliorer ? Quels sont les points positifs à encourager ?».

Nous avons fait attention à être **prudent et diplomate** lors des entretiens. En effet, il n'est pas facile de faire parler une personne sur des actions qui se sont mal déroulées, surtout si l'interviewé est directement impliqué. Certaines personnes essaient d'externaliser leurs actions, c'est-à-dire d'attribuer les causes des dysfonctionnements à d'autres services ou de blâmer d'autres personnes.

Nous avons essayé d'appréhender de manière objective l'événement et les décisions prises par l'acteur. Nous étions dans une démarche de compréhension, et non de jugement, pour aider l'interviewé à ne pas se sentir embarrassé, harcelé, vulnérable ou incompétent mais au contraire valorisé. Si l'interviewé est sur la défensive, le travail de réflexion que la personne doit effectuer ainsi que la recherche des informations sur la dynamique de l'événement et de sa gestion en seront plus difficiles.

3.2.4. Analyse des données

Pour l'analyse d'évènements réels, les différentes informations recueillies (témoignages, vidéo, etc.) sont confrontées pour reconstruire l'histoire de l'événement.
La synthèse des entretiens (opérateurs et/ou usagers) et des différentes informations nécessaires à la compréhension de la situation permettent de proposer un scénario d'événement validé par les personnels « exploitant » impliqués dans l'événement puis partagé avec les autres.

L'analyse des exercices est conduite sur le témoignage des usagers recueilli en fin d'exercice. Pour deux des exercices auxquels nous avons participé (Orelle, 2006 ; La Défense, 2008), l'analyse prend en compte les compte-rendus d'observateurs positionnés à des endroits et avec des missions stratégiques pendant l'exercice.

L'analyse approfondie de quelques évènements d'exploitation et celle de l'exercice d'Orelle ont été source d'apprentissage pour les opérateurs et ont servi de support aux échanges d'expériences au cours de réunions de retour d'expérience.

Les informations ainsi rassemblées permettent essentiellement de réaliser une analyse **qualitative**. Compte tenu de la diversité des méthodes utilisées et d'un panel restreint pour chaque cas nous n'utilisons pas de méthode d'analyse statistique. **Une démarche quantitative sera utilisée ponctuellement sur quelques éléments afin de réaliser des comparaisons en terme de pourcentage et nous permettrons de dégager des tendances.**

Comme le remarque Courvalin (2002), la méthode qualitative vise à donner une description la plus riche possible de la réalité observée par le chercheur. Si les instruments de mesure construits tout au long de la recherche ne permettent pas d'obtenir une grande précision en terme de quantité, d'intensité, ou de fréquence, *« Le but de ce type de recherche est de **« faire sens »**, plus qu'à « donner la preuve ». »* (Passeron, 1993 cité par Courvalin, 2002, p. 21).
L'analyse qualitative permet de classer et hiérarchiser les déclarations en fonction des thèmes abordés à partir de questions ouvertes. Il est difficile de transformer en matériel quantifiable les réponses narratives de ces questions qui génèrent une diversité de

positions. Le travail de traitement qualitatif de l'information s'avère conséquent ; il passe par une transcription du contenu des interviews, de multiples lectures permettant de repérer et dégager les thèmes émergents. Les données sont « écoutées objectivement » en les situant dans leur contexte. Les idées sont ensuite comparées et interprétées avec les données étudiées par ailleurs par différents chercheurs (Jacques, n.d.). Des logiciels d'analyse de discours, comme Evoq, existent et permettent de faciliter l'analyse et l'interprétation des données (Wallemacq, Jacques & Bruyninckx, 2004). Cependant, ce type de méthode nécessite de mettre en place des entretiens en face à face, de longue durée afin de recenser l'ensemble des idées évoquées sur un thème. Ce qui n'a pas été possible de mettre en œuvre dans notre recherche.

La méthode clinique/qualitative permet d'approfondir l'observation de l'objet d'étude jusqu'à ce que l'on perçoive une structure d'ensemble. Elle s'intéresse aux processus, c'est-à-dire à la façon dont ont été obtenus les résultats observés. La méthode statistique cherche à dégager les tendances générales qui s'appliquent au plus grand nombre d'individus.

Nos études de cas nous permettent de construire progressivement un ensemble de méthodes pour enrichir la connaissance du comportement humain et proposer des pistes pour l'évolution du retour d'expérience en tunnel routier.

4. Point d'étape

Au cours de ce quatrième chapitre nous avons abordé le **retour d'expérience**, pour commencer d'un point de vue conceptuel puis appliqué à notre terrain d'étude. Ce chapitre termine la partie théorique. Il conduit à orienter la recherche autour de trois axes principaux pour lesquels nous avons donné nos hypothèses et expliqué la méthode de travail.

Le retour d'expérience est tantôt défini tel un outil tantôt telle une démarche de management intégré(e) à la gestion de la sécurité des systèmes complexes à risques. Le terme est polysémique. Dans les **différentes définitions** proposées, il apparaît qu'il évolue en miroir avec des approches données pour la gestion de la sécurité. Afin de gagner en matière de sécurité (réduire le nombre d'évènements) dans les systèmes complexes à risque, les aspects technologiques font l'objet d'études et de retour d'expérience. Par la suite lorsque le niveau de sécurité atteint un optimum (niveau de sécurité élevé), l'intérêt est porté sur les facteurs humains et organisationnels qui permettent de progresser en sécurité (Lecoze & Lim, 2002).

Parmi les conceptions, nous retenons en particulier les **Etudes Détaillées d'Accidents** développées au sein de l'INRETS (Ferrandez, 1999 ; Van Elslande, 2001 ; Van Elslande & Fleury, 2005) car elles se rapprochent de notre objet d'étude. Un psychologue recueille les témoignages à « chaud » sur les lieux de l'accident, les approfondis lors d'un second entretien. Les données sont ensuite traitées en les confrontant aux aspects liés au véhicule et à l'infrastructure. A notre connaissance dans le domaine de la sécurité routière, cette équipe est la seule à mettre en oeuvre ce type de procédure.

Si le retour d'expérience est différent par les besoins propres à chaque organisation, certains **principes fondamentaux** existent et en particulier lorsqu'il s'agit de prendre en compte les aspects humains et organisationnels dans la démarche. Lorsqu'un événement survient, ces principes reposent sur le traitement des informations selon la progression suivante : détection et collecte, analyse, stockage, exploitation et partage des expériences. Dans les différents domaines où il est institué, l'évolution du retour d'expérience passe par l'intégration du point de vue des acteurs, de leur comportement, de leurs interactions et organisation. Elle est confrontée à un certain nombre de **freins** (peur de la sanction, etc.) repérés par de nombreux auteurs. Des leviers d'action visant à dépasser les difficultés sont proposés. Ils concernent en particulier le management et l'organisation du retour d'expérience (Gilbert, 1999 ; Amalberti & Barriquault, 1999 ; Gaillard, 2005 ; Wassenhove & Garbolino, 2008).

Nous avons choisi un autre exemple, la **méthode REXAO** car elle prend en compte le point de vue des différents acteurs de la gestion d'un événement et les réunis autour d'une table pour que tout à chacun soit acteur de la sécurité par des questionnements (Wybo & al., 2001 ; Wybo, 2004a). Notre intervention repose sur cette méthode car elle est centrée sur la mise en valeur des capacités de rattrapage des acteurs et de l'organisation d'une situation qui n'aurait pas été suffisamment couverte par les procédures. En effet, selon Mortureux (2004), *« Le retour d'expérience est indispensable pour connaître le comportement des systèmes dans leurs milieux, dans les conditions réelles d'utilisation. »* (p. 2.).

Ce chapitre a également été l'occasion de faire un état des lieux du **cadre réglementaire** entourant le retour d'expérience et des **pratiques** existantes dans le domaine des **tunnels routiers**. Comme le soulignent Tesson et Lavedrine (2004), au niveau local, le retour d'expérience a pour objectif de permettre à chaque exploitant d'avoir une connaissance précise des incidents et accidents significatifs se produisant dans son tunnel, de la façon dont ces derniers sont traités par le personnel et le cas échéant de remédier aux éventuels dysfonctionnements rencontrés. Au niveau national, les données du retour d'expérience vise à avoir une approche statistique sur un nombre significatif d'évènements et d'appréhender les mécanismes des dysfonctionnements à partir d'une analyse détaillée du déroulement des évènements. Cependant le diagnostic montre les limites de ce système et fait émerger certaines attentes des exploitants.

Par rapport à l'approche présentée qui entoure les systèmes industriels ou l'aviation, en tunnel routier le retour d'expérience diffère par la prise en compte de l'acteur extérieur (l'usager dans le tunnel), des niveaux d'évolution et de formalisation du retour d'expérience. A l'image des autres domaines dans lequel il est mis en place, l'**évolution** du retour d'expérience en tunnel routier est similaire. Pour progresser en matière de sécurité, les aspects techniques, humains et organisationnels sont essentiels pour le retour d'expérience.

➘ Au départ, l'intérêt est porté sur les **aspects techniques** (infrastructure, équipements, exploitation, véhicule) et les dysfonctionnements sont l'objet du retour d'expérience afin de travailler et d'améliorer les barrières du système.

➘ Dans un deuxième temps, le **comportement des personnels « exploitant »** est pris en compte dans les analyses et permettent de travailler sur l'appropriation par les acteurs de la technique, des procédures, du système. Dans le domaine des tunnels routiers, ces aspects ont été principalement abordés à partir de la formation.

➘ Ensuite le retour d'expérience a pris en compte les **aspects organisationnels** en interne à l'exploitant et avec les personnels externes (sapeurs-pompiers, gendarmes, etc.). Les points touchant à la gestion des situations (maintenance, interventions sur incidents et accidents, réglementation, etc.) sont travaillés et contribue à la résilience du système.

➘ Enfin, le retour d'expérience est orienté sur le **comportement des usagers**. Il a d'abord porté sur la communication des consignes de sécurité ou l'application des règles par le contrôle-sanction afin que les usagers s'approprient le système. En France dès 2003, s'est mis en place le projet ACTEURS qui a notamment réuni plusieurs sociétés d'exploitation de tunnel. Le CETU a également mis en place un thème de recherche prioritaire sur ce sujet. Il s'agit désormais de prendre en compte le concept d'**affordance** c'est à dire la capacité de l'être humain à comprendre son environnement de manière spontanée. Plus précisément, d'après Morineau (2001), ce concept est issu de la psychologie écologique *« Pour rendre compte de l'adaptation immédiate d'un individu à son environnement »* (p.83). Il s'est infiltré par la suite en psychologie ergonomique dans l'analyse de l'activité et à travers la définition d'interfaces dites « écologiques ».

La Figure 17 illustre nos propos et fait apparaître qu'à chaque phase de progrès le gain apporté en termes de sécurité atteint à un moment donné un certain palier (diminution restreinte du nombre d'accidents). Ce palier est dépassé lorsque l'intérêt se déplace sur d'autres aspects. Les gains sont importants et rapides sur les aspects techniques mais plus on se rapproche du comportement des usagers plus il devient difficile de gagner beaucoup et rapidement. En effet, par rapport à d'autres domaines, en tunnel routier il est nécessaire de trouver les moyens d'avoir accès aux témoignages des usagers.

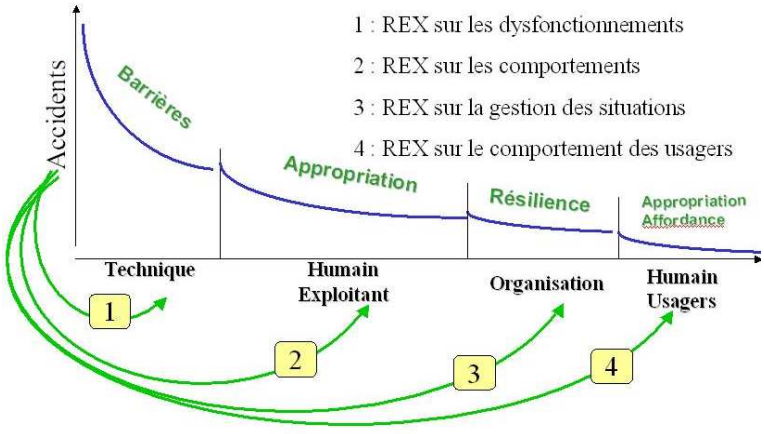


Figure 17 : Les phases de progrès de la sécurité en tunnel routier

La quatrième phase de progrès de la sécurité en tunnel routier constitue l'objet principal de notre recherche et le cœur de notre problématique. La première partie de notre travail a consisté à apporter des précisions sur notre problématique à partir des travaux existant dans la littérature. Ce quatrième chapitre complète cet objectif et nous a conduit à formuler nos hypothèses de recherche puis à présenter l'ensemble de notre méthode expérimentale. Le retour d'expérience est, pour nous, objet principal du travail de recherche et pour lequel nous l'abordons telle une démarche. Il est aussi outil de recherche et de pratique.

La seconde partie de notre travail concerne plus précisément les travaux réalisés sur des évènements d'exploitation et des exercices de sécurité puis seront abordées les représentations mentales. Nous allons présenter les protocoles expérimentaux mis en place pour chacun de ces travaux et les principaux résultats. Cette partie vise à comprendre en particulier l'écart entre le comportement attendu et le comportement observé des usagers. Nous allons mettre en évidence les éléments qui aident à comprendre « pourquoi » les usagers attendent dans leur véhicule ou font demi-tour, par exemple, au lieu d'évacuer vers une sortie de secours.

Dans le prochain chapitre, nous allons aborder l'étude conduite sur les évènements d'exploitation puis dans les deux chapitres suivants nous traiterons des exercices de sécurité et des représentations mentales. Le dernier chapitre sera consacré aux enseignements et limites de notre travail ainsi qu'aux perspectives futures de celui-ci.

Deuxième partie

Chapitre 5. Analyse d'évènements d'exploitation

A partir des méthodes existantes dans le domaine des cindyniques, nous avons mis en place deux études sur les évènements d'exploitation dans la perspective d'élaborer un retour d'expérience en tunnel routier qui intègre l'analyse et la compréhension du comportement humain. La première étude repose principalement sur le recueil de témoignages d'usagers et la seconde sur une base de données synthétisée à partir des fiches d'incident d'exploitation. Nous allons présenter les procédures expérimentales utilisées pour réaliser ces études puis leurs résultats.

1. Procédures expérimentales

1.1. Le recueil de témoignages (interview)

1.1.1. Pour les usagers

1.1.1.1. La fiche d'autorisation de contact

Pour l'analyse des évènements d'exploitation, avant d'interviewer les usagers, la question s'est posée de savoir comment prendre contact avec eux sachant qu'ils circulent dans un système « ouvert » dans lequel il est difficile de les intercepter (interdiction d'utiliser les images de vidéosurveillance à des fins de reconnaissance, etc.).

Afin de dépasser cette difficulté, une fiche d'autorisation de contact[44] a été élaborée et mise en place comme il est fait dans d'autres études (Courvalin, 2002 ; Proulx & Reid, 2006). Cet outil permet d'obtenir l'**autorisation écrite des usagers de les contacter ultérieurement ainsi que leurs coordonnées téléphoniques**. Les fiches sont remplies sur place par le personnel de l'exploitant au moment de l'événement puis elles nous sont transmises. Un guide de type **« mémo »** est fourni avec les fiches pour expliquer la démarche et leur utilisation. L'organisation de l'entreprise le permettant, cette fiche se décline en plusieurs langues.

Lorsque l'interview concerne les professionnels de la route (chauffeurs routiers, VRP, etc.), il est souvent nécessaire d'obtenir l'**accord du chef d'entreprise** avant de pouvoir recueillir le témoignage de l'usager.

En parallèle, afin de prévenir les usagers, un **message d'information** présentant la démarche est régulièrement diffusé **sur la radio 107.7**.

[44] Cf. Annexe 2-A.

L'élaboration et la mise en place des fiches contact des usagers et le recueil des témoignages a nécessité du temps lié notamment à des contraintes de terrain. Il a fallu déterminer les personnes chargées de distribuer ces fiches sachant que lors d'un événement l'une des priorités pour l'exploitant est de remettre en service le réseau le plus rapidement possible.
Compte tenu des stratégies d'action pour la sécurité qui ne sont pas les mêmes pour le tunnel du Fréjus et pour les tunnels situés sur l'autoroute, des procédures différentes ont été décidées et établies pour chacune des organisations de la SFTRF.

➘ Dans le cas du **tunnel du Fréjus**, deux types de procédures sont prévues selon l'ampleur de l'événement. Lorsqu'un point de regroupement des victimes (PRV) est déployé pour les besoins d'un événement, les **volontaires de la Croix-Rouge** ont pour mission de faire remplir les fiches. Pour des évènements plus courants, qui nécessitent uniquement la fermeture du tunnel et l'intervention des pompiers sécurité du tunnel, ce sont les **responsables de la sécurité** qui gèrent les demandes d'autorisation.

➘ Dans le cas des **tunnels autoroutiers**, les fiches sont remplies par les **chefs d'équipe** des agents routiers.

En dehors des personnels de la Croix-Rouge, les personnes ont été formées lors d'une réunion. Afin que cette procédure soit efficiente lorsqu'elle doit être utilisée, il serait intéressant de l'évaluer et de former les personnes responsables de ces fiches pendant les exercices de sécurité.

1.1.1.2. L'entretien et sa grille

Une fois l'autorisation et les coordonnées des usagers obtenues, les entretiens sont réalisés **individuellement par téléphone** dans un délai ne dépassant pas une semaine afin que les souvenirs soient suffisamment précis et que la démarche soit cohérente pour l'usager.

Pour la conduite des entrevues, une grille d'entretien[45] a été développée autour d'un questionnement permettant d'obtenir des informations sur le profil des usagers et les facteurs en jeu dans leur comportement au cours de l'évènement. Elle se compose de plusieurs parties comprenant notamment des renseignements sur l'usager (âge, nationalité, autres expériences d'évacuation, informations reçues sur la sécurité, etc.) et son véhicule (marque, etc.) ainsi que son témoignage sur l'événement.

Les entretiens étant de courte durée (**15 à 30 minutes**), le témoignage est orienté sur la description du vécu de l'usager en partant des différentes étapes qu'il vit :

- avant et au moment de l'arrêt ;
- dans le véhicule ;
- à pied dans le tunnel et l'issue de secours ;
- le retour à son véhicule et la suite de son trajet.

[45] Cf. Annexe 2-B.

Nous nous intéressons principalement à la perception des signaux, l'interprétation et la compréhension de la situation ainsi qu'aux décisions et actions.

Lors des entretiens, la plupart des usagers sont accueillants et répondent facilement à la demande. Ils apprécient l'intérêt porté à leur vécu, et ce d'autant plus que l'évènement a occasionné des désagréments (retard, gêne provoquée par la fumée, etc.) et que ceux-ci seront pris en compte pour l'amélioration de la sécurité.

Si ces entretiens permettent d'avoir des éléments sur le comportement naturel des usagers, il est parfois difficile d'approfondir les témoignages (problème de réception des téléphones portables, temps pris sur le temps de travail). De plus, d'un point de vue juridique il n'est, à ce jour, pas possible de contacter les usagers qui n'ont pas délivré d'autorisation de contact. C'est le cas des usagers qui doublent ou font demi-tour dans le tunnel, avec qui, nous ne pouvons pas approfondir les déterminants du comportement.

1.1.2. Pour les opérateurs

A travers les témoignages, l'implication des opérateurs de poste de contrôle aide à comprendre le déroulement de l'événement. Pour mettre en place et conduire ces entretiens, nous nous sommes appuyés sur la méthode REXAO.

A la suite de six évènements, nous avons rencontré les opérateurs ayant géré la situation pendant leur temps de travail en entretien d'**une demi-heure** environ. Pour celui-ci, nous avons élaboré une grille d'entretien[46] qui se décline en deux temps :

- **récit libre** avec pour consigne *« Racontez ce que vous avez vécu. »* puis retour sur certains points, en travaillant notamment sur la dynamique de l'événement et en intégrant la hiérarchie afin d'obtenir un point de vue le plus global possible ;
- **travail sur les alternatives possibles** de l'événement en comparant ce qui s'est passé et ce qui aurait pu se passer à partir des quatre axes que sont les causes, les conséquences, les moyens de prévention et les moyens de protection. Ensuite le potentiel d'apprentissage de l'événement est évalué de façon subjective à partir d'un premier modèle de grille de sélection du type de retour d'expérience (gravité/nouveauté).

1.2. Autres supports pour le retour d'expérience

Afin d'approfondir l'analyse de quelques évènements, nous avons complété celle-ci à partir des images de vidéosurveillance et de la mise en place d'un chronogramme détaillé.

1.2.1. Les images de vidéosurveillance

Dans le cadre d'un **accord spécifique avec la SFTRF** entourant la recherche, nous avons eu accès à plusieurs enregistrements vidéo d'évènements afin d'approfondir l'analyse de ces derniers. Ces enregistrements facilitent la collecte des données pour la

[46] Cf. Annexe 2-C.

compréhension de l'histoire de l'événement et permettent d'accéder à une information plus riche.

Si les enregistrements sont un outil précieux pour le retour d'expérience, en pratique **leur analyse peuvent se révéler longs et fastidieux**. Les bandes conservées sont des fichiers volumineux et nécessitent l'enregistrement sur plusieurs supports informatiques type CD/DVD. L'ensemble des enregistrements concernant un événement ne peut être conservé ce qui peut entraîner certaines imprécisions dans le matériau et qui impose de compléter les observations à partir d'autres données (interviews, etc.). Il est souvent nécessaire de faire une demande d'extraction des images dans un délai de sept jours avant que les images ne soient automatiquement effacées.

Pour faciliter l'analyse des enregistrements de quelques évènements sources d'apprentissage, nous avons établi **un tableau de repères des enregistrements vidéo** et déterminé **les scènes importantes aidant à comprendre l'événement.** L'analyse de ces derniers a été réalisée le plus rapidement possible après la survenance d'un événement.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que **l'image vue à l'écran ne rend pas toujours compte de la réalité vécue par les acteurs de l'événement**. Il peut exister un décalage entre la fumée perçue par les usagers à bord de leur véhicule, qui ont une « faible visibilité » et les opérateurs de supervision qui n'ont plus aucune vision du terrain sur leur écran de surveillance. L'interprétation des images doit donc être réalisée avec prudence.

L'analyse des enregistrements vidéo aide à la construction d'un chronogramme. Ces derniers permettent aussi de remettre en situation les différents acteurs. Ils servent de base à l'échange et à la réflexion lors des réunions « miroir ».

1.2.2. Le chronogramme

Le chronogramme vise à représenter les **« moments-clés » qui retracent l'histoire de la gestion de l'événement** (des précurseurs aux conséquences). Il existe plusieurs manières de formaliser un chronogramme. A partir des éléments existants dans la méthode de Wybo, qui peut aussi être utilisée, nous avons élaboré une méthode adaptée à notre terrain d'étude et à l'analyse comportementale des usagers. Nous n'avons pu calquer cette méthode pour notre étude car elle est orientée sur l'analyse des professionnels et non sur des populations.

Dans cette méthode, pour l'analyse des comportements et des communications notamment, le chronogramme reprend les informations utiles à disposition pour la compréhension dans les tracés informatiques, les témoignages des usagers et professionnels impliqués dans l'événement. **Il permet d'identifier le circuit de l'information pour comprendre les communications**.

L'ensemble des informations sont intégrées, de manière chronologique, dans un tableau d'analyse de l'évènement[47]. Les moments forts et les actions/décisions importantes liées à la gestion de l'événement sont retranscrits sur un support de type « diaporama » pour

[47] Cf. Annexe 2-D.

mettre en scène le déroulement de l'histoire[48]. Quelques images ou séquences courtes de vidéo, rendues anonymes, ont été utilisées pour illustrer un moment précis de l'histoire racontée par le témoignage de l'acteur concerné lors d'une réunion de retour d'expérience.

1.2.3. La réunion de « REX » ou réunion « miroir »

1.2.3.1. Présentation

En réunion de REX ou réunion « miroir », un retour est fait sur les points qui ont permis d'apprendre et de partager les expériences (communication avec l'usager, etc.).
Le terme réunion « miroir » est utilisé pour sensibiliser les acteurs à cet objectif de validation : faire apparaître le miroir de la réalité de l'événement et de sa gestion (Ecole des Mines de Paris[49] - Cofiroute, 2005). Nous faisons ici le rapprochement avec la restitution de l'examen psychologique, moment où le psychologue reprend dans un jeu de « miroir » le discours et reformule les propos du patient afin de l'amener à se voir et à se reconnaître tel qu'il est.

L'objectif principal de cette réunion est de valider collectivement l'analyse et les enseignements tirés du retour d'expérience sur un événement. Cette réunion de partage des expériences est un **élément essentiel dans une démarche de retour d'expérience puisqu'elle réunit autour d'une histoire commune les différents acteurs, en se concentrant sur les aspects positifs.** Elle donne l'opportunité aux acteurs de l'événement de percevoir la vision globale de l'événement et de pouvoir participer aux propositions d'amélioration. Ce niveau est essentiel pour obtenir la participation des acteurs, car il leur permet d'en tirer des connaissances et de constater que leur contribution est prise en compte.

La réunion « miroir » vise à favoriser la communication et le partage d'expérience entre les acteurs en restituant une vérité objective et collective. Elle permet non seulement de valoriser les acteurs, grâce aux décisions qu'ils ont prises et les actions qu'ils ont menées mais aussi de faire prendre conscience des difficultés et des vulnérabilités des services. Cette réunion favorise également l'apprentissage individuel et collectif en faisant, à partir de l'expérience commune, des propositions d'amélioration d'ordre technique (matériel, équipement), comportemental (entraînements, bilan de compétences, etc.), et organisationnel (modification de procédures et de stratégies).

1.2.3.2. Organisation et préparation

N'étant pas présents en permanence sur notre terrain d'étude, la réunion « miroir » est difficile à mettre en place avec les usagers à la suite d'évènements d'exploitation. Toutefois, les exercices sont propices à la réalisation de ce type de réunion qui se déroule sous la forme d'un débriefing collectif. Dans un premier temps, nous avons mis en place des réunions de « REX » avec les opérateurs de supervision. Ces réunions sont intégrées à la formation des opérateurs et permettent peu à peu d'élargir le champ de la formation sur les notions de responsabilité voire d'« erreur ».

[48] Pour exemple, des extraits sont donnés dans la présentation de l'étude de cas n°2.
[49] Ecole des Mines de Paris.

Les participants ont été informés plusieurs semaines à l'avance (compte tenu des horaires des équipes) de la date, du lieu et de la durée (en moyenne deux heures) de la réunion. Les objectifs de la réunion ont également été rappelés et tout élément utile (ordre du jour, rapport d'évènement, etc.) à cette réunion a été transmis aux personnes concernées au moins une semaine avant la date de la réunion.

Nous avons sollicité à l'avance les opérateurs qu'il nous a semblé pertinent de faire intervenir sur certaines parties de la présentation et ce, pour valoriser leur expérience et leur savoir-faire (idée digne d'attention, action, etc.).
Nous avons préparé les supports de l'analyse (chronogramme, etc.) utilisés afin de rendre plus productive la réunion « miroir » et permettre à l'ensemble des acteurs d'identifier et de proposer des pistes de progrès.

Contrairement à une approche « tour de table », la réunion « miroir » est organisée autour du récit de **l'enchaînement de l'action afin de faciliter la remémoration des circonstances par les acteurs**.

➘ Lors d'une **première partie**, les éléments du contexte (objectifs de la réunion, etc.) ont été rappelés. Après avoir présenté sommairement l'événement, il a été procédé à la **lecture du chronogramme ainsi que des décisions et actions importantes au fil de l'histoire**. Chaque acteur est libre de commenter l'analyse pour identifier les barrières existantes et étudier collectivement les alternatives proposées. Ceci montre que la personne a réfléchi à d'autres possibilités qui pourraient, dans un même contexte, améliorer la situation (boucle de rattrapage) ou que la personne a effectué les bons gestes, a suivi la bonne procédure, ce qui a évité d'aggraver la situation.

L'intérêt étant d'exploiter ces informations afin de lancer des pistes d'amélioration. **Les propositions émises sont faites uniquement par les participants** car c'est un moyen d'impliquer tout un chacun collectivement et de créer des canaux d'échange. L'idée étant que chaque personne perçoive l'intérêt et l'apport d'une telle réflexion en matière d'amélioration des conditions de travail. L'animation est complétée au cours du récit, par la sollicitation d'acteurs qui apportent une contribution positive au débat, à un moment précis de l'histoire.

➘ La **deuxième partie** de la réunion « miroir » est consacrée à **l'analyse des enseignements tirés**. Elle est animée autour des pistes de progrès qui ont été proposées par les personnes ayant participé au retour d'expérience ou abordées lors de la première partie de la réunion.

➘ En **fin de réunion**, il est demandé aux participants d'identifier les pistes d'amélioration ou d'actions à proposer, classées selon qu'elles relèvent des domaines technique, humain ou organisationnel. Puis **les propositions et les thèmes évoqués** autour des dysfonctionnements, pistes d'améliorations ou actions à suivre **sont récapitulés**.

Nous avons organisé et animé deux réunions de retour d'expérience. La première a été l'occasion de faire un retour sur l'exercice instrumenté en 2006 et sur l'étude entourant

les représentations mentales. La seconde a été centrée sur l'analyse détaillée de trois évènements de type incendie.

1.3. Récapitulatif des évènements analysés

Notre étude porte sur quatorze évènements d'exploitation qui se sont produits entre 2006 et 2008 (Tableau 4).

➘ Parmi ceux-ci, **quatre pannes** (E5, E6, E7, E9) ont fait l'objet d'une demande d'interview. Lors de la mise en place des interviews, il n'était pas envisagé d'intégrer ce type d'événement dans notre analyse. Ces évènements peuvent être importants à prendre en compte pour les personnels. Cela nous permet de souligner l'importance de la communication sur les objectifs de la démarche afin que l'organisation et la pratique du retour d'expérience soient en adéquation avec les besoins de l'entreprise. **N'étant pas le principal objet de la recherche, ces évènements permettront d'étayer nos observations mais ne seront pas détaillés.**

➘ Notre travail a porté sur l'étude de **dix incendies**. Trois se sont produits dans le tunnel du Fréjus, six dans le tunnel d'Orelle et un dans celui des Hurtières. Pour la plupart l'origine identifiée est une casse-turbo de poids lourd (8/10), un a pour origine l'échauffement d'un essieu et un autre l'éclatement d'un pneu.

Neuf incendies ont été l'occasion de solliciter les usagers pour les interviewer. Nous avons pu interviewer près de la moitié des usagers sollicités. L'événement E4 a permis de travailler avec les opérateurs dans la perspective d'élaborer la grille d'entretien des professionnels et d'intégrer ces derniers dans le processus de retour d'expérience développé.

Nous avons visionné certaines images de vidéosurveillance. Compte tenu du temps nécessaire pour l'élaboration, la mise en place et la réalisation d'analyse à partir de cette méthode, nous avons fait des observations détaillées avec un chronogramme pour deux incendies (E12 et E13) et pour quatre autres (E1, E3, E10 et E11), nos observations ont été plus générales.

Tableau 4 : Récapitulatif des évènements d'exploitation analysés

date	événement		tunnel	nb d'usagers sollicités	nb d'usagers interviewés	nb d'opérateurs interviewés	images vidéo	chronogramme et réunion "REX"
	n°	type (nature)						
2006	**E1**	incendie (turbo)	orelle	18	5	0	observations	non
2006	**E2**	incendie (turbo)	hurtières	1	1	0	néant	non
2006	**E3**	incendie (turbo)	orelle	3	1	0	observations	non
2006	**E4**	incendie (turbo)	orelle	0	0	2	néant	non
2007	***E5***	*panne (carburant)*	*orelle*	*1*	*1*	*1*	*néant*	*non*
2007	***E6***	*panne (mécanique)*	*aiguebelle*	*1*	*1*	*1*	*néant*	*non*
2007	***E7***	*panne (mécanique)*	*orelle*	*1*	*0*	*0*	*néant*	*non*
2007	**E8**	incendie (turbo)	fréjus	1	1	0	néant	non
2007	***E9***	*panne (carburant)*	*orelle*	*1*	*0*	*0*	*néant*	*non*
2007	**E10**	incendie (essieu)	fréjus	1	1	0	néant	non
2007	**E11**	incendie (pneu)	fréjus	7	6	0	observations	non
2007	**E12**	incendie (turbo)	orelle	2	2	2	observations	oui
2008	**E13**	incendie (turbo)	orelle	8	3	2	analyse	oui
2008	**E14**	incendie (turbo)	orelle	2	2	2	analyse	oui
		TOTAL	***néant***	***47***	***24***	***10***	***néant***	***néant***

Le tableau présente les évènements de manière chronologique afin de visualiser la progression et l'évolution de la mise en place de la méthode. Ceci aide à recontextualiser

certaines observations qui seront données dans les résultats. Toutefois, afin de ne pas surcharger la lecture, nous présenterons dans le texte deux études de cas illustrant la démarche mise en œuvre et les principaux résultats de cette étude.

1.4. Base de données à partir de quatre tunnels autoroutiers

Aujourd'hui il existe peu de bases données sur des évènements d'exploitation qui intègrent les aspects liés aux usagers ou qui les exploitent à leur juste valeur. En collaboration avec les opérateurs de supervision, nous avons élaboré une base de données à titre exploratoire. Malgré des difficultés pour avoir des données homogènes, notre étude faite sur quatre tunnels apporte des enseignements.

1.4.1. Incidents, accidents et situations de danger

Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'élaboration d'une démarche de retour d'expérience en tunnel routier. Elle traite des aspects statistiques (base de données) de la démarche et vise à étudier de manière exploratoire les facteurs en jeu dans l'origine et le déroulement des évènements.

Une base de données a été élaborée et alimentée à partir des données brutes issues des fiches d'incident d'exploitation afin de réaliser une analyse statistique et descriptive des évènements en intégrant les aspects humains et organisationnels. La création de la base de données repose sur **une grille d'analyse des évènements établie et remplie sur la base des « fiches d'incident d'exploitation »** qui contiennent les informations concernant un événement et sa gestion (procédure, délai d'arrivée des personnels, etc.).

Les éléments pris en compte pour l'étude sont regroupés en deux types de facteur :

- les **facteurs exogènes** liés au trafic et à la génération de l'événement (nature des évènements, véhicules impliqués, etc.) ;
- les **facteurs endogènes** liés à l'organisation du système, ils sont le reflet du traitement de l'événement. Ils concernent les conséquences sur l'exploitation et le temps d'attente pour les usagers (durée de l'évènement, mode de détection, etc.).

Par ailleurs, ce travail nous sert de **point de repère pour produire une typologie des évènements et une échelle de retour d'expérience**.

➘ La classification des évènements ou typologie est établie à partir de celle proposée dans le projet ACTEURS, de l'analyse des évènements ainsi que des classifications existantes sur les évènements survenus à l'air libre ou dans d'autres domaines (nucléaire, etc.).

➘ En ce qui concerne la grille de sélection du niveau d'analyse d'un événement en fonction du potentiel d'apprentissage (échelle de REX), il s'agit de trouver les critères de nouveauté (événement prévu dans le PIS ou non prévu) ainsi que les critères de gravité permettant de classer un événement comme peu, moyennement ou très grave en définissant les paliers correspondants aux conséquences humaines (nombre de blessés légers, graves, etc.), matérielles (coût de réparation, etc.) et d'exploitation (nombre d'heures de fermeture, etc.).

1.4.2. Les signaux faibles

Les retours d'expérience existant dans le nucléaire ou l'aviation intègrent l'analyse d'évènements appelés « signaux faibles ».

A partir des éléments présentés dans le chapitre 2, dans le cadre de notre étude nous définissons un signal faible comme **un événement de brève durée qui dans un contexte donné n'a pas d'incidence mais qui dans un autre contexte peut avoir des conséquences plus graves**. Dans ce dernier cas, il devient un « précurseur ». Il est important d'être attentif à ces situations. En première intention, nous avons repéré des arrêts intempestifs d'usagers aux têtes ou à l'intérieur du tunnel pour lire une carte routière, pour téléphoner, etc. Les signaux faibles ne font, à ce jour, pas toujours l'objet d'une fiche événement car en général ils ne sont pas détectés et, lorsqu'ils le sont, ils ne demandent pas l'intervention des agents d'exploitation. Ces évènements étant source de danger potentiel, nous les avons intégrés à notre étude.

Un **tableau de relevé des signaux faibles**[50] a été élaboré et mis en place sous format informatique. Avant d'être rempli par les opérateurs de supervision, ces derniers ont été informés de la mise en place de ce dispositif au cours d'une réunion de retour d'expérience.

Après avoir présenté la procédure utilisée pour analyser les évènements d'exploitation, nous allons donner les principaux résultats. Les enseignements concernant les signaux faibles seront précisés dans le paragraphe 4.2.. Ceux visant à élaborer la typologie des évènements et l'échelle de REX seront intégrés dans le chapitre 8.

2. Comportement des usagers à la suite d'incendies

Vingt-deux entretiens ont été réalisés auprès d'usagers confrontés à un événement d'exploitation de type incendie. L'analyse est conduite sur les évènements qui ont permis d'observer le comportement des usagers face à un incendie ou tout au moins à un dégagement de fumée. Ces évènements se sont produits pour la plupart dans les tunnels du Fréjus et d'Orelle. Nous allons donner un exemple d'étude de cas pour chacun de ces tunnels. Ces études sont celles pour lesquelles le nombre d'usagers sollicités et interviewés est le plus grand[51].

Par convention, pour situer les usagers dans le tunnel, nous parlerons du sens 1, qui correspond au sens de circulation France/Italie et du sens 2 lorsqu'il concerne le sens Italie/France.

[50] Cf. Annexe 2-H.
[51] L'ensemble des témoignages d'usagers confrontés à un événement de type incendie sont présentés dans l'Annexe 2-F.

2.1. Etude de cas n°1

Cette étude se rapporte à l'évènement n°11. La synthèse de celui-ci a été élaborée à partir de l'analyse des informations recueillies dans le témoignage des usagers et les observations générales de quelques images de vidéosurveillance.

2.1.1. Description de l'évènement

Il est 7h07 dans le tunnel du Fréjus, en direction de l'Italie, un pneu éclate sur un poids lourd (PL0) et produit un dégagement de fumée. Les usagers en direction de la France et ceux situés à l'aval du PL0 sortent du tunnel. Plusieurs autres usagers ont été impliqués dans l'événement qui a duré 01h09, temps nécessaire pour réparer et évacuer le PL puis remettre le tunnel sous circulation.

A partir des informations recueillies, nous avons résumé le scénario de cet événement comme il suit (Figure 18) :

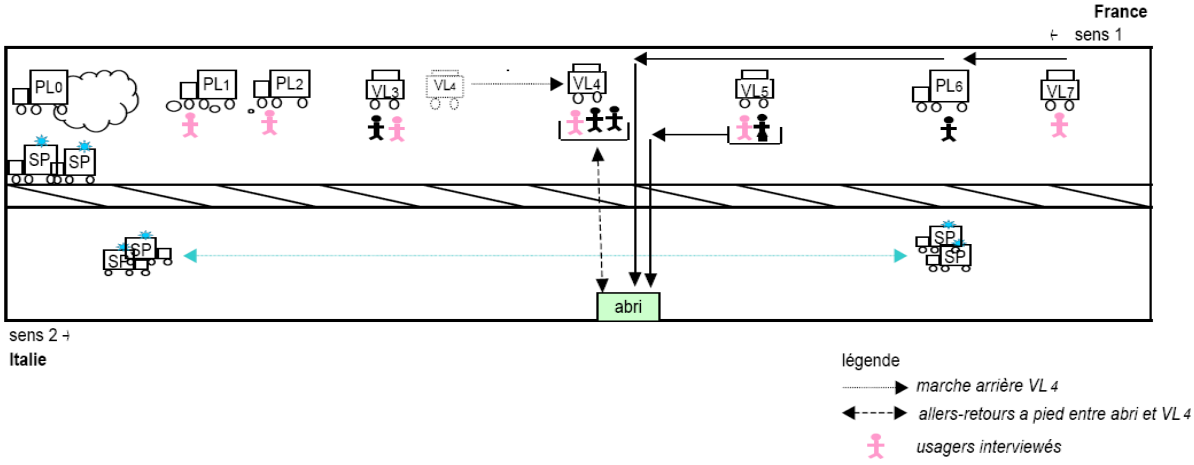


Figure 18 : Etude de cas n°1, le scénario

Sept usagers ont rempli les fiches d'autorisation de contact dont **six ont donné leurs coordonnées et ont pu être appelés**. Le septième usager (PL6), chauffeur routier d'origine belge (d'après le témoignage de l'usager du VL7), a simplement fait un commentaire sur la fiche au moment de l'événement. Il souligne la distance longue pour rejoindre l'abri (350 mètres). Cinq des six usagers ont répondu facilement à la demande et ont paru satisfaits par cette démarche malgré le temps pris sur leur temps de travail. Un usager n'a répondu que brièvement et sur un ton exaspéré.

Deux des usagers interrogés conduisent un poids lourd et les quatre autres conduisent ou sont passagers de véhicules légers. D'après les témoignages, il y avait au total onze personnes à bord de ces véhicules. Les deux chauffeurs routiers et les occupants de la VL3 sont restés dans leur véhicule tandis que les sept autres ont rejoint un abri. A partir des images vidéo, il semble que quinze autres véhicules, dont treize PL, et leur(s) occupant(s) étaient présents derrière le VL7.

2.1.2. Profil des usagers interrogés

Parmi les cinq usagers ayant répondu à cette partie du questionnaire, tous sont de **nationalité française** et de **sexe masculin**. Ils ont entre 40 et 70 ans, la moyenne d'âge est de 52 ans. La plupart utilise les tunnels et particulièrement le tunnel du Fréjus très fréquemment. Au moment de l'événement, seul un usager se rend en Italie pour des raisons privées et les autres l'utilisent dans le cadre de leur travail. De par leur métier et/ou de par leur nombre d'années de permis de conduire (plus de vingt ans), la plupart des usagers semblent avoir une longue expérience de la conduite de la route et particulièrement du tunnel du Fréjus. La majorité des interviewés décrivent la traversée d'un tunnel comme *« indifférente »*.

2.1.3. Témoignages des usagers

Le conducteur du PL1 est le seul à avoir vu le camion et un **pneu sur la chaussée**. Avec le chauffeur du PL2, ils ont tous deux vu de la **fumée** et senti une **odeur de brûlé**. Ces deux usagers ainsi que celui du VL3 attendent dans leur véhicule et évaluent l'aggravation potentielle de la situation à partir de la température extérieure et de l'opacité. Ils signalent également qu'ils ont connaissance de la présence des abris (issues de secours) dans le tunnel et qu'ils ont repéré l'emplacement d'un abri en cas de besoin.

Parmi les autres signaux perçus, les usagers citent :

- les **appels de phare** d'un autre chauffeur routier circulant dans le sens opposé de circulation ;
- les **véhicules arrêtés et/ou les warnings** devant eux ;
- les **gyrophares des véhicules de sécurité** qui sont associés aux pompiers et parfois aux ambulances. Notons que la présence des sapeurs-pompiers rassure les usagers. Cependant cela peut avoir une influence sur le comportement de certains qui attendent, dans leur véhicule, d'être pris en charge. Comme le souligne un usager : *« J'ai vu les pompiers et les ambulances, je ne suis donc pas sorti, j'attendais que l'on me prenne en charge. »* ;
- les **feux rouges** pour lesquels il est souligné un problème de visibilité et/ou de lisibilité dû notamment au nombre important de panneaux et à un manque d'attention (habitude). En effet, les usagers témoignent : *« Par rapport à l'habitude, il y avait les feux de signalisation rouge mais on n'y fait pas très attention. Il faut quasiment deux à trois feux avant de réagir, on se demande si c'est normal ou pas normal », « Je me suis arrêté au premier feu rouge que j'ai vu. Cependant il était peu visible car il y a beaucoup d'autres panneaux et on a tellement l'habitude de passer dans le tunnel qu'on ne les voit pas. », « Les feux sont difficiles à voir car ils sont cachés derrière l'issue. Elle clignotait juste devant le feu. » ;*
- le **message radio** qui est connu des usagers. Ceux qui n'écoutent pas la radio au début de l'évènement ont le réflexe de l'allumer afin d'avoir des informations. Le niveau d'alerte de ce message est ressenti de manière différente. Au début de sa diffusion, il peut ne pas se différencier du message d'information diffusé quotidiennement et laisser penser à un exercice de sécurité et/ou ne pas être perçu

car l'usager est axé sur une autre activité. Les usagers témoignent : *« J'ai entendu le message de sécurité mais au début je croyais que c'était un exercice. Quand j'ai écouté le message pour la deuxième fois, j'ai commencé à comprendre qu'il se passait vraiment quelque chose. Avec les autres messages radio qui passent en boucle en temps normal on est noyé dans les informations. Le message d'alerte passe dans la routine. Il n'y a pas d'intensité dans l'alerte, il faudrait être plus explicite dans le message. », « Il n'est pas assez frappant car on est axé sur sa discussion personnelle, on est détaché de ce qui se passe. ».* D'autres usagers le trouvent alarmant et excessif par rapport à la réalité de la situation : *« Un événement ! On peut plutôt parler d'un non-événement ! L'annonce faite à la radio est alarmiste, ce n'est pas nécessaire. ».* Deux des usagers restés dans leur véhicule estiment que le message n'est pas assez répété une fois le véhicule arrêté.

Lors du fonctionnement de la **ventilation**, certains usagers ont ressenti qu'il y avait de l'air frais dans le tunnel. Par ailleurs, plusieurs autres difficultés sont pointées. Elles concernent la **distance à parcourir à pied** pour rejoindre les abris et le **temps d'attente** : *« Dommage de devoir marcher environ 700 mètres avant d'arriver à l'abri. […] J'ai dû marcher 500 mètres avec ma sacoche, ma veste (…). », « On mesure mal les délais pour lesquels on est dans le tunnel alors que c'est banal et si c'est important il y en a pour la journée. Les gens restent dans l'abri avec l'incertitude sur le délai, sur ce qui se passe. ».* Si le temps leur a paru relativement long au cours de l'événement, les usagers sont satisfaits par l'intervention des pompiers.

On constate que **les usagers ont plutôt des comportements de type « collectif »**. Certains partagent leur connaissance des dispositifs de sécurité en tunnel (abris) pour se protéger en cas d'incendie, d'autres élaborent ensemble une stratégie éventuelle d'évacuation. Un usager témoigne que dans de telles situations, il adapte son comportement en fonction de ce que font les autres usagers : *« On suit ce que font les autres, on s'arrête car les autres sont arrêtés, c'est pareil pour les demi-tours. ».* A propos de ce dernier point, il remarque que : *« Au début, on a la volonté de sortir du tunnel, on se dit qu'on a une connaissance par rapport au tunnel, on sait comment ça se passe. Le premier réflexe que l'on peut avoir, comme certains le font, c'est de faire demi-tour et de revenir d'où l'on vient. ».*

Concernant les **consignes de sécurité** en tunnel, la majorité des usagers citent celles qui sont données au péage du tunnel du Fréjus. Ils signalent qu'ils ne les lisent pas car les informations données sont toujours les mêmes. D'après un usager : *« Au péage on nous en donne régulièrement. On ne les prend plus car ce sont toujours les mêmes. ».* Il est remarqué qu'il est difficile d'en prendre connaissance lorsqu'on est seul à bord du véhicule. Un usager propose de diffuser ces consignes aux personnes à bord d'un bus pour toucher un plus grand nombre d'usagers. Un autre souligne qu'il faudrait préciser les risques encourus en cas d'incendie pour inciter à mieux respecter les consignes : *« Tout est marqué dessus mais on réagirait différemment s'il donnait les risques encourus (augmentation de la température, …) quand le camion brûle. ».*

Par ailleurs, si les chauffeurs routiers n'ont pas vécu d'autres évènements à l'intérieur du tunnel, ils soulèvent un problème récurrent d'arrêt du trafic et d'attente avant la traversée du tunnel. Cette remarque amène à s'interroger sur d'éventuelles difficultés pour les habitués. De façon générale en situation courante, après avoir attendu plus ou moins longtemps ils doivent se remettre dans leur conduite et peuvent avoir des difficultés à se concentrer sur les informations données dans le tunnel. Dans le cas de situations de « danger » en particulier, ils peuvent également avoir des difficultés à percevoir le message d'alerte et à l'interpréter en tant que tel.

2.1.4. Conclusion

Tous les usagers interrogés ont eu connaissance de la nature de l'événement par le biais des pompiers présents dans le tunnel qui les en ont informés. Cependant, **malgré le nombre de signaux qu'ils perçoivent, ils ne comprennent pas ce qui se passe ni les dangers associés à la situation** : *« Je n'ai pas vu de risque car j'étais trop loin. », « Quand rien ne se passe, on attend. », « On s'est concentré sur les messages visuels et la radio, mais on ne sait pas ce qui se passe. ».* Les images vidéo illustrent également cette question. En effet, certains usagers restent sur le trottoir devant l'abri et font des allers-retours vers leur véhicule, situé en face de l'issue, pour semble t-il prendre des affaires personnelles.

Les témoignages montrent que pour les usagers il est important de comprendre ce qui se passe dans le tunnel afin d'être sûr que la « bonne » décision est celle d'évacuer vers un abri. Pour cela **ils ont besoin d'avoir des informations sur la nature de l'événement et du danger** : *« On ne sait pas si c'est tout le tunnel qui brûle, on a besoin de connaître le niveau de gravité pour réagir. Lorsqu'on a le message, il y a toujours un delta temps de 10 minutes, on attend, on reste à côté de son véhicule, on regarde ce qui se passe et on se dirige vers un abri. ».* Un usager souligne la difficulté de laisser son véhicule : *« Il faut donner un minimum d'informations pour faire sortir les gens de leur véhicule. Les pompiers ont dit au chauffeur que nous aurions dû sortir. Mais on ne quitte pas son véhicule comme ça, c'est un objet qui a de la valeur pour les gens. ».*

Par ailleurs, on constate que les habitués ont l'impression de subir de **fréquentes fermetures** de tunnel et interruptions de circulation. Ceci entraînerait une certaine **accoutumance** et rendrait difficile la perception des messages (radio) d'évacuation peu différenciés des messages habituels.

2.2. Etude de cas n°2

Ce cas correspond à l'évènement n°13 dont l'étude a reposé sur la mise en place d'un retour d'expérience approfondi et partagé avec les personnels « exploitant ». En effet, la synthèse a été élaborée à partir de l'analyse des informations recueillies dans le témoignage des usagers et des opérateurs ainsi que dans la fiche d'incident d'exploitation et les images vidéo qui ont pu être conservées. Ces dernières ont permis d'avoir des informations précises sur le déroulement des 30 premières minutes de l'événement. Elles montrent ce qui se passe dans le tunnel sur un kilomètre environ et en particulier à partir de l'usager dont le véhicule est à l'origine de l'évènement.

L'ensemble des informations recueillies nous ont permis de reconstruire l'histoire de l'événement illustrée par un chronogramme utilisé lors d'une réunion « miroir ».

2.2.1. Description de l'événement à partir du chronogramme[52]

A 16h48 (t=0), la détection DAI se déclenche suite à un **dégagement de fumée** (blanche à l'image) dans le tunnel d'Orelle. Le poids lourd à l'origine de l'événement (PL0) a les warnings activés et le conducteur poursuit sa route (Figure 19).

Compte tenu du temps nécessaire à la remontée d'informations, **la détection DAI apparaît au poste de contrôle 10 secondes après** la détection sur le terrain. Lorsque le régulateur et l'opérateur reçoivent l'alarme DAI, l'image qui est vue est celle du poids lourd situé derrière le PL0 (PL1*). Celui-ci, comme le PL2* situé derrière, a les warnings activés et le conducteur suit son chemin (Figure 20).

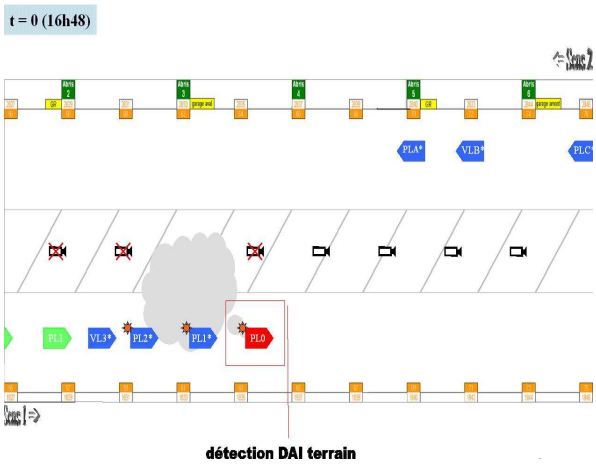


Figure 19 : Etude de cas n°2, situation à t=0

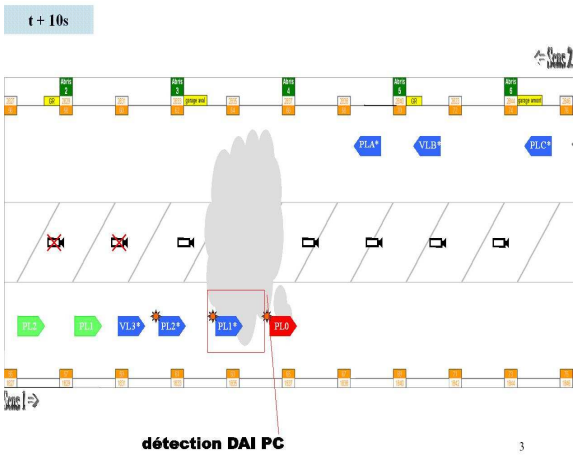


Figure 20 : Etude de cas n°2, situation à t=+10s

A t=+30s, le PLA* qui arrive de l'Italie a les warnings en marche et croise le PL0, tout comme le VLB* qui le suit. **Des flammes apparaissent** sur l'avant gauche du véhicule à l'origine et s'en suit **un plus fort dégagement de fumée**. A ce moment-là le PLC*, situé à la hauteur du PL0, fait des appels de phare (Figure 21).

Après avoir parcouru environ 600 mètres (soit 45 secondes après l'activation de la DAI terrain, t=+45s) **le conducteur du PL0 arrête son véhicule** sur la voie centrale du tunnel

[52] La légende des images est donnée dans l'Annexe 2-I.

et à proximité d'une niche d'appel. Le chauffeur du VLD, à la hauteur du PL0, fait des appels de phare (Figure 22).

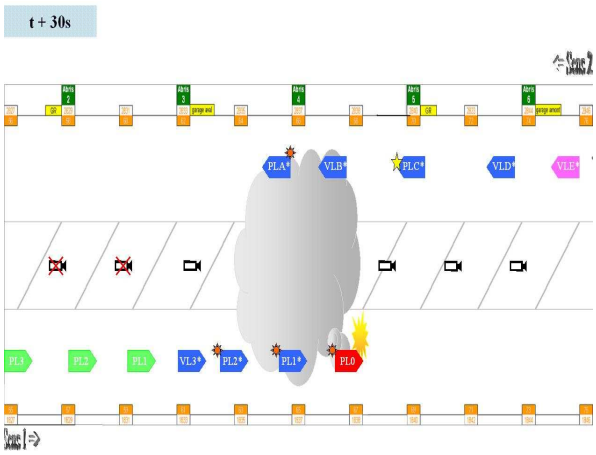


Figure 21 : Etude de cas n°2, situation à t=+30s

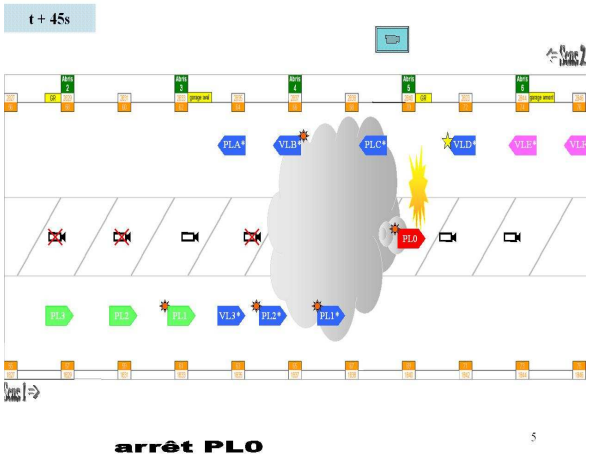


Figure 22 : Etude de cas n°2, situation à t=+4

5

A t=+55s, les occupants du PL0 descendent avec précipitation du véhicule. Le conducteur regarde l'avant du véhicule et est rejoint par **le passager**. Pendant que ce dernier **remonte dans la cabine pour éteindre le moteur du véhicule**, le conducteur du VLE* fait demi-tour devant le PL0 tandis que le conducteur du VLF* (avec warnings) fait une marche arrière jusqu'à un garage situé à proximité puis fait demi-tour. Les flammes s'arrêtent en quelques secondes, le conducteur VLE* fait un deuxième demi-tour puis repart vers sa destination. Dans le même temps au poste de contrôle, le régulateur active les procédures en adéquation avec la nature de l'événement (Figure 23).

A 16h49, d'abord les signaux d'affectation de voie puis les feux flash des abris sont activés dans le tunnel. Suivi du conducteur, **le passager du PL0 se dirige vers la niche d'appel pour donner l'alerte**. Le chauffeur du PL1* ralentit et s'arrête, les véhicules situés derrière s'arrêtent également (Figure 24).

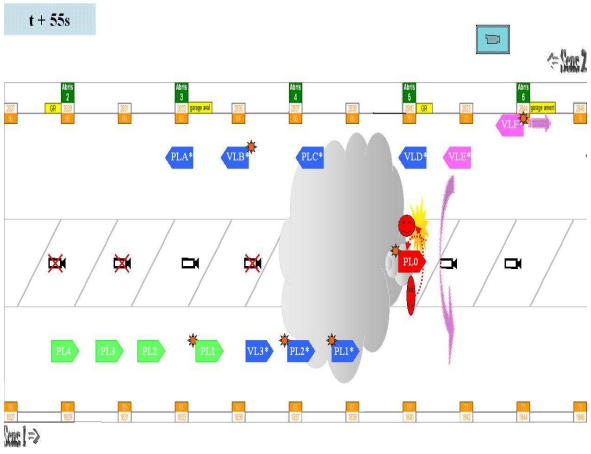


Figure 23 : Etude de cas n°2, situation à t=+55s

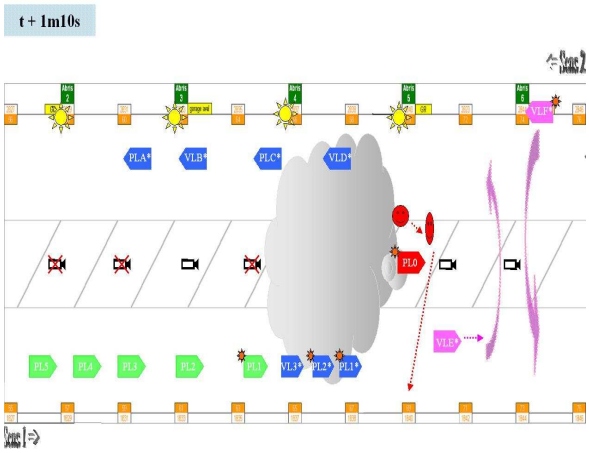


Figure 24 : Etude de cas n°2, situation à t=+1m10s

Pendant ce temps au poste de contrôle, suite à l'alarme DAI, l'opérateur cherche le poids lourd à l'origine sur les caméras à partir de l'écran de surveillance. A l'ouverture de la porte de la niche d'appel, l'écran de l'alarme vidéo s'affiche avec l'image de l'usager dans la niche. A ce moment, l'opérateur est focalisé sur l'appel de l'usager et ne voit pas l'image vidéo de l'usager tandis que le régulateur la voit. Lorsque l'opérateur reçoit l'appel, il pense que ce dernier provient de son secteur. De plus, l'usager signale *« sans stress dans la voix »* : *« Il y a un camion en panne dans le tunnel, il y a de la fumée. »*. L'opérateur répond : *« On est au courant, on a envoyé quelqu'un, restez en sécurité. »*. L'appel est bref (moins d'une minute) et la réception n'est pas très bonne, plusieurs éléments se déroulent en même temps. L'opérateur croit que l'usager est sorti du tunnel et qu'il appelle de l'extérieur. Pensant également que l'appel provient de l'extérieur, le régulateur demande à l'opérateur de raccrocher afin de pouvoir prendre l'appel de l'usager qu'il a vu à la vidéo dans la niche d'appel.

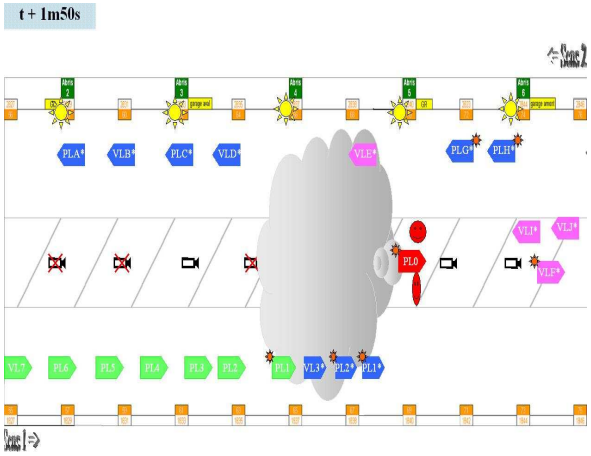


Figure 25 : Etude de cas n°2, situation à t=+1m50s

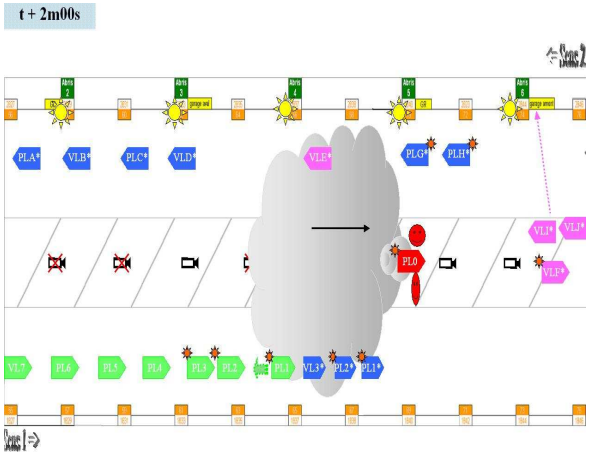


Figure 26 : Etude de cas n°2, situation à t=+2m00s

A 16h50, **le conducteur du VLF* s'arrête sur la voie centrale du tunnel et communique avec les conducteurs des VLI* et VLJ*** (Figure 25) qui font aussitôt demi-tour pour repartir en direction de l'Italie (Figure 27). Le conducteur du VLI* utilise le garage situé à proximité pour effectuer sa manœuvre (Figure 26). Pendant que les occupants du PL0 remontent dans le véhicule, les PLG* et PLH* (tous les deux avec les warnings) poursuivent leur route et croisent le PL0 (Figure 26 et Figure 27). Le conducteur du PL1 exécute une marche arrière et **le désenfumage du tunnel est effectif** (Figure 27).
Le conducteur du PL1*, qui avait ralenti et s'était arrêté lorsque les occupants du PL0 étaient sur la chaussée pour donner l'alerte, reprend sa route suivi du PL2* et du VL3* (Figure 27).

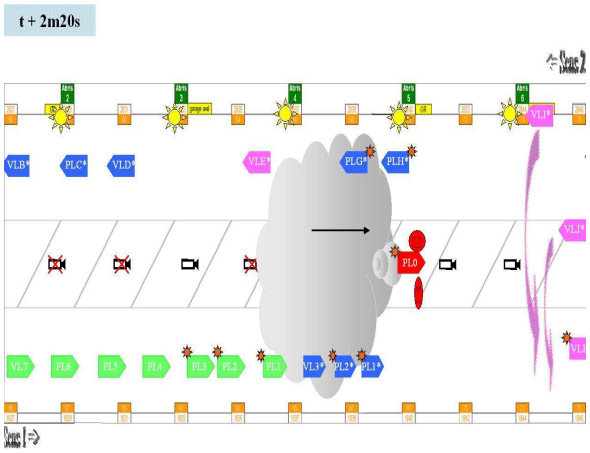


Figure 27 : Etude de cas n°2, situation à t=+2m20s

A t=+3min, **des flammes réapparaissent pendant quelques secondes** sur le côté du PL0 suivies d'un dégagement de fumée (Figure 28). Ceci laisse supposer que le conducteur a essayé de redémarrer le véhicule. A 16h53, ce dernier descend du véhicule et regarde celui-ci pendant deux minutes environ avant de remonter à bord. **La visibilité dans le tunnel revient à la normale**, six véhicules sont arrêtés en sens 1. Le chauffeur du PL3 ouvre et referme la porte de son véhicule (Figure 29).

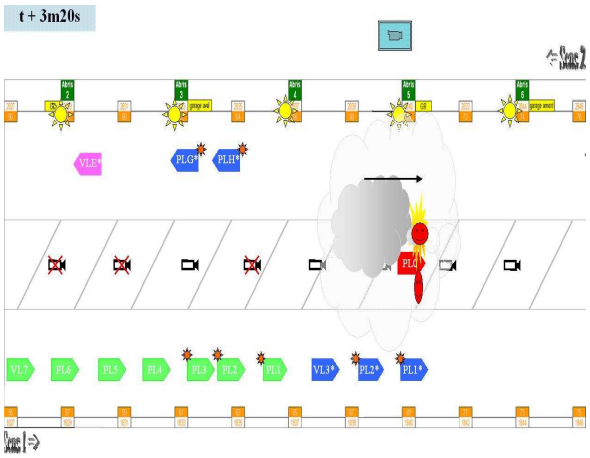


Figure 28 : Etude de cas n°2, situation à t=+3m20s

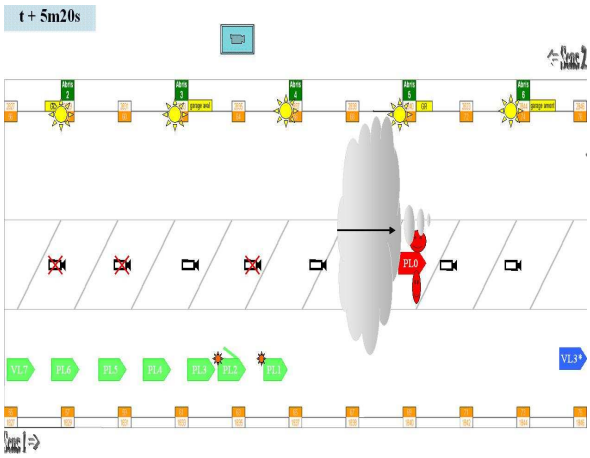


Figure 29 : Etude de cas n°2, situation à t=+5m20s

Les premiers personnels d'intervention SFTRF arrivent en moins de 10 minutes sur les lieux. Pendant que ces derniers s'informent de la situation auprès des occupants du PL0, le conducteur du PL2 descend de son véhicule et reste près du trottoir pendant moins d'une minute (Figure 30).

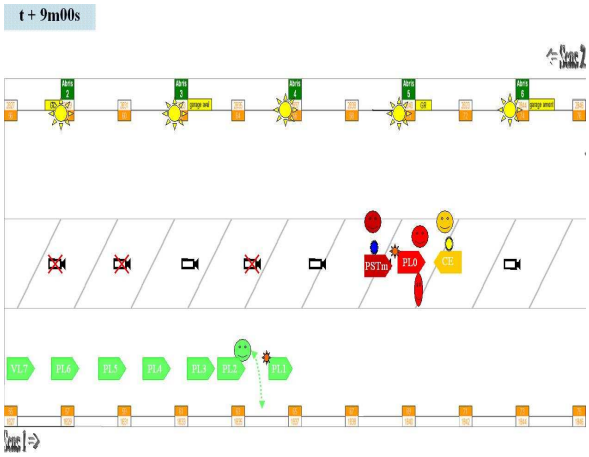


Figure 30 : Etude de cas n°2, situation à t=+9m00s

A t=+12min, pendant une minute le chauffeur du PL3 descend de son véhicule, marche jusqu'à la voie centrale du tunnel puis remonte dans son véhicule (Figure 31). Le chef d'équipe s'approche des différents véhicules pour informer les usagers et prendre leurs coordonnées (Figure 32). Il s'en suit l'intervention des différents personnels concernés.

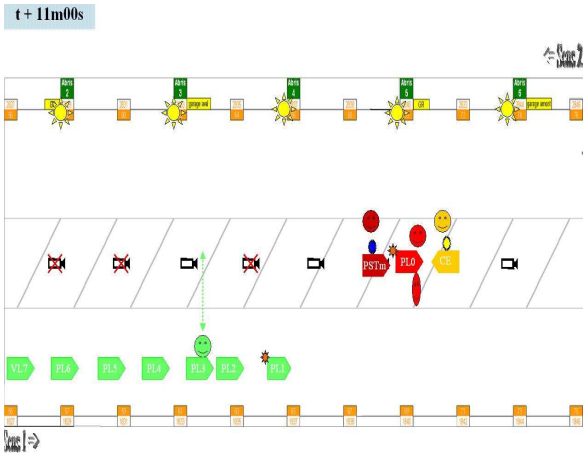


Figure 31 : Etude de cas n°2, situation à t=+11m00s

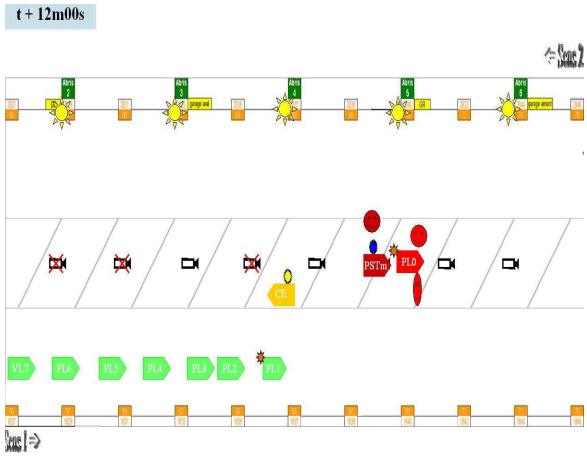


Figure 32 : Etude de cas n°2, situation à t=+12m00s

Pour faire face à cet évènement, une cinquantaine de professionnels ont été mobilisés. Parmi eux, une dizaine d'agents SFTRF (y compris les Pompiers Sécurité Tunnel) sur place, une vingtaine de sapeurs-pompiers à l'intérieur du tunnel et quatre gendarmes (Figure 33).

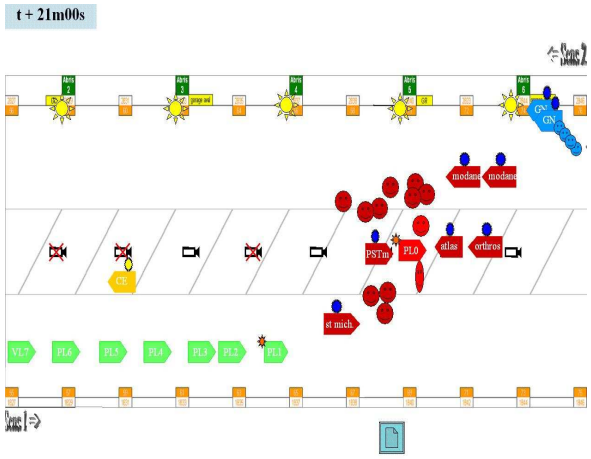


Figure 33 : Etude de cas n°2, situation à t=+21m00s

Conformément aux procédures, le dépanneur est arrivé sur place dans un délai de 50 minutes après l'appel du poste de contrôle et a remorqué le véhicule pour le dépanner au garage. Par la suite les services de l'autoroute ont pu fonctionner normalement.

Outre le véhicule à l'origine de l'événement, vingt véhicules sont impliqués. Dix sont en sens 1 et suivent le PL0. Ce sont deux véhicules légers et huit poids lourds. Dix sont dans le sens opposé de circulation, il y a six véhicules légers et quatre poids lourds.

Nous avons évalué les temps d'attente des usagers à partir du temps de fermeture du tunnel et des différents lieux d'attente des usagers (barrières à l'entrée du tunnel, barrières de péage, etc.). Il apparaît que **les usagers ont attendu entre 45 minutes et 01h20**. Cet événement a eu pour conséquence le délestage des véhicules légers sur la nationale pendant plus d'une heure.
Les usagers arrêtés à l'intérieur du tunnel n'ont pas été incommodés par les fumées et ont été invités à poursuivre leur route sous escorte. Il en sera de même pour les personnes arrêtées d'abord à la tête du tunnel en sens 1 puis en sens 2. Par la suite la circulation a repris progressivement son cours habituel (ouverture des barrières de péage et des aires de service).

2.2.2. Témoignage des usagers

2.2.2.1. Profil des participants

Parmi les trois usagers interviewés, deux conduisent un véhicule lourd (PL2 et PL6) et un une voiture (VL7). Les trois chauffeurs ont respectivement 62, 52 et 60 ans et ont une longue expérience de la conduite (depuis plus de 20 ans).

Les deux chauffeurs routiers sont en déplacement professionnel, ont une longue expérience du métier (depuis plus de 20 ans) et se rendent en Italie. Ils transportent, l'un de la ferraille et l'autre des flacons plastiques. Ils sont tous les deux de nationalité française et ont fait une pause d'un quart d'heure environ à Chambéry. La traversée d'un tunnel est indifférente pour eux : *« On pense au Mont-Blanc mais on est indifférent car on a l'habitude. »*.

Le chauffeur du VL7 est une femme d'origine écossaise accompagnée de deux membres de sa famille. Ils rentrent à leur domicile dans le cadre d'un trajet personnel.

2.2.2.2. Usagers arrêtés dans le tunnel

Nous remarquons que **le PL2 se situe à environ 400 mètres du véhicule à l'origine, le PL6 et le VL7 sont distants de plus de 800 mètres**.
Pour illustrer nos propos et garder l'essentiel des témoignages, nous reprenons ici les propos des usagers lors des interviews.

✷ **Avant l'arrêt du véhicule**

« J'étais le deuxième camion après celui qui a eu un problème. J'ai eu des appels des gens qui arrivaient en face. Ça s'est mis au rouge, je me suis arrêté et j'ai mis les warnings avec la distance de sécurité. J'ai vu de la fumée, ça m'a incité à m'arrêter. » (conducteur du PL2).

« Les véhicules en face ont fait des appels de phares. J'ai écouté le camion exploser, j'ai vu de la fumée. Ça ne dure pas longtemps. Il y avait deux camions entre le camion à l'origine et moi. » (conducteur du PL6).

« Je n'ai pas vu de fumée, ni de croix. J'étais loin du camion. » (conductrice du VL7).

✷ **A partir de l'arrêt**

« J'ai vu un bouchon de fumée, on ne voyait plus clair. On se suivait à une interdistance réglementaire de 40 à 50 mètres. J'ai vu la fumée bien après les autres. Le temps de m'arrêter. Ça sentait le feu. Je suis descendu. J'ai compris qu'il se passait quelque chose avec la fumée et l'odeur. Après les pompiers sont arrivés. Je tiens à souligner que les pompiers ont été très efficaces. La fumée était très épaisse, ça m'a piqué les yeux et deux jours après encore. Ma bâche en a encore l'odeur. » (conducteur du PL2).

« A 300 mètres d'où je voyais la fumée, j'étais tranquille, il n'y avait pas d'odeur, ni rien. La fumée s'est vite dissipée. On pense quand même à un incendie. Quand les personnels sont sur les lieux on est plus tranquille. Les issues sont visibles facilement, les feux clignotants permettent de les repérer dans la fumée. Si il y avait eu plus de fumée, je serai allé vers une issue. » (conducteur du PL6).

« J'ai attendu sagement. L'agent routier nous a dit qu'ils laissaient refroidir une demi-heure après on pourrait redémarrer. Je n'ai rien vu, pas de feu. » (conductrice du VL7).

✷ **La nature de l'événement**

« Un problème de turbo. Je l'ai demandé à la personne de la SFTRF qui me l'a dit. » (conducteur du PL2).

« C'était un incident en tunnel, un camion en panne. » (conductrice du VL7).

✷ **L'évacuation**

« C'est impressionnant de se faire évacuer. » (conducteur du PL2).

✷ **Connaissance des dispositifs de sécurité et information**

« Les issues de secours avec les prospectus qu'on nous donne. Les papiers qu'ils donnent au tunnel du Fréjus (côté italien et français) donnent des précautions. Ça mobilise l'attention. Je ne me souviens pas qu'en formation (Fimo) ils nous en aient parlé. » (conducteur du PL2).

« En formation on nous forme à la distance de sécurité. C'est comme dans les bateaux, il y a des couloirs échappatoires et on est pris en charge par des agents. J'y serai allé de moi-même si il y avait eu un incendie. 30 secondes après que j'ai vu le turbo cassé, l'agent routier était sur place. Ça ne fait pas de flamme quand c'est le turbo. » (conducteur du PL6).

✷ **Comportement auto-déclaré (réaction sur propre véhicule)**

« J'ai jamais eu de problème. On doit stationner avec les warnings, se garer en étant le moins gênant, alerter avec les boutons poussoirs. Pour n'importe quel problème on éteint le moteur, la batterie. » (conducteur du PL2).

« Si j'avais eu un problème de turbo, j'aurai mis les feux de détresse puis je me serais garé au milieu. » (conducteur du PL6).

Nous complétons les témoignages des usagers arrêtés à partir des points saillants apparus dans l'analyse des images vidéo.

➘ Le conducteur du PL2 s'arrête car il a vu des appels de phares, les SAV au rouge et de la fumée. Il s'arrête avec une distance de sécurité. Il ouvre la porte de son véhicule pour prendre de l'information (odeur, température) et comprendre la situation.

➘ Nous observons que le conducteur du PL3, après avoir attendu environ huit minutes dans son véhicule, descend de son véhicule pour chercher de l'information sur la situation et comprendre ce qui se passe. Ce délai confirme le témoignage des usagers pour qui au bout de dix minutes, **le temps d'attente sans information devient long et génère de l'impatience** (exercice d'Orelle).

2.2.3. Observations et hypothèses sur le comportement des usagers

S'il n'a pas été possible de recueillir l'ensemble des témoignages des usagers arrêtés dans le tunnel ou ayant évacué par leur propre moyen, l'analyse détaillée des images vidéo nous donne matière pour observer les comportements dans leur contexte et permettre de faire des hypothèses qui doivent être maniées avec prudence et seront comparées avec les autres résultats.

Rappelons le contexte de la situation qui est très dynamique. Les usagers sont à bord de leur véhicule et *a priori* roulent entre 70 et 90 km/h.

2.2.3.1. Usagers à l'origine

Au moment du déclenchement de la première alarme DAI, le véhicule à l'origine (PL0) a les warnings en marche mais le conducteur ne s'arrête pas. Ce dernier semble avoir compris que son véhicule a un problème mais il ne sait pas exactement « quoi » et il ne perçoit pas forcément la fumée. Il peut également penser qu'il doit sortir du tunnel (consigne donnée aux chauffeurs pour les tunnels courts ou effet Mont-Blanc - peur d'être tenu responsable) et/ou qu'il a le temps de sortir du tunnel (expression de chauffeurs interviewés : *« Tant qu'on roule ça ne prend pas feu. »*.

A l'apparition des flammes, le conducteur du véhicule arrête le véhicule sur la voie centrale du tunnel, *a priori* pour ne pas gêner la circulation. Des signaux provenant du véhicule (bruit, odeur, ralentissement, etc.) et/ou des autres usagers (appels de phares des PLC* et VLD*) ont pu l'inciter à arrêter le véhicule.

Le conducteur descend rapidement du véhicule en laissant la portière ouverte et n'éteint pas le moteur du véhicule. Il peut stresser ou penser au contraire que cela n'est pas grave. Il regarde ce qui se passe sur son camion car il cherche à confirmer les premiers signes perçus et/ou à connaître l'origine.

Les usagers du véhicule communiquent entre eux pour probablement élaborer une stratégie d'action. Le passager paraît plus actif que le conducteur, il arrête le moteur et donne l'alerte (problème de langue du conducteur ?). Le conducteur essaie de redémarrer le véhicule et ne paraît pas comprendre ou avoir conscience de la situation.

2.2.3.2. Autres usagers impliqués

En direction de l'Italie, seuls les trois premiers véhicules situés derrière le PL à l'origine ont poursuivi leur route et les sept autres usagers se sont arrêtés et sont restés dans leur véhicule. En direction de la France, tous les usagers se sont auto-évacués à bord de leur véhicule en moins de trois minutes après la première alarme DAI. Parmi eux sept poursuivent leur route. L'un d'entre eux a fait deux fois demi-tours et trois autres font aussi demi-tour.

✷ **Usagers qui poursuivent leur route**

En **direction de la France**, **les quatre premiers véhicules croisent le PL0 pendant la première minute suivant la détection DAI**. Les PLA* et VLB* le croisent lorsqu'il roule encore et dégage de la fumée alors que le PLC* et le VLD* le croisent **au moment où il s'arrête et où apparaît les flammes**. Les PLG* et PLH* passent trente secondes plus tard.

Les usagers de ces véhicules **utilisent les warnings** (PLA*, VLB*, PLG*, PLH*) ou les appels de phare (PLC*). Ceci laisse penser qu'ils ont compris que quelque chose d'anormal vient de se produire. Cependant, entre le moment où ils perçoivent les premiers signaux et le moment où ils comprennent qu'il se passe quelque chose, ils n'ont pas le temps de s'arrêter. Après avoir dépassé la fumée, cette stratégie n'est plus pertinente. Pour eux la meilleure stratégie est celle consistant à s'éloigner du danger. Par ailleurs, nous ne savons pas la visibilité qu'ils avaient à ce moment là dans le tunnel.

Au début de l'événement, en **direction de l'Italie**, **les trois premiers chauffeurs évacuent à bord de leur véhicule en poursuivant leur route**. Les chauffeurs PL1* et PL2* ont les **warnings** en marche. Les chauffeurs comprennent que quelque chose d'anormal se passe (fumée ? warning véhicule devant ? etc.). Pour ces conducteurs et celui du PL3*, la visibilité peut être encore bonne pour poursuivre, ils peuvent penser qu'il est préférable de sortir du tunnel (consigne) et que c'est ce que le chauffeur du PL0 va faire et/ou il suit ce que fait le véhicule qui le précède. Au moment de l'arrêt du PL0 il n'y a plus de visibilité dans le tunnel, le manque de visibilité à la vidéo nous a conduit à reconstruire cette partie de l'histoire. Ces trois véhicules semblent arrêtés ou rouler à faible allure pendant 20 secondes. A ce moment, la présence des usagers à pied sur la chaussée, des véhicules qui font demi-tour et/ou la fumée ont pu influencer leur comportement.

✷ **Usagers qui font demi-tour**

Ces usagers se dirigent tous en direction de la France.

Au moment où le VLE* est proche du PL0 (50 mètres) qui dégage des flammes et dont le conducteur descend. Le VLE* s'arrête quelques secondes puis fait deux fois demi-tours. Il semble apparaître un signe d'hésitation sur le comportement à adopter. La première stratégie de l'usager semble être de **s'éloigner du danger**. Cependant, lorsqu'il est en train de réaliser sa manœuvre le contexte change. Le PL0 ne dégage plus de flammes. Ceci a pu influencer l'usager dans sa décision.

En même temps que le VLE* fait le premier demi-tour, le conducteur VLF* réalise une marche-arrière pour rejoindre le garage situé à proximité puis fait demi-tour. Il a pu être influencé par le VLE*.

Le conducteur de la VLF* s'arrête sur la voie centrale et communique (pendant environ 20 secondes) avec les VLI* et VLJ* avant de sortir du tunnel. Il est probable qu'il prévienne les usagers des VLI* et VLJ* d'un problème. Ces derniers feront demi-tour.

2.2.4. Conclusion

Les témoignages montrent que les signaux qui incitent à s'arrêter sont la fumée, les appels de phares, les feux d'affectation de voie ainsi que les autres véhicules arrêtés. Pour l'usager la première chose qu'il soit envisageable de faire est de sortir du tunnel à bord de son véhicule, l'enjeu du déplacement étant important.

Les usagers ont une bonne connaissance des dispositifs et des consignes de sécurité (prospectus, formation) mais cela ne suffit pas à déclencher le comportement d'évacuation vers les issues. **Les usagers n'ont pas évacué vers les abris.**

Il apparaît que **les usagers sont peu stressés** car ils ont l'habitude d'être arrêtés et la distance au véhicule à l'origine de l'événement ne permet pas à tous les conducteurs arrêtés de voir le feu. Ils sont rassurés par l'arrivée (rapide) des personnels d'intervention de qui ils attendent d'être pris en charge. Les usagers ont besoin de connaître le motif de leur arrêt et de leur perte de temps.
Pour les usagers qui poursuivent leur route ou font demi-tour, leur objectif/enjeu peut être d'évacuer le plus rapidement possible afin de « sauver sa vie ». La fumée peut être vu comme du brouillard pour les usagers. Pour signaler la présence d'un problème les usagers utilisent les warnings ou font des appels de phare. La plupart des usagers respectent la distance de sécurité.

Les **points positifs** repérés dans la gestion de cet événement sont la séparation des lieux et des personnes entre le poste de contrôle et la salle de crise de l'exploitant, la présence du cadre d'astreinte sur place, la bonne collaboration et la coordination entre le régulateur et l'opérateur, l'arrivée rapide aux têtes de tunnel du chef d'équipe et du pompier sécurité de l'aire « mada », l'arrêt et l'alerte des usagers à l'origine.
Les **points négatifs** sont le délai « long » d'arrivée du dépanneur (délai normal pour l'exploitant mais pas pour les usagers), l'activation tardive de l'aire du Rieu Sec et des problèmes d'interface radio entre les sapeurs-pompiers.
Les **axes de vigilance** concernent le temps de recherche et de confirmation des informations suite à la détection DAI et à la communication avec usagers. Lors de la communication à partir de l'abri, il est constaté que personne ne donne l'information sur la position du véhicule et des mouvements à l'intérieur du tunnel (autres usagers présents, etc.). Les premiers moments d'un événement sont délicats pour les opérateurs. Ils doivent traiter un très grand nombre d'informations dans un même temps. La représentation et l'interprétation de la situation à un moment donné peut être différente de la réalité de la situation et conduire à des « erreurs ». Ceci souligne le besoin de confirmer les informations provenant du terrain avec l'aide des outils à disposition et de travailler sur la communication avec les usagers. C'est une boucle de rattrapage qui peut être source d'erreurs. Cet état de fait peut-il être imputé à la confiance trop grande dans la technologie ?

3. Résultats pour la base de données

Nous reprenons ici les principaux résultats apparus par la mise en place de notre base de données et son analyse[53]. Ceux-ci concernent les facteurs endogènes et exogènes entourant les évènements.

3.1. Les facteurs exogènes

3.1.1. Nature des évènements

La classification des événements dans les fiches rédigées par l'exploitant correspond le plus souvent à la procédure appliquée suite à la détection de l'arrêt d'un véhicule mais elle ne correspond pas toujours à la réalité de l'évènement. Quelques évènements classés en tant que « panne » et « accident » ont été renommés pour être au plus près de la nature de l'événement. Ce sont respectivement les « arrêts » et le « malaise de l'usager » ainsi que les « hors gabarit ». Ces éléments sont résumés comme il suit (Tableau 5) :

Tableau 5 : Base de données 2006-2007, classification des évènements recensés

Type d'évènement							
Ancien classement	panne	accident	incendie	obstacle			
Nouveau classement	panne	accident	incendie	obstacle	arrêt	hors gabarit	malaise usager

Sur l'ensemble des tunnels, les pannes sont les évènements qui sont significativement les plus fréquents aussi bien pour les véhicules légers que pour les poids lourds (Figure 34). L'incendie est l'événement le plus fréquent après les pannes. Les autres évènements, hors gabarit, accident (matériel), arrêt, obstacle, malaise usager se produisent occasionnellement.

Dans le tunnel d'Orelle, les poids lourds sont impliqués dans quatre types d'évènements (hors gabarit, arrêt, incendie, panne). La quasi-totalité des évènements impliquant un véhicule léger sont des pannes, le seul autre événement est de type « malaise usager ». Dans les tunnels d'Aiguebelle et Hurtières, les poids lourds sont impliqués dans deux types d'évènements (panne et obstacle) et les véhicules légers sont impliqués dans cinq types d'évènements (panne, obstacle, incendie, arrêt, accident matériel).

Comparativement aux tunnels d'Aiguebelle (9), Sorderettes (3) et Hurtières (15), **tous véhicules confondus, le tunnel d'Orelle (71) est celui dans lequel il se produit, de manière significative le plus d'évènements**.

[53] Cf. Annexe 2-G.

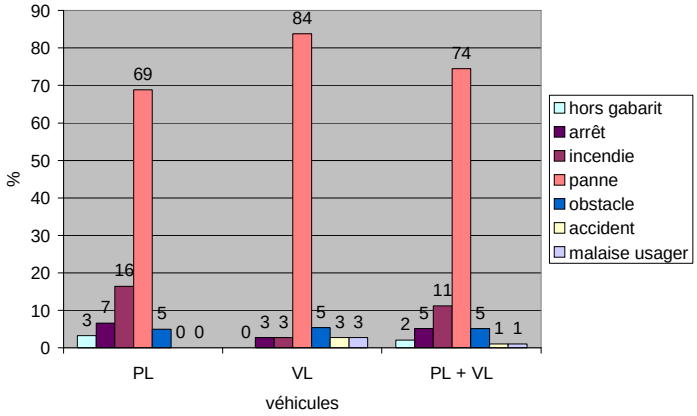


Figure 34 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements VL et PL en tunnels selon la nature (%)

Sur l'ensemble des 68 kms de l'itinéraire[54], le nombre de pannes mécaniques est plus élevé que les pannes de carburant et de crevaisons (Figure 35). Cependant, **en tunnel il y a presque autant de pannes de carburant que de pannes mécaniques (**Figure 36**).** On remarque qu'**il n'y a aucune panne de carburant de poids lourd dans Aiguebelle/Hurtières alors que ce type de panne est le plus fréquent dans le tunnel d'Orelle** (Figure 37).

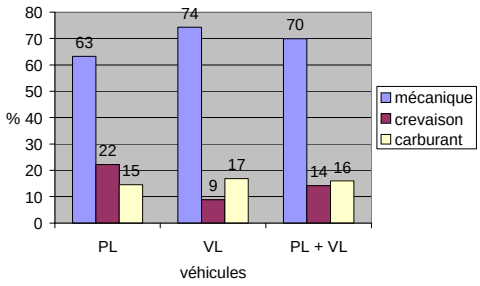


Figure 35 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements sur l'itinéraire selon le type de panne (%)

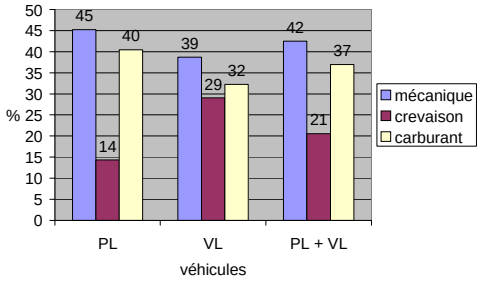


Figure 36 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements en tunnels selon le type de panne (%)

[54] Source : état statistique annuel d'exploitation SFTRF, année 2007.

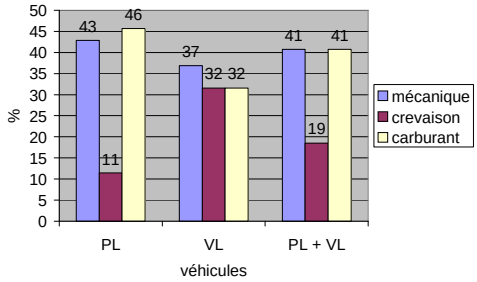


Figure 37 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans le tunnel d'Orelle selon le type de panne (%)

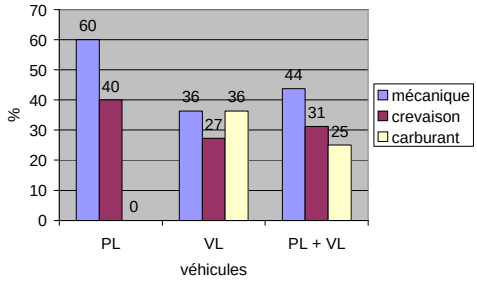


Figure 38 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans les tunnels d'Aiguebelle et Hurtières selon le type de panne (%)

Les 10 incendies de poids lourd se sont produits à l'intérieur du tunnel d'Orelle alors que l'incendie du véhicule léger a eu lieu à l'entrée d'Hurtières. Dans l'ensemble, la plupart des incendies est liée à la rupture du turbo du véhicule, un est dû à une fuite d'huile sur le pot d'échappement et un autre est lié à l'échauffement d'un essieu de la remorque.

Les évènements de type obstacle se retrouvent le plus souvent dans Hurtières, aucun n'apparaît dans Orelle. Les objets proviennent de poids lourds, quelques fois ils ont été percutés par un VL malgré l'activation au rouge des signaux d'affectation de voie.

3.1.2. Véhicules impliqués

Dans l'ensemble, deux types de véhicules sont impliqués dans les évènements en tunnels : les poids lourds (PL) et les véhicules légers (VL). Seulement 6% de véhicules de type fourgon sont impliqués dans des évènements dans le tunnel d'Orelle. Ils sont associés aux VL pour simplifier l'analyse.

Dans Orelle, **il y a significativement plus d'évènements PL que d'évènements VL.** En effet, les PL sont à l'origine de 72% des évènements alors qu'ils représentent, en moyenne sur 2006 et 2007, 42% du Trafic Moyen Journalier Annuel[55] (Tableau 6). Dans les tunnels d'Aiguebelle et Hurtières, la répartition des évènements PL/VL correspond à la proportion de PL/VL dans le TMJA sur l'itinéraire.

[55] Source : état statistique annuel d'exploitation SFTRF, année 2007.

Tableau 6 : Base de données 2006-2007, répartition du trafic selon les tunnels

Nom de l'ouvrage	TMJA 2006-2007	% véhicule section 2006 2007	% véhicule tunnels 2006-2007
Aiguebelle	9989,5	PL : 28% VL : 72%	PL : 33% VL : 67%
Hurtières			
Orelle	6136,5	PL : 42% VL : 58%	PL : 72% VL : 28%

Parmi tous les évènements, aucune marque de véhicules légers ne ressort particulièrement alors qu'une marque revient le plus fréquemment pour les véhicules lourds et concerne des problèmes de turbo du véhicule. Toutefois, aucune conclusion ne peut être tirée sans une analyse approfondie qui prend en compte la représentativité de ces véhicules dans le parc des poids lourds traversant les tunnels.

3.1.3. Contexte d'apparition des événements

Dans l'ensemble, il n'y a pas de mois au cours desquels il se produit plus d'évènements. On remarque que dans le tunnel d'Orelle les évènements ont légèrement tendance à se dérouler plus souvent en automne-hiver qu'en printemps-été. Cette tendance est inversée dans les cas de panne mécanique et d'incendie qui apparaissent le plus souvent à la période printemps-été. Pour les tunnels d'Aiguebelle et Hurtières, les évènements ont plutôt tendance a avoir lieu en automne-hiver pour les poids lourds et au printemps-été pour les véhicules légers.

Dans Orelle, la moitié des évènements ont lieu le mercredi et le vendredi alors que la plupart des évènements se produisent le vendredi, le samedi et le lundi dans les tunnels d'Aiguebelle et Hurtières. Sur les trois tunnels analysés, les évènements se produisent le plus souvent entre 06h et 20h.

3.1.4. Position de l'évènement dans le tunnel

Dans l'ensemble, les évènements se produisent de manière aléatoire dans le tunnel, on constate la même probabilité d'occurrence pour les trois cantons A, B et C[56]. Cependant, dans Orelle **les évènements PL ont tendance à se produire plus souvent dans le canton C**. La majorité des évènements VL et PL se produit dans le sens 1[57] (Figure 39, Figure 40). On remarque que, dans Orelle, **toutes les pannes de carburant et la plupart des incendies (casse-turbo) sont dans le sens 1.** Ceci est cohérent avec l'ensemble des pannes se produisant sur l'itinéraire pour lequel il y a deux fois plus d'évènements de ce type en sens 1 qu'en sens 2[58] (particulièrement vrai pour les PL).

[56] Pour l'analyse, chaque tunnel a été décomposé en trois sections de longueurs identiques (sens France-Italie) : canton A (entrée), canton B (milieu) et canton C (fin).
[57] Sens France-Italie.
[58] Sens Italie-France.

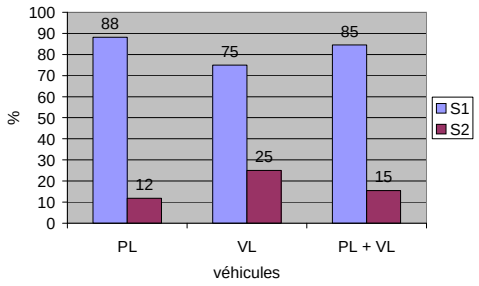


Figure 39 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans le tunnel d'Orelle selon le sens de circulation (%)

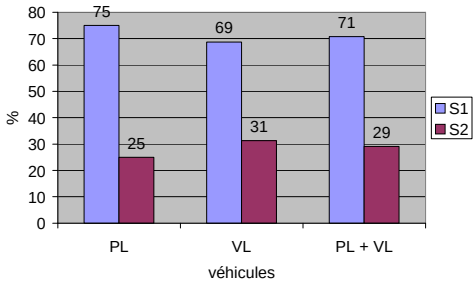


Figure 40 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans les tunnels d'Aiguebelle et Hurtières selon le sens de circulation (%)

Dans Orelle, les usagers utilisent autant la voie centrale que la voie lente pour s'arrêter en cas d'événement (Figure 41). On note que quelques chauffeurs VL utilisent les refuges alors qu'ils ne sont jamais utilisés par les chauffeurs PL. Cela est lié au faible pourcentage d'évènements se produisant dans le sens 2 et à la présence de refuge uniquement dans ce sens. Il semble que la voie centrale soit utilisée par les usagers comme une bande d'arrêt d'urgence (BAU) pour ne pas gêner le trafic.

En section courante des tunnels d'Aiguebelle/Hurtières il n'y a pas de dispositif d'arrêt d'urgence (BAU, refuge). Dans la quasi-totalité des évènements se produisant dans ces tunnels, les usagers s'arrêtent sur la voie lente. Cependant, lorsqu'ils s'arrêtent aux têtes de tunnel, quelques usagers (principalement des chauffeurs VL) utilisent les emplacements d'arrêt d'urgence existants (Figure 42).

Du fait de la faiblesse du nombre de données, il est difficile de tirer des conclusions pertinentes. Nous retenons que lorsque l'usager a un problème sur son véhicule, il paraît s'adapter à la configuration du tunnel avec le souci de ne pas gêner la circulation ou provoquer un accident.

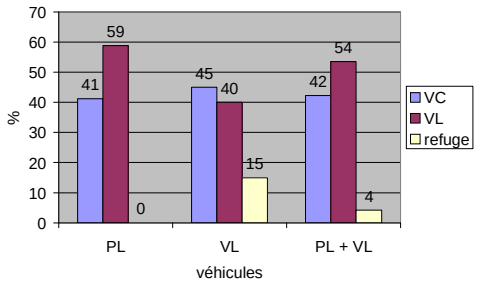


Figure 41 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans le tunnel d'Orelle selon la voie de circulation (%)

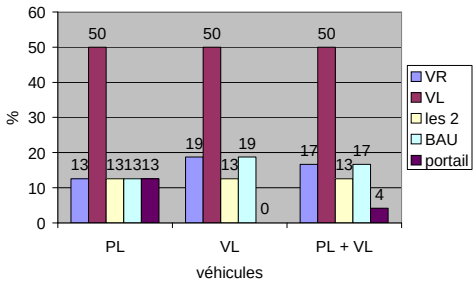


Figure 42 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans les tunnels d'Aiguebelle et Hurtières selon la voie de circulation (%)

3.1.5. Nationalité des usagers et utilisation des postes d'appel d'urgence

Les nationalités française (plutôt originaire de la région Rhône-Alpes) et italienne sont les plus représentées. Il faut souligner que **les poids lourds appartiennent le plus souvent à des sociétés italiennes alors que la plupart des usagers des véhicules légers sont français**.

Les usagers VL, français notamment, utilisent plus souvent les PAU que les usagers PL. Ceci est particulièrement vrai dans les tunnels d'Aiguebelle et Hurtières. Dans ces tunnels, on remarque également que quelques conducteurs utilisent leur téléphone portable pour donner l'alerte via la gendarmerie. Ces usagers sont situés à l'entrée ou à la sortie du tunnel, un seul signale une panne, les autres signalent la présence d'un obstacle et la survenue de l'accident. Dans la majorité des cas, les usagers qui utilisent les PAU arrêtent leur véhicule à côté des niches d'appel (Figure 43, Figure 44).

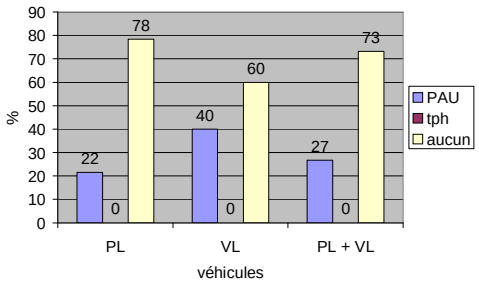


Figure 43 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans le tunnel d'Orelle selon les appels des usagers (%)

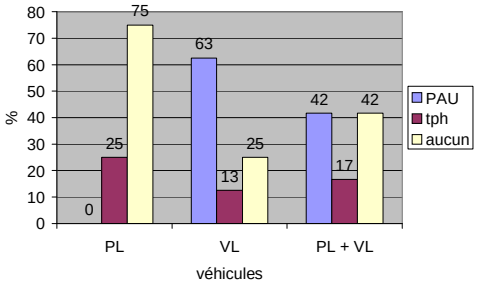


Figure 44 : Base de données 2006-2007, répartition des évènements dans les tunnels d'Aiguebelle et Hurtières selon les appels des usagers (%)

Les chauffeurs VL ont tendance à utiliser plus fréquemment les dispositifs de sécurité situés à l'intérieur ou aux têtes du tunnel (PAU, BAU et voie centrale, refuge) que les chauffeurs routiers. Pour ces derniers, il peut être plus difficile de garer leur véhicule dans un refuge en tunnel. Par ailleurs, leurs expériences et leurs connaissances du fonctionnement des autoroutes (coût du dépannage, perte de temps) peut influencer leur comportement. Il est possible qu'ils tentent avant tout de se dépanner seuls.

3.2. Les facteurs endogènes

3.2.1. Mode de détection

Dans le tunnel d'**Orelle**, la plupart des évènements sont détectés par le biais du système vidéo (DAI ou vidéo), **un événement sur six est détecté par les appels PAU**. Aucun usager n'utilise son téléphone portable pour donner l'alerte.

Cependant, dans les tunnels d'**Aiguebelle et Hurtières près d'un évènement sur deux est détecté par l'appel du conducteur (PAU et téléphone portable)**. Ce résultat paraît lié à l'arrêt des usagers aux têtes de tunnel et au réglage nécessaire à la mise en place de l'outil DAI. Il est proposé d'effectuer une analyse approfondie pour augmenter le nombre d'évènements détectés par la DAI. Il serait également intéressant de traiter de la question

de la confirmation des informations provenant du terrain (DAI et appel PAU) déjà soulevée dans l'analyse des témoignages.

3.2.2. Procédure

Pour l'ensemble des tunnels, la quasi-totalité des évènements a été traitée à l'aide d'une **procédure automatique** (macro-commande) et la quasi-totalité des procédures ont été activées **en moins de deux minutes**. Dans le tunnel d'Orelle, la procédure automatique (macro-commande) est celle qui est la plus utilisée. Dans Aiguebelle et Hurtières, la procédure manuelle (plan de feux et panneaux à messages variables) est légèrement plus souvent utilisée que la procédure automatique[59].

3.2.3. Durée de l'évènement

Dans **Orelle**, les évènements PL durent en moyenne une heure de plus (1h40) que les évènements VL (38 minutes). La quasi-totalité des évènements VL durent moins d'une heure et aucun ne dépasse deux heures. Cependant, un événement PL sur quatre dure plus de deux heures. **Le traitement des incendies dure en moyenne le double de temps (trois heures) que l'ensemble des évènements PL**.

Dans **Aiguebelle et Hurtières**, aucun événement ne dure plus de deux heures, les évènements PL ont légèrement tendance à durer plus longtemps que les évènements VL. Dans l'ensemble, **les évènements durent en moyenne une heure environ dans ces tunnels**.

Pour limiter le temps d'attente des usagers arrêtés à l'intérieur et/ou aux têtes de tunnel, une fois la zone sécurisée et lorsque les conditions le permettent, ces usagers sont évacués hors du réseau autoroutier en convoi par le personnel d'intervention, via les accès de secours à proximité, avant la réouverture totale du tunnel.

3.2.4. Mesures d'exploitation

Le tunnel d'**Orelle** est celui pour lequel **les évènements entraînent de plus grandes conséquences sur l'exploitation**. Ceci est particulièrement vrai pour les évènements **PL** qui ont une plus forte incidence sur l'exploitation que les évènements VL. En effet :

- la quasi-totalité des évènements PL nécessitent la fermeture d'au moins un des deux sens de circulation pour une durée moyenne d'une heure alors que pour les évènements VL seulement près d'un événement sur deux nécessite la fermeture du sens 1 (il n'y a aucune fermeture du sens 2) et ces fermetures durent en moyenne deux fois moins de temps que pour les PL soit en moyenne trente minutes ;
- les durées de fermeture du péage de St Michel de Maurienne et de l'aire « mada » ainsi que la durée de stockage des PL sur l'aire du Rieu Sec et le temps de délestage des VL varient dans les mêmes proportions. La plupart des évènements PL

[59] Dans la procédure automatique, une commande informatique active simultanément plusieurs systèmes (ventilation, éclairage, feux d'affectation, PMV, etc.) dans différents sites. Dans la procédure manuelle, les dispositifs de sécurité sont activés un à un par le régulateur/opérateur de supervision.

nécessite la fermeture du péage de St Michel de Maurienne et de l'aire « mada » pour une durée moyenne d'environ une heure. Ces évènements nécessitent également une fois sur trois la fermeture de l'aire de St Michel de Maurienne, le stockage des PL sur le Rieu de Sec et le délestage des VL pour une durée d'environ une heure. Les évènements impliquant un VL nécessitent environ une fois sur deux la fermeture du péage de St Michel de Maurienne et de l'aire « mada ». Ils ne nécessitent le stockage des PL et le délestage des VL que dans de rares cas.

Par ailleurs, dans Aiguebelle et Hurtières, seuls deux évènements VL (dont l'incendie) ont nécessité la fermeture d'au moins un des deux sens de circulation pendant en moyenne une heure.

3.2.5. Intervention du dépanneur

Dans Orelle, la plupart des évènements nécessite l'intervention d'un dépanneur. Le délai moyen d'arrivée sur les lieux du dépanneur PL est de quarante minutes. Il est de vingt minutes pour le dépanneur VL. Le temps moyen de prise en charge[60] sur place du véhicule est de quarante minutes pour les PL et de dix minutes pour les VL. Le dépanneur PL peut quelques fois arriver sur les lieux avec un temps supérieur à une heure en fonction de ses disponibilités et de l'heure d'intervention (de nuit en particulier). Le dépanneur VL arrive toujours dans un délai inférieur à 30 minutes.

Dans Aiguebelle et Hurtières, la majorité des évènements PL n'a pas nécessité l'intervention d'un dépanneur, on remarque que les évènements VL le nécessitent souvent. Le délai moyen d'arrivée sur place des dépanneurs VL et PL est de trente minutes. Le délai moyen de prise en charge est d'environ quinze minutes. Le dépanneur VL met moins de 40 minutes pour arriver sur les lieux.

3.2.6. Intervention des personnels « exploitant »

En attendant l'arrivée du dépanneur ou des secours, un agent SFTRF intervient en moyenne dans les sept minutes, pour Orelle, et quinze minutes pour Aiguebelle et Hurtières. Les évènements PL demandent en moyenne l'intervention de quatre à cinq agents SFTRF, 23% des évènements sollicitent l'intervention de plus de six personnes. **Les incendies nécessitent en moyenne l'intervention de quatorze à quinze personnels SFTRF** (y compris les pompiers sécurité du tunnel du Fréjus). Pour les évènements VL, aucun évènement ne requière l'intervention de plus de six personnes, en moyenne deux à trois personnels suffisent. L'intervention est plus rapide lorsque l'événement est détecté par un agent ou lorsqu'il se situe à proximité. Dans Orelle, la présence à proximité du pompier « mada » sur l'aire du Rieu Sec rend la gestion plus efficace, un agent intervient en moins de 20 minutes. Dans Aiguebelle et Hurtières, une seule fois un agent a mis près de 50 minutes pour intervenir de nuit sur un PL. La différence dans les temps d'intervention souligne la nécessité d'approfondir ce type de situation en la mettant en parallèle avec l'analyse de facteurs individuels (distance du trajet domicile/travail de

[60] Temps de réparation sur place ou de remorquage pour réparation en dehors du réseau.

l'agent d'astreinte, etc.) ou contextuels (interventions sur le reste du réseau, etc.) pouvant éclairer ce type d'écart aux procédures.

Tous tunnels confondus, dans la plupart des cas la gendarmerie nationale (GN) et les sapeurs-pompiers n'interviennent pas en première frappe mais en appui (cas de l'extinction incendie ou de gestion du trafic) pour la gestion de l'évènement. Seuls la majorité des incendies et le malaise de l'usager ont nécessité l'intervention des pompiers. Pour ces deux services, le délai moyen d'arrivée dans le tunnel d'Orelle est de dix-sept/dix-huit minutes[61].

4. Bilan de l'analyse des évènements d'exploitation

4.1. Sur le comportement des usagers

4.1.1. Eléments de typologie et de compréhension

4.1.1.1. Profil des usagers[62]

Nous donnons un aperçu général de notre population d'étude. Parmi les vingt-deux témoignages recueillis à la suite d'évènements de type incendie, trois proviennent de chauffeurs routiers dont le véhicule est à l'origine de l'évènement. Les autres usagers impliqués sont pour près de 63% d'entre eux conducteurs de PL. La quasi-totalité des interviews a été réalisée auprès des conducteurs, une seule a été menée auprès d'un passager. Elles concernent essentiellement des hommes, seules deux femmes font partie de notre panel. Environ 64% sont chauffeurs routiers, les autres usagers exercent différents métiers.

Près de 83% des interviewés sont de nationalité française [n=18][63]. Les autres sont d'origine italienne, turque et écossaise. On note que **le plus jeune a 26 ans et le plus âgé 70 ans** [n=19]. Entre ces deux extrémités, les différentes classes d'âge sont présentes (Figure 45).

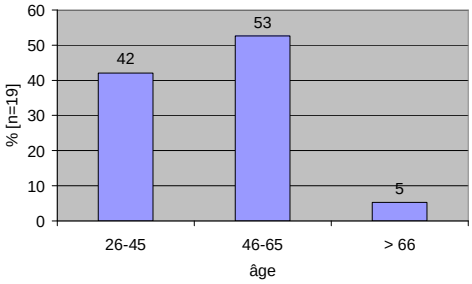


Figure 45 : Evènements d'exploitation (incendie), répartition des usagers selon l'âge (%)

La majorité des participants a une longue expérience de conduite (supérieur à 20 ans) et est en déplacement professionnel. La quasi-totalité des usagers emprunte fréquemment

[61] Sur l'ensemble de l'analyse, la gendarmerie est intervenue trois fois et les pompiers une fois dans les tunnels d'Aiguebelle et Hurtières. Ces délais d'intervention ne sont donc pas détaillés.
[62] Cf. Annexe 2-E.
[63] « n » est le nombre de réponses obtenues. Il ne correspond pas aux vingt-deux témoignages recueillis car les questions étant adaptées au discours de l'usager lors de l'entretien et du temps à disposition, tous les participants n'ont pas répondu à l'ensemble des questions.

voire très fréquemment les tunnels ainsi que celui dans lequel s'est produit l'événement, excepté un conducteur qui l'utilise peu souvent (Figure 46).

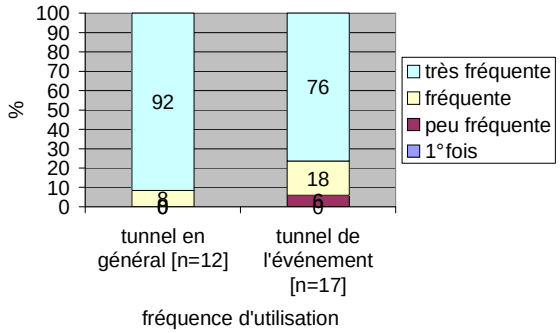


Figure 46 : Evènements d'exploitation (incendie), fréquence d'utilisation des tunnels des usagers (%)

On observe que les deux tiers des usagers qualifient la traversée d'un tunnel comme *« indifférente »*, un l'associe à l'adjectif *« sécurité »* et trois au terme *« danger »* [n=12].

4.1.1.2. Analyse des témoignages

L'analyse des témoignages et des images vidéo montre que certains usagers ont un comportement actif et de type collectif tandis que d'autres ont un comportement passif qui consiste à rester dans leur véhicule.

Lorsque l'évènement se déclare et qu'ils sont encore seuls dans le tunnel, les usagers cherchent à prévenir les autres personnes qu'il se passe quelque chose (utilisent les warnings, font des appels de phare, etc.). Les premières personnes, qui croisent ou suivent le véhicule à l'origine, ont tendance à poursuivre leur chemin car elles n'ont pas le temps de réagir face à ce qu'elles perçoivent. On constate également que certaines d'entre elles font demi-tour. Ce type de comportement est observé chez des conducteurs de véhicule léger et dans des tunnels bi-directionnels. Parmi les premiers usagers, certains doublent le véhicule en feu (y compris les chauffeurs routiers). Pour ces usagers, la meilleure stratégie semble consister à s'éloigner du danger plutôt que de s'arrêter à proximité. Par ailleurs, d'autres usagers font marche arrière avec leur véhicule pour se garer de manière à ne pas gêner la circulation ou pour s'extirper de la fumée, d'autres encore prennent de la distance pour effectuer un demi-tour.

On constate également que certains chauffeurs connaissent les consignes de sécurité et les appliquent. Lorsqu'ils voient la fumée, ils décident de s'arrêter, laissant une distance suffisante avec le véhicule précédant, et signalent le problème avec les postes d'appel d'urgence puis suivent les consignes qui leur sont données (attendre dans l'issue, rejoindre l'issue, etc.).

Au-delà des caractéristiques propres à chaque usager qui peuvent jouer un rôle dans l'évacuation, certains points apparaissent communs à l'ensemble des usagers. **Tout au long de l'évènement les usagers cherchent de l'information pour répondre à deux questions : « Que se passe t-il ? » et « Que dois-je faire ? »**. Ces questions renvoient au besoin de connaître la nature de l'événement et des dangers associés, ainsi qu'au besoin de

connaître les consignes pour adopter le meilleur comportement en fonction de la situation perçue et des enjeux qui sont propres à chaque conducteur.

Les témoignages soulignent la difficulté qu'ont les usagers à comprendre la nécessité d'évacuer. En effet, ils ne perçoivent et ne comprennent pas forcément le basculement entre la situation normale de conduite et la situation d'évacuation à pied vers une issue de secours. Il est à noter que la connaissance des dangers et des consignes associés à un incendie en tunnel ne suffit pas toujours à inciter les usagers à rejoindre une issue de secours. Cet aspect est renforcé par ce que nous appelons le déni de la situation de danger. Ce trait est à rapprocher de l'optimisme comparatif c'est à dire la tendance des individus à croire qu'ils ont plus de chance que leurs pairs de vivre des évènements heureux et moins de chance qu'autrui de faire des expériences négatives (Kouabenan, 2006).

A noter également que les opérateurs soulignent des difficultés de communication et de compréhension avec les usagers. Le langage et l'utilisation du terme « abri » peut ne pas être compris. Les questions importantes et l'information sur la situation ne sont pas des pratiques systématiques.

4.1.2. Axes de vigilance

4.1.2.1. Pour l'auto-évacuation des usagers

Le nombre de témoignages recueillis est faible et ces derniers concernent des usagers qui se sont arrêtés. Il n'est ici pas possible de généraliser nos observations mais ceci constitue des pistes pour une analyse sur une longue période et à partir des exercices. De plus, comme précédemment constaté, plusieurs témoignages de chauffeurs confirment les résultats obtenus lors d'entretiens avec des chauffeurs routiers dans le cadre du projet ACTEURS. Ces résultats montrent que certains chauffeurs routiers connaissent les consignes de sécurité et les modalités d'arrêt en tunnel. Cependant, quel que soit le problème rencontré, les conducteurs tentent de sortir du tunnel et cela pour plusieurs raisons : peur d'être tenu responsable (effet Mont-Blanc), croyances personnelles ou ignorance des consignes à appliquer. Pour aider à dépasser ces difficultés **le projet ACTEURS propose de donner l'ordre de la nécessité de s'arrêter et la formation comme moyens d'action**.

Les témoignages montrent qu'il est nécessaire de travailler sur une alarme visant à déclencher le comportement d'évacuation en cas d'évènements majeurs.
Les informations doivent être adaptées à la situation, en fonction de sa gravité et de sa dangerosité. Elles doivent être données tout au long de l'événement pour permettre aux personnes de comprendre ce qui se passe. Pour améliorer l'auto-évacuation des usagers, **il apparaît nécessaire** :

- **de délivrer un message d'alerte** gradué en fonction de la situation ;
- **d'informer sur les dangers** encourus et **de donner la consigne** d'évacuer ;
- **de réfléchir sur la mise en valeur de la signalisation** des abris en situation d'évacuation en éteignant tous les dispositifs inutiles en cas d'arrêt du trafic

(limitation de vitesse, interdistances, etc.) ainsi que sur la manière la plus pertinente à donner en fonction du destinataire.

La question des **demi-tours** apparaît dans l'analyse de plusieurs évènements et mériterait d'être approfondie. Ce comportement est considéré comme source potentielle de sur-accident par les professionnels du monde des tunnels, mais pour les usagers il semble correspondre à une stratégie permettant de s'éloigner du danger en rejoignant un univers connu.

Il apparaît également utile d'envisager une **étude statistique des fermetures** du tunnel ainsi qu'une enquête d'opinion auprès des habitués (et/ou abonnés) du tunnel afin de poser un diagnostic objectif pour évaluer l'impact éventuel en cas d'évacuation.

4.1.2.2. Pour le retour d'expérience

Les difficultés apparues dans l'utilisation des fiches d'autorisation de contact montrent l'importance de réfléchir à l'**optimisation de ce dispositif**. Une simplification devrait être réalisée avec une page recto/verso comme la fiche mise en place pour le tunnel du Fréjus[64]. A noter aussi que les personnes, aujourd'hui chargées de faire remplir ces fiches, ne sont peut être pas toujours disponibles pour s'occuper de cette tâche lors d'un évènement car c'est une mission secondaire. Il semble que la ou les personne(s) qui amène(nt) et/ou reste(nt) avec les usagers à l'extérieur du tunnel pourrai(en)t également être chargée(s) de cette mission. L'information et la formation sur la démarche seront nécessaires pour communiquer et accompagner les futurs utilisateurs.

Il est à souligner que la **technique de l'entretien téléphonique** est un bon moyen pour obtenir le témoignage des usagers. Les chauffeurs routiers répondent, en général, à l'aide de leur « kit mains libres ». Cependant la réception de l'appel n'est pas forcément continue et il n'est pas toujours évident d'approfondir certains points. Pour les évènements porteurs d'apprentissage, il pourrait être proposé aux usagers de les rencontrer en face à face afin de pouvoir aller plus loin avec eux dans l'analyse de la situation.

Lorsqu'il est décidé de recueillir le témoignage d'usagers impliqués dans un événement, il est important de conserver les **images vidéo** pour confronter et approfondir les informations obtenues. Il est à noter que l'analyse du comportement des usagers avec les images vidéo n'est pertinente que si elle est étayée par leur témoignage.
La conservation d'images des caméras intérieures voire extérieures peut être utile à une analyse complète et précise d'un événement. Cependant, il est difficilement possible de mettre en œuvre ce type de démarche pour l'ensemble des évènements d'exploitation. Elle doit porter sur des évènements significatifs dont le potentiel d'apprentissage est grand et pour lesquels il est nécessaire de reconstituer au moins en partie, les moments forts, de ces derniers.

Le retour d'expérience met en avant **l'intérêt des opérateurs pour ce type de démarche** permettant de faire ressortir les points positifs, négatifs et les axes de vigilance. La

[64] Cf. Annexe 2-A.

communication et la collaboration sont des points nécessaires et importants. En particulier des points abordés qui n'ont pu l'être auparavant (difficulté à déterminer l'usager à l'origine, temps de recherche et de confirmation des informations suite détection DAI, etc.).

4.2. Sur la base de données

L'analyse présentée porte sur les évènements qui se sont produits, en 2006 et 2007, dans les tunnels d'Orelle, Aiguebelle, Hurtières et Sorderettes situés sur l'A43 Maurienne. La base de données comporte **98 évènements** sur près de 12 kms[65] de route que représentent ces quatre tunnels. Ces évènements se répartissent selon huit types différents. Les plus fréquents sont la panne mécanique/électrique, la panne de carburant, la crevaison, l'incendie. Les plus rares sont l'accident matériel, le malaise usager, l'obstacle, les hors gabarit. Pour chacun des tunnels, le nombre d'occurrences relevé pour chaque type d'événement est faible. L'analyse statistique doit donc être interprétée avec prudence. Toutefois, cela montre que **les évènements apparaissent de manière aléatoire dans les tunnels et qu'ils sont tout aussi susceptibles de se produire à l'air libre**.

Par ailleurs, l'étude met en évidence que **la configuration des tunnels peut avoir une incidence sur les évènements qui s'y produisent**. En effet, il apparaît significativement plus d'évènements PL dans le tunnel d'Orelle par rapport à Aiguebelle/Hurtières alors qu'il y a autant d'évènements VL dans ces deux types de tunnel (Figure 37 et Figure 38). A noter dans le tunnel d'Orelle la plupart des incendies et l'ensemble des pannes de carburant se produisent dans le sens 1. L'analyse à partir des témoignages menés sur les évènements de type incendie conforte cette tendance. Cela peut être expliqué par la déclivité du tunnel qui influe sur les véhicules, en particulier sur les poids lourds.

Nos résultats corroborent ceux obtenus par le BEA-TT (2007, 2008) sur les incendies spontanés : *« Il apparaît que ce sont les longs parcours continus, notamment sur autoroute qui sont souvent à l'origine des incendies spontanés. En examinant la localisation des sinistres […] il ressort que les parcours accidentés, dans les Alpes et dans leur voisinage, sont majoritaires. »*. **Dans la catégorie des poids lourds, parmi les cas répertoriés de départ de feu a pu être clairement identifié, on dénombre pour l'origine « essieu » 2,2 fois plus d'occurrences que pour l'origine « moteur ». Les autres origines (habitacle, équipements ou chargement) sont peu nombreuses.**

Les informations recueillies ne permettent que rarement de préciser l'organe déclencheur dans un feu d'origine « moteur » (l'ensemble « turbo, fuite d'huile ou de carburant, circuit électrique » est cité plusieurs fois). Il est noté la conjonction de ces sinistres avec des parcours en site accidenté et, *a priori*, au terme d'une montée.

Les feux d'origine « essieu » (poids lourds uniquement) résultent d'un blocage de roulement, d'un échauffement des freins ou d'un éclatement de pneu. Ces feux renvoient à des échauffements dus à des parcours longs et/ou accidentés, comportant des descentes successives.

[65] Le calcul est basé sur la longueur de chaque sens de circulation des tunnels.

La position des stations service sur l'itinéraire peut également avoir un rôle dans ce différentiel des pannes de carburant. Les usagers VL impliqués dans ce type d'événement sont presque tous de nationalité française (particulièrement de la région Rhône Alpes) et les chauffeurs PL travaillent le plus souvent pour des sociétés italiennes. Il est probable que les usagers, ayant connaissance des prix pratiqués dans les stations situées en dehors du réseau autoroutier, pensent pouvoir rejoindre une station proche qui pratique des tarifs moindres.

La base de données et son analyse permettent d'avoir une description d'ensemble des facteurs en jeu pour la compréhension et la capitalisation des évènements. Cet outil s'intègre dans la démarche de retour d'expérience proposée par ailleurs. Certains facteurs étudiés sont réutilisés dans un second temps, pour la définition des niveaux d'approfondissement des évènements en fonction de leur potentiel d'apprentissage (échelle de retour d'expérience).

Dans la perspective de mettre en place une démarche de retour d'expérience, il conviendra de remettre chaque tunnel analysé dans le contexte de l'ensemble de l'itinéraire en considérant des sections homogènes. Pour aller au-delà de l'étude, il faudra également comparer les évènements en tunnels avec ceux qui se produisent à l'air libre. Pour améliorer la fiabilité des informations, une piste est d'alimenter la base de données directement à partir d'une main courante informatisée. Les informations à prendre en compte (données brutes) et les indicateurs à suivre devront être définis à partir des objectifs donnés au retour d'expérience. Ce peut être, par exemple, le temps d'attente des usagers aux différents endroits sur le réseau. Il faut souligner que l'efficacité et l'intérêt de la mise en place d'une telle base d'informations s'intègre dans une démarche globale de retour d'expérience bien cadrée et avec des objectifs précis.

Malgré l'implication des régulateurs et des opérateurs dans la démarche d'analyse des signaux faibles, nous avons été confrontés à la difficulté de définir précisément ce concept et de pouvoir apporter des réponses concrètes à ce type d'événement. Ce travail devra faire ultérieurement l'objet d'une étude plus précise et elle devra s'intégrer dans la démarche de retour d'expérience mise en place dans l'entreprise.

En vue de confirmer et de compléter les résultats obtenus à partir des témoignages d'usagers confrontés à un événement d'exploitation de type incendie, dans un deuxième temps, notre travail a porté sur l'interview et l'observation des usagers en situation d'auto-évacuation au cours de plusieurs exercices de sécurité.

Chapitre 6. Instrumentation d'exercices de sécurité

L'étude conduite sur les exercices de sécurité repose sur notre participation active à plusieurs d'entre eux. La méthodologie d'observation a été adaptée à chaque exercice et aux possibilités d'intervention (conditions et objectifs).

Au travers de ce chapitre, nous donnons les éléments de méthode pour l'analyse du comportement des usagers confrontés à un événement de type incendie et simulé lors d'exercices de sécurité. Notre travail repose principalement sur deux exercices que nous avons mis en place ainsi que sur l'évaluation réalisée dans le cadre du projet de la DIRIF et à laquelle nous avons contribué. Nous présentons ceux-ci de manière détaillée et les autres exercices de façon plus générale.

1. Procédure expérimentale

1.1. Exercices de sécurité et observations de terrain

1.1.1. Présentation générale

Dans la perspective d'améliorer l'efficacité de la gestion des crises, la réglementation prescrit la réalisation d'exercices de sécurité en tunnel qui permettent à chaque exploitant de tester les consignes d'exploitation et leur mise en oeuvre par le personnel. Ces exercices participent à la formation des personnels et s'intègrent dans la boucle d'amélioration continue de la sécurité des ouvrages.

Si leur objectif premier vise l'évaluation de la réponse des services de secours et des personnels « exploitant » face à une situation donnée, ils sont également l'occasion de recueillir des informations sur les comportements des usagers d'un tunnel. Ces exercices constituent également des apports pour l'élaboration d'une méthodologie de retour d'expérience en tunnel routier.

Selon les objectifs de l'analyse et les moyens à disposition, les entretiens se sont déroulés individuellement en « tête à tête » ou de manière collective avec le témoignage recueilli par écrit.

L'analyse des **témoignages** et des **observations**, réalisés **« à chaud »** à la fin de l'exercice, donne des éléments objectifs de compréhension du comportement des usagers. Cette configuration permet d'obtenir un plus grand nombre de témoignages sur des évènements plus importants. En revanche, tout ne peut pas être simulé dans des conditions réelles et les personnes jouant le rôle des usagers sont également informées qu'elles participent à un exercice d'évacuation. Ceci peut créer un biais dans la perception et la compréhension de la situation et influence le comportement.

Les volontaires sont le plus souvent recrutés parmi le personnel « exploitant », les services de secours et/ou des étudiants. Ils jouent le rôle des usagers avec des consignes plus ou moins précises sur l'attitude et les réactions à adopter.

Au cours des exercices, différents moyens techniques (fumigènes, etc.) peuvent être utilisés lorsqu'un feu est simulé et permettent d'observer le comportement humain à minima face à la fumée.

Nous avons eu plusieurs opportunités pour participer à des exercices de sécurité dans une perspective d'informations et d'observations.

Nous avons contribué à treize exercices de sécurité :

- **deux pour lesquels nous avons organisé l'observation et l'analyse de l'exercice de sécurité (tunnel d'Orelle et tunnel de la Défense). Ces exercices sont dits « instrumentés »** ;
- sept pour lesquels nous avons pu recueillir le témoignage des usagers et/ou mener des observations (y compris évaluation du projet de la DIRIF) ;
- quatre pour lesquels nous avons conduit des observations d'ordre général.

Avant d'aborder les spécificités de chacun des deux exercices « instrumentés », nous précisons les principales caractéristiques qui leur sont communes. Nous récapitulerons ensuite les autres exercices auxquels nous avons collaboré.

1.1.2. Eléments liminaires sur les exercices de sécurité « instrumentés »

1.1.2.1. Conditions particulières

Ces exercices sont dits « instrumentés » car ils visent à **observer le comportement naturel des usagers à partir d'un cadre expérimental le plus proche possible de la réalité** permettant une analyse plus ciblée et détaillée, *a priori*, que l'analyse faite à partir des évènements d'exploitation. Elle repose sur le recrutement de personnes les plus éloignées possible de l'exploitation des tunnels afin de jouer le rôle des **usagers « naïfs »** informés à minima sur le scénario pour observer « le comportement le plus naturel possible ». D'autres personnes sont recrutées pour observer et suivre les usagers lors de l'expérimentation. Pour prendre en compte les problèmes d'organisation et de sécurité des acteurs, les **observateurs** sont répartis en trois catégories : **« identifiés », « anonymes » et « interviewers »** selon des missions spécifiques. L'implication d'observateurs « anonymes », ayant pour consigne de rester le plus neutre possible pendant l'évaluation pour ne pas influencer le comportement des usagers, donne l'avantage d'avoir accès à des informations plus détaillées sur les comportements.

Les observateurs sont **placés aux endroits stratégiques** (lieux de décision et d'action) définis selon le scénario prévu et les objectifs fixés à l'exercice : le PC d'exploitation, les PC des principales structures (sapeurs-pompiers, SAMU, gendarmes, etc.), le PC opérationnel, le terrain de l'exercice, la salle de crise.

Afin d'accéder à une information riche et la plus complète possible pour le retour d'expérience, trois types de rôle peuvent être confiés aux observateurs : suivre un acteur de l'évènement, suivre une activité au sein d'un groupe d'acteurs, observer ce qui se passe dans un lieu. Chaque observateur aura pour mission de garder la trace de ce qu'il observe en fonction de son rôle et des thèmes d'analyse retenus pour l'exercice : les acteurs présents, leur rôle, les communications, les difficultés rencontrées (techniques, humaines et organisationnelles), les solutions mises en œuvre, etc..

Il n'est pas demandé aux observateurs de tracer l'ensemble des informations, ce qui serait utopique compte tenu de l'activité forte qui règne à certains moments. Il est préférable d'être attentif à certains faits, à des préoccupations ou des incertitudes qui apparaissent, à des réunions improvisées ou non sur un thème, à des interventions d'experts ou à des informations provenant de l'extérieur, à des points de situation, etc.

1.1.2.2. Déroulement

Outre les aspects pratiques et techniques de préparation, les deux exercices « instrumentés » se sont déroulés de la manière suivante :

- **accueil et briefings** des participants ;
- **préparation et départ du convoi** de véhicules ;
- **déroulement** de l'exercice ;
- **rassemblement** des acteurs **et retour** en convoi sur le lieu de l'évaluation ;
- **débriefings** et remerciements.

Etant les éléments principaux de la méthode de travail, nous présenterons particulièrement les briefings et débriefings (interview) pour chacun d'eux. Nous donnons ici les points communs et fondamentaux des briefings pour les deux exercices « instrumentés ».

➘ Les briefings ont eu lieu dans une salle de réunion équipée d'un vidéo-projecteur. Celui des observateurs est conduit en l'absence et avant celui des usagers afin notamment de préparer les observateurs « anonymes » à leur mission et d'assurer cet anonymat.

➘ Les observateurs « anonymes » peuvent utiliser des enregistreurs audio et les observateurs « identifiés » peuvent utiliser des enregistrements vidéo et audio pour faciliter la prise de notes et l'analyse. **Chaque observateur doit garantir l'anonymat et la confidentialité des informations recueillies.** Pour cela, chacun a signé une charte d'utilisation des enregistrements vidéo, audio et photo qu'ils réalisent (charte multimédia[66]). Dans cette charte, ils s'engagent en outre à n'utiliser ces enregistrements que pour les besoins de l'analyse et à les remettre à l'exploitant une fois cette dernière terminée.

➘ Afin de recueillir des données fiables et objectives, **les usagers** sont le plus éloignés possible de l'exploitation quotidienne des tunnels et **ont suivi un briefing séparément des observateurs avant le début de l'exercice**. Lors du briefing, le cadre de l'exercice et son déroulement ainsi que des consignes ont été données aux usagers. Ils sont informés à

[66] Cf. Annexe 3-A.

minima du scénario. Le briefing des usagers a lieu en présence des observateurs et est l'occasion d'évoquer la présence des observateurs « identifiés ».

➘ Soulignons également que, **par mesure de sécurité, les conducteurs des véhicules sont des personnels « exploitant »**. Le conducteur du véhicule en tête de convoi est en relation avec une personne chargée de la production de la fumée afin d'amener le convoi lorsque la fumée est en place. Les autres conducteurs des véhicules doivent suivre le véhicule qui précède en respectant une distance à l'arrêt déterminée en fonction du scénario. Les véhicules sont escortés à l'intérieur du tunnel depuis l'extérieur.

1.2. Expérience dans le tunnel d'Orelle

1.2.1. Présentation du scénario et des objectifs

Au cours de l'année 2006, en sus des objectifs réglementaires et des objectifs internes à l'exploitant, un exercice de sécurité a été instrumenté afin de mettre l'accent sur l'aspect psychologique de l'observation et avoir une meilleure compréhension du comportement des usagers face à un événement en tunnel. Il visait en particulier à **évaluer les réactions des usagers face au dégagement de fumée**.

L'exercice a été organisé par la SFTRF en collaboration avec les sapeurs-pompiers. Les gendarmes et la sous-préfecture ont également participé à l'exercice.

Il est à souligner que **cet exercice est le premier, en France, pour lequel un tel dispositif d'observation et d'analyse du comportement humain a été mis en place dans un tunnel routier**. Cela a été l'occasion de réaliser un pré-test de notre méthode de recueil de témoignages centrée sur les comportements et les attitudes des usagers confrontés à un événement en tunnel.

Le scénario met en jeu un camion qui s'arrête dans le tunnel et perd de l'azote. La fuite d'azote est simulée à l'aide de fumigènes, ce qui donne la possibilité d'observer le comportement des usagers face au dégagement de fumée. De nombreuses personnes et leur véhicule sont impliqués, à savoir au total trente-huit usagers et six véhicules (un poids lourd, quatre véhicules légers et un bus) (Figure 47). Le scénario prévoit le déclenchement des dispositions prévues dans le plan d'intervention et de sécurité puis celles relevant du plan rouge.

Plusieurs personnes des services de l'exploitant et des services publics ont contribué aussi bien à la mise en place qu'à la réalisation de l'exercice. Au total, une soixantaine de personnes ont participé à l'instrumentation de cet exercice.

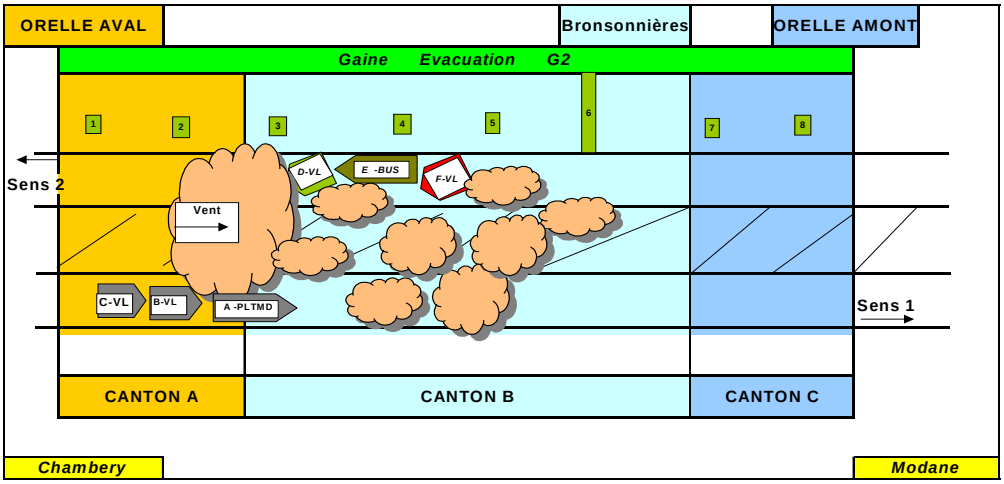


Figure 47 : Exercice tunnel d'Orelle, le scénario

1.2.2. Procédure expérimentale

1.2.2.1. Pour les usagers

Trente-huit personnes ont été recrutées pour jouer le rôle des usagers présents dans le tunnel. Ce sont pour la plupart des personnels de l'exploitant, des professionnels de la sécurité en tunnel routier et les étudiants du Master « Maîtrise des risques industriels » (Chimie-ParisTech – Mines-ParisTech).

Parmi eux, les conducteurs des six véhicules ont été « compères » du scénario. Au début de l'exercice, ils avaient pour consigne, une fois la fumée en place dans le tunnel, de placer les véhicules jusqu'à un point déterminé puis de rester à l'intérieur du tunnel afin de sortir les véhicules en fin d'exercice.

Les usagers ont été **répartis dans les véhicules** comme il suit (Tableau 7) :

Tableau 7 : Exercice tunnel d'Orelle, répartition des participants dans les véhicules

Véhicule	PL	VL A	VL B	VL C	VL D	Bus	***Total***
Nombre de personnes	2	4	5	4	4	19	***38***

Afin que ces personnes aient un comportement le plus proche possible de celui observé dans la réalité, sans préciser la nature de l'événement, les trente-deux passagers ont reçu pour recommandation d'agir le plus naturellement possible, comme s'ils étaient en situation réelle : *« Vous allez être arrêté dans un tunnel, agissez le plus naturellement possible comme vous le feriez si vous étiez en situation réelle. »*,tout en préservant leur sécurité et celle des autres. Une étiquette précisant leur état de santé (blessé ou non, type de blessure) ainsi que leur numéro de véhicule est donnée à chacun. Ils sont également prévenus qu'en fin d'exercice, ils seront interviewés[67] par des observateurs.

[67] Cf. Annexe 4-A.

1.2.2.2. Pour les observateurs

Vingt-quatre personnes extérieures aux services exploitant (étudiants, professionnels de la sécurité) ont participé aux observations.

Au cours d'un briefing, sans donner de précision sur la nature de l'événement, les observateurs sont informés sur le déroulement et les objectifs de l'exercice, leur position et leur mission d'observation. Afin de garantir le respect et la confidentialité des informations recueillies, chaque observateur signe la charte multimédia.

Les observateurs sont répartis sur les lieux les plus stratégiques pour l'analyse et, par mesure de sécurité, en suivant le principe qu'au moins un observateur soit présent dans chaque véhicule.

Ils sont répartis suivant plusieurs missions :

- **neuf observateurs « identifiés »** à l'extérieur et à l'intérieur du tunnel dont les objectifs sont de suivre l'organisation des services et des personnes avec un accent sur le comportement des usagers. Un œil attentif est porté à la gestion des imprévus ;
- **douze observateurs « anonymes »** à bord des véhicules à l'intérieur du tunnel, leurs objectifs portent sur l'expérience et le ressenti des usagers face à un évènement inattendu en tunnel. Ils ont joué le rôle d'usagers afin d'obtenir des informations précises sur le déroulement et le vécu d'un événement en tunnel du point de vue des usagers ;
- **trois « interviewers »** recueillent le témoignage des usagers au poste médical avancé une fois l'exercice terminé.

Si une mission spécifique a été donnée à chacun, leur principal objectif est d'observer le comportement des usagers dans la perspective d'obtenir des données sur le déroulement d'un événement du point de vue de ces derniers.

Leur mission d'observation conduit à la rédaction d'un **compte-rendu** comprenant notamment en conclusion ce qui a bien fonctionné, ce qui a moins bien fonctionné et ce qui aurait pu améliorer la situation. Leurs observations personnelles sont également transcrites. La comparaison des différentes observations réalisées permet de retracer l'histoire de l'exercice avec ses points forts et ses points faibles.

Il est à noter que la participation de plusieurs personnes du service médical pompier aux interviews des usagers a permis d'obtenir l'ensemble des témoignages. Pendant un briefing au poste médical avancé (PMA), avant l'arrivée des usagers, les interviewers leur ont donné les instructions nécessaires au recueil.

L'étude réalisée à partir de l'instrumentation d'un exercice de sécurité dans le tunnel d'Orelle a été complétée par l'instrumentation d'un deuxième exercice réalisé dans le tunnel de la Défense dans le cadre du projet RDT.

1.3. Projet RDT et exercice dans le tunnel de la Défense

Un projet de recherche concerne les exercices de sécurité en tunnel routier et s'intègre dans le programme de recherche « Risque Décision Territoire ». Ce projet se propose d'étudier les relations qui s'établissent entre les partenaires de la gestion d'accidents en tunnel routier et la manière dont ces relations peuvent contribuer à améliorer l'efficacité de la gestion des évènements. Nous avons été impliqués dans ce projet en collaboration avec la DIRIF qui souhaitait instrumenter un exercice de sécurité dans le cadre de la rénovation des tunnels d'Ile de France.

1.3.1. Présentation

Le programme « Risque Décision Territoire »[68] a été lancé en 2003 afin de développer des recherches sur les risques naturels et technologiques et de créer parallèlement des liens entre les acteurs locaux de la gestion des risques et les chercheurs. Il sollicite tous les risques et toutes les disciplines scientifiques. En effet, plusieurs axes du programme font appel à des recherches touchant notamment aux sciences économiques, humaines ou sociales.

L'équipe de recherche de Wybo participe à ce programme, depuis 2007, pour étudier de manière systématique les comportements individuels, collectifs et organisationnels qui s'établissent entre les différents partenaires lors d'exercices de simulation d'accident et de crise en général, en particulier dans les tunnels routiers.

Afin de dépasser les limites existantes dans les exercices de sécurité, ce projet ***« Etude d'une méthodologie d'organisation d'exercices et d'apprentissage appliquée à la gestion de la sécurité des tunnels routiers. »*** vise à apporter un éclairage dans le domaine de la prévention des risques et des crises dans les tunnels routiers, plus largement à la politique d'organisation d'exercices de simulation pour l'apprentissage de la maîtrise des risques. Les résultats s'adresseront aux différents types d'utilisateurs et l'accent sera notamment mis sur l'interaction entre les différents acteurs.

Cette étude a pour objectif de contribuer à améliorer l'efficacité de la gestion des évènements en tunnel routier et, plus particulièrement, à éviter le débordement de la situation vers une éventuelle crise. Pour cela il est envisagé de construire une méthodologie de réalisation, d'analyse et de restitution des résultats pour les exercices de sécurité à partir de l'instrumentation de quelques-uns d'entre eux.

En juin 2008, nous avons contribué à l'étude des comportements individuels, collectifs et organisationnels qui s'établissent entre les différents partenaires (en particulier avec les usagers) lors d'un exercice de sécurité. L'instrumentation de ce dernier vise à collecter des données, les analyser puis à produire des résultats dans une démarche de retour d'expérience.

[68] Pour plus d'informations sur le projet : http://www.rdtrisques.org.

1.3.2. Procédure expérimentale

1.3.2.1. Objectifs et scénario

Au début du projet, il était envisagé d'instrumenter un exercice de sécurité afin :

- d'appréhender les relations et les modes de communications entre les acteurs de la sécurité à partir d'enregistrements audio et/ou vidéo, de comparer le langage utilisé par les usagers et les personnels « exploitant » ;
- d'approfondir les communications et avoir des éléments sur les connaissances et la culture de chacun. La comparaison devait être réalisée avec l'aide du logiciel Evoq[69] permettant de faire une analyse qualitative du langage/discours.

Cependant, l'autorisation du préfet accordée à la DIRIF pour l'exercice du tunnel de la Défense a concerné un exercice interne à l'exploitant sans déploiement d'un plan rouge ni intervention de la Brigade des Sapeurs Pompiers de Paris (BBSP) et de la Direction Départementale de la Sécurité Publique (DDSP) qui sont toutefois informées de la réalisation de l'exercice. Cette autorisation ne nous a pas permis de mettre en place l'ensemble du protocole expérimental envisagé.

De ce fait, l'observation de cet exercice a été orientée uniquement sur le comportement des usagers et a eu comme objectif, pour la DIRIF, de réaliser une évaluation avant/après la remise à niveau des tunnels d'Ile de France. Elle vise à **donner des éléments de compréhension sur le comportement d'évacuation des usagers face à une situation d'incendie en tunnel avant l'arrivée des secours sur place**.

Le scénario prévoit un véhicule qui prend feu dans le tunnel. **Six véhicules légers et un minibus sont également présents**. Par mesure de sécurité, le SAMU était présent dans le tunnel. Le tunnel choisi par la DIRIF pour réaliser cet exercice est celui de la Défense (bitube monodirectionnel, 4 150m).

Au total, **quarante-quatre personnes ont participé à cet exercice jouant le rôle d'usagers ou étant observateurs**. Le chauffeur du minibus a un rôle particulier. Pour chaque véhicule, les participants sont répartis comme il suit (Tableau 8) :

Tableau 8 : Exercice tunnel de la Défense, répartition des participants dans les véhicules

	chauffeur		passagers	
	observateur	acteur	observateur	acteur
VL	1 "identifié"	0	1 "anonyme"	2
minibus	0	1	2 "identifié" 2 "anonymes"	15

[69] Ce logiciel est évoqué dans le chapitre 4.

1.3.2.2. Pour les usagers

Vingt-sept personnes ont joué le rôle des usagers. Elles ont été recrutées par la DIRIF via une société spécialisée pour la participation à un exercice de sécurité routière. Elles ont été informées à minima de l'objectif et du scénario de l'exercice afin de pouvoir observer leur comportement naturel.

➘ Le **briefing** des usagers s'est déroulé en présence des observateurs « identifiés » et « anonymes ». Il est signifié la présence des observateurs « identifiés » qui sont présentés comme référents en cas de besoin. Il est précisé que les usagers doivent suivre les consignes que les observateurs « identifiés » peuvent donner par mesure de prévention ou d'organisation. Par ailleurs, des consignes sont données concernant les mesures de sécurité vis à vis des véhicules présents et le signal sonore de fin d'exercice.

L'objectif divulgué vise à recueillir le point de vue des participants sur une situation particulière de trafic routier. Il est donné comme consigne : *« Imaginez que vous êtes dans votre véhicule pour un trajet ordinaire (travail, …). Vous allez être confronté(e) à une situation particulière, agissez le plus naturellement possible comme si vous étiez dans une situation réelle. ».*

Une étiquette indiquant le numéro de véhicule est remise à chaque usager ainsi que les coordonnées de la personne à contacter en cas d'urgence.

Après le briefing des acteurs, un entretien individuel a été organisé avec le chauffeur du minibus pour lui donner des consignes particulières (suivre le véhicule qui précède, etc.).

➘ Le **débriefing** a eu lieu uniquement en présence des usagers recrutés. Il dure environ une heure et comprend :

- un questionnaire écrit individuel[70] ;
- un retour sur l'évaluation (précisions sur l'objectif, les attentes, etc.) ;
- la mise en commun des impressions.

1.3.2.3. Pour les observateurs

Concernant la collecte de données, **vingt personnes** (chercheurs et étudiants choisis dans le domaine de la gestion des risques) sont positionnés à des endroits stratégiques (véhicules, etc.) pendant l'exercice afin de recueillir des données à partir d'interviews, questionnaires, observations et analyse de documents (multimédia). Elles ont été réparties selon des missions spécifiques :

- **huit observateurs « anonymes »**, à bord des véhicules, dont le rôle est d'observer le comportement des acteurs sans les influencer ;
- **dix observateurs « identifiés »**[71], à bord des véhicules et dans le tunnel, ont pour rôle supplémentaire la responsabilité et la prise en charge des acteurs vis à vis de la sécurité ;

[70] Cf. Annexe 5-A.
[71] A l'aide d'une couleur de gilet différente.

- **deux intervieweurs**, dans les locaux de la DIRIF, ont organisé les briefings et les interviews.

Dans la mesure où des acteurs ont été recrutés pour assurer le rôle des usagers, il a été convenu que les observateurs « anonymes » interfèrent le moins possible dans les réactions des acteurs.

➘ Au cours du **briefing** des consignes communes à tous (neutralité de chacun pendant l'exercice, présence d'un signal sonore de fin d'exercice, etc.) puis des consignes particulières ont été données en fonction de la position et du rôle de chacun.

Les observateurs « identifiés » sont référents en cas de problème et, si besoin, une autre personne est désignée comme référente à appeler en cas d'urgence ou de difficulté. Ils calquent leur comportement sur celui des acteurs qui sont dans les véhicules. Ces observateurs doivent suivre les acteurs dont ils ont la charge. A la fin de l'exercice, ils prennent en charge les acteurs et les observateurs « anonymes » pour le retour aux véhicules.

Deux observateurs sont positionnés dans le tunnel, l'un au niveau du foyer de l'incendie et l'autre dans l'issue de secours. Ce dernier devra rester au niveau de la porte de sortie donnant sur l'extérieur pour ne pas influencer les acteurs dans leur cheminement et pour leur signaler la fin de l'exercice.

Les observateurs « anonymes » doivent suivre un acteur sans dévoiler leur rôle particulier. Cependant, en cas d'extrême nécessité, ils peuvent se faire connaître en tant qu'observateur et donner des consignes de sécurité particulières par rapport au déroulement de l'exercice.

➘ Le **débriefing** des observateurs, séparé de celui des usagers, se déroule en deux temps : un questionnaire[72] écrit rédigé individuellement puis mise en commun des points saillants des observations.

[72] Cf. Annexe 5-B.

1.4. Récapitulatif des autres exercices

En plus des deux exercices pour lesquels nous avons mis en place un protocole expérimental précis, nous avons participé à d'autres exercices qui ont permis d'enrichir nos connaissances sur le comportement humain et le retour d'expérience. Ces exercices se répartissent en deux catégories : ceux pour lesquels il y a eu interviews et/ou observations du comportement et ceux pour lesquels l'observation était plus générale.

Les notes concernant les premières observations faites sur le terrain sont enregistrées de façon chronologique. Pour faciliter la prise de notes au cours des exercices et l'analyse des informations, nous avons élaboré et utilisé une grille de recueil d'informations[73].

1.4.1. Exercices avec observations et/ou interviews des usagers

Selon les possibilités, entre 2006 et 2008, nous avons contribué à six exercices de sécurité de ce type et à une phase d'évaluation dans le cadre du projet « auto-évacuation » de la DIRIF.

Quelques **commentaires sur les points communs** à ces exercices peuvent être faits avant de présenter leurs spécificités :

- ils s'inscrivent dans le cadre réglementaire et leur objectif principal vise à tester ou évaluer les consignes et leur mise en œuvre par le personnel, tester les plans de secours et/ou les moyens techniques (communication, etc.), etc. ;
- leur organisation est conjointe avec les services publics de secours et les services de police concernés. Dans le cas où le scénario ne prévoit pas leur participation, ils sont à minima informés du déroulement de l'exercice ;
- ils ont lieu en soirée, le plus souvent entre 20h00 et 00h00 ;
- le scénario prévoit des véhicules qui gênent la circulation et/ou l'intervention des secours, des dispositions sont prises pour faire arrêter les véhicules à un point donné, le plus souvent ces derniers sont escortés à l'intérieur du tunnel depuis l'extérieur ;
- des mannequins plastiques sont parfois utilisés pour représenter les personnes blessées ou décédées ;
- des observations (autres que les nôtres), les briefings et débriefings sont réalisés par les services exploitant concernés et pour des besoins qui leurs sont propres.

Un tableau récapitule les caractéristiques principales de ces exercices sans reprendre les éléments communs précédemment cités (Tableau 9). Les informations ne sont pas toutes du même niveau, elles sont parcellaires mais visent surtout à donner une description générale car leur analyse et leurs résultats ne seront pas détaillés.

[73] Cf. Annexe 3-B.

Tableau 9 : Récapitulatif des exercices avec interviews et/ou observations du comportement des usagers

tunnel	organisateurs	scénario	participants	rôle, méthodes et outils	profil des interviewés
Orelle * 3680m * monotube, bidirectionnel	SFTRF	* 1 PL en feu * 2 autres PL et 1 VL impliqués (1)	9 usagers * 5 indemnes et 4 blessés * joués par les personnels des services organisateurs	* observateur identifié, à bord d'un véhicule * briefing des participants : consignes précises sur le comportement à adopter * pendant l'exercice : fiches d'observation papier * en fin d'exercice : entretien collectif, témoignage écrit par questionnaire	* 7 interviews dont 2 blessés * nationalité française
Loyasse (ferroviaire) * 1419m * monotube, bidirectionnel	Préfecture / SNCF	* motrice thermique du train en feu	25 usagers * 20 indemnes et 5 blessés dont 1 personne à mobilité réduite (fauteuil roulant) * joués par les personnels des services organisateurs et des élèves sapeurs-pompiers * conducteur et contrôleur du train	* observateur identifié, positionné à l'extérieur du train * briefing des participants : les indemnes ont pour consigne d'agir naturellement et les blessés doivent agir selon des indications précises * pendant l'exercice : fiche d'observations papier * en fin d'exercice : entretien individuel, questionnaire	* 5 témoignages d'usagers indemnes (4 hommes, 1 femme) * nationalité française * moyenne d'âge : 43 ans * utilisation fréquente des trains pour des trajets professionnels et/ou privées * tous ont l'expérience d'exercices d'évacuation en bâtiments scolaires ou professionnels
Chat * 1488m * monotube, birectionnel	Conseil général	* 1 VL en feu * 3 autres VL impliqués * plus d'éclairage	quelques usagers joués par les sapeurs-pompiers	* observateur identifié, à l'extérieur et l'intérieur du tunnel * pendant l'exercice : fiche d'observations papier * en fin d'exercice : entretien individuel, questionnaire	* 1 usager
Fréjus * 12895m * monotube, bidirectionnel	GEF	* convoi exceptionnel sous escorte * suite à un accident, un PL du convoi a une fuite d'azote (épais nuage de fumée blanche) * 19 véhicules impliqués: 7 VL, 4 PL, 1 bus et 7 PL TMD en escorte	plus de 60 usagers * joués par les personnels des services organisateurs (exploitants et pompiers), de la préfecture et des cabinets d'étude * quelques uns sont observateurs * quelques uns jouent le rôle de blessés, 1 personne joue le rôle d'une PMR (béquilles)	* observateur impliqué, positionné dans un véhicule léger * briefing des participants : les indemnes ont pour consigne d'agir naturellement et les blessés doivent agir selon des indications précises * pendant l'exercice : fiches d'observations papier	néant
		* combinaison de plusieurs actions: début d'incendie non maîtrisable, succession d'accidents dans le sens opposé de circulation * plusieurs VL, PL et 1 bus sont impliqués	de nombreux usagers joués par les personnels des services organisateurs (exploitants et pompiers)	* observateur impliqué, positionné dans un véhicule léger * briefing des participants : consignes précises sur le comportement à adopter * pendant l'exercice : fiche d'observations papier	néant
Thiais-FFF * 740m * bi-tubes, monodirectionnels	DIRIF / DEDALE	* pas de dégagement de fumée * 10 VL appartenant aux usagers	10 usagers * recrutés par une société spécialisée * indemnes	* observateur identifié, à bord d'un véhicule * briefing des participants : pas de consigne précise sur le comportement à adopter * pendant l'exercice : fiches d'observation papier * en fin d'exercice : entretien collectif, témoignage écrit par questionnaire	* 10 usagers

(1) L'instrumentation de cet exercice visait à évaluer la perception de l'intervention des secours (pompiers) par les usagers.

1.4.2. Exercices « divers »

En plus des exercices pour lesquels nous avons conduit des interviews et/ou des observations sur le comportement des usagers en situation d'évacuation, nous avons pu participer à d'autres exercices de sécurité qui ont élargi nos connaissances en matière de gestion des risques et de comportement en situation de danger.
En partenariat avec l'équipe de Wybo, en 2006, nous avons participé à deux exercices en tant qu'observateur identifié. Ils nous ont permis d'être observateur privilégié dans des exercices de grande ampleur.

L'exercice « attentat multi-sites » a été organisé par la ville de Lyon dans le cadre d'un exercice de sécurité civile simulant un triple attentat terroriste. Cet événement est une première nationale par son ampleur (trois sites touchés, 1600 personnes impliquées, 220 victimes) et par la participation de l'institution judiciaire. Le scénario est semblable à celui des attentats de Londres en juillet 2005. Notre objectif visait à observer, à partir d'une fiche d'observations papier et d'enregistrement audio, la coopération inter-services au sein du Centre Opérationnel Départemental (les coopérations entre personnes et services, informations/documents partagés, les missions partagées, etc.).

Nos observations sont utiles pour comprendre plus largement, lors de la gestion de crises, le fonctionnement et l'organisation des différents services à un niveau stratégique.

L'exercice dans le tunnel de Fourvière a été organisé par la communauté urbaine de Lyon (COURLY). Dans le scénario, suite à un accident, une camionnette prend feu. Il impliquait trois véhicules (une camionnette et deux véhicules légers) et cinq plastrons. Ces derniers étaient joués par des personnes des services organisateurs et devaient gérer l'organisation technique de l'exercice. Ils jouaient des rôles prédéfinis. Les CRS[74] et le SDIS[75] ont participé à cet exercice dont l'objectif était centré sur l'évaluation de la coordination des différents services et personnels « exploitant » (y compris services de secours).

Un exercice organisé par la SFTRF, en 2007, **dans le tunnel d'Aiguebelle** avait pour thème un accident PL/VL durant une phase de travaux en tunnel. Il y avait six personnes impliquées parmi lesquelles deux étaient indemnes et quatre autres blessées. Dans cet exercice, les usagers étaient joués par le personnel « exploitant » et avaient un rôle précis attribué. Cet exercice a été l'occasion de participer à l'observation des opérateurs en activité au cours de la gestion d'un événement.

Par ailleurs, nous avons pu également observer le déroulement d'un exercice sur table avec les cadres des sapeurs-pompiers et des personnels SFTRF. Cette expérience nous a dévoilé un autre aspect de l'organisation d'un évènement.

[74] Compagnies Républicaines de Sécurité.
[75] Service Départemental d'Incendie et de Secours.

Après avoir exposé nos différentes interventions lors d'exercices de sécurité, nous allons évoquer les résultats les plus significatifs d'entre eux. Les résultats des exercices « divers » permettront d'étayer certains de nos propos.

2. Le comportement des usagers au cours des exercices de sécurité

Nous allons présenter les principaux résultats des trois expériences les plus significatives.

2.1. Enseignements de l'exercice d'Orelle

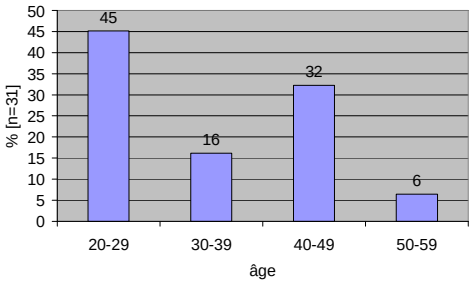
Les données sur le comportement des usagers sont recueillies à partir des témoignages et de données complémentaires obtenues avec les compte-rendus réalisés par les observateurs à l'issue de l'exercice[76]. L'analyse porte principalement sur les compte-rendus des douze observateurs « anonymes » et des observateurs présents au poste de contrôle (PC) exploitant et en salle CCO[77].

Lors d'évènements, la communication entre les différents acteurs de la sécurité et les usagers est essentielle pour la compréhension de la situation et la prise de décision pour agir voire gérer la situation. Ainsi, l'analyse des compte-rendus est orientée sur les informations échangées entre les usagers, les personnels « exploitant », les sapeurs-pompiers et les gendarmes.

2.1.1. Le profil des participants[78]

Parmi les trente et un usagers ayant répondu à cette partie du questionnaire, deux personnes déclarent avoir déjà vécu un événement en tunnel et près de 26% ont joué le rôle d'usagers blessés (intoxiqués, mal au dos, etc.). Presque **autant de femmes que d'hommes** ont participé à l'exercice. Plus de 80% des personnes sont de nationalité française et environ 20% de nationalité chinoise parlant peu le français. **La moyenne d'âge est d'environ 34 ans ;** la majorité des participants a entre 20 et 29 ans et presque un tiers a entre 40 et 49 ans (Figure 48).

Tous les participants ont déjà emprunté un tunnel au moins une fois dans leur vie et **plus des deux tiers utilisent fréquemment voire très fréquemment les tunnels**. Un tiers des usagers emprunte pour la première fois le tunnel d'Orelle.



[76] Cf. Annexe 4-C.
[77] Centre de Coordination Opérationnel.
[78] Cf. Annexe 4-B.

Figure 48 : Exercice tunnel d'Orelle, répartition des usagers selon l'âge (%)

Parmi les vingt-huit réponses obtenues à la question *« Vous traversez un tunnel. Quel adjectif utilisez-vous pour qualifier cette traversée ? »*, nous observons une hétérogénéité dans les adjectifs utilisés. En effet, environ 14% donnent deux adjectifs et font le lien entre *« sécurité »* et *« rapidité »*, *« angoissant »* et *« étouffant »* ou entre *« long »* et *« étouffant »*. Pour près de 10% des usagers, la traversée d'un tunnel est associée à quelque chose de *« classique »* voire de *« monotone »* ou provoquant *« l'endormissement »*. Pour 10% la traversée est associée à *la « rapidité »* et 14% à la *« sécurité »*. Il est remarqué que **plus de 50% définissent la traversée comme *« étouffante »* ou *« angoissante »*.**

Ces chiffres sont à rapprocher des résultats de l'enquête menée à grande échelle dans le projet ACTEURS et qui montre que la traversée d'un tunnel est plutôt indifférente pour plus de 70% des usagers interrogés. Le retour d'expérience réalisé sur des évènements réels fait également apparaître que la plupart des usagers qualifie la traversée d'un tunnel comme *« indifférente »*. Les réponses sont-elles liées au contexte dans lequel s'insèrent les tunnels observés (fréquentés le plus souvent par des habitués) ou sont-elles liées à l'implication des participants dans un exercice ? Il pourrait être intéressant d'approfondir cette question dans une étude future.

Un seul a déjà vécu un évènement en tunnel : arrêt de véhicules dans le tunnel du Fréjus, l'expérience qu'il en retient est de ralentir suffisamment tôt pour respecter la distance de sécurité.

2.1.2. Le modèle du temps d'évacuation

Les travaux réalisés sur les comportements en situation d'évacuation (Boer, 2002 ; Proulx, 2001a, 2007c ; Noizet, 2005a ; Proulx & al., 2006,) et l'analyse des compte-rendus d'observations, nous ont conduit à décomposer le cheminement des usagers au cours d'une évacuation en plusieurs phases. Ces phases, décrites ci-après, sont déterminées en fonction du lieu où les usagers se situent : le véhicule, le tunnel, l'abri, la gaine d'évacuation, le point de regroupement des victimes (PRV) et le poste médical avancé (PMA). Ce découpage laisse la possibilité d'associer des temps à chaque phase. Les trente-deux témoignages recueillis à la fin de l'exercice corroborent certains points énoncés et donnent d'autres éléments de réflexion. Dans ce cas précis, l'événement a duré près de trois heures.

2.1.2.1. A bord du véhicule

A t=0, **les véhicules s'immobilisent dans le tunnel**. Par la suite, deux types de comportement sont observés : ceux qui restent à bord du véhicule et ceux qui en sortent.

Parmi les vingt-neuf témoignages, il est observé que **un tiers des usagers restent dans leur véhicule**. Parmi eux, quelques-uns sont des usagers blessés qui ne peuvent pas sortir du véhicule, d'autres décident de rester avec eux pour les aider et d'autres ne bougent pas car ils ne comprennent pas ce qui se passe et/ou attendent les secours. Un usager, extérieur au contexte « tunnel », témoigne qu'il *« Attend que les pompiers le prennent en charge et lui donnent la consigne. »* car pour lui *« C'est ce qu'il y a de plus sûr, c'est la bonne stratégie. »*. Une personne de nationalité chinoise, avec peu de connaissance sur les

tunnels, témoigne qu'elle attend parce qu'elle *« Ne comprend pas bien ce qui se passe. »*, elle attend des informations sur la situation avant d'agir. De même, l'analyse d'évènements réels montre que les usagers ont des difficultés à comprendre ce qui se passe et cherchent des informations sur la nature de l'événement et les consignes de sécurité.
Ces personnes restent **entre 10 et 15 minutes** dans le véhicule avant de cheminer dans le tunnel pour rejoindre un abri.

Deux tiers des usagers sortent rapidement du véhicule après son arrêt (en moins de cinq minutes). Cependant l'analyse d'événements réels montre que si la distance les séparant du véhicule à l'origine de l'événement est grande, les usagers patientent plus longtemps dans, ou à proximité, des véhicules. Le fait de participer à une simulation a pu influencer leur réactivité.

Durant l'interview, il était demandé aux usagers *« A quel moment et comment avez-vous compris la réalité de la situation ? »*. 40% ont reçu l'information par les services de secours et les usagers. Au travers des résultats, il apparaît que plusieurs facteurs peuvent aider les usagers à comprendre la réalité de la situation : la présence de fumée, la perte d'éclairage, l'arrêt du véhicule, la présence d'autres usagers, une personne venant les informer ou l'information donnée par une personne, la sirène des pompiers et la température. Ces facteurs peuvent se combiner de manière différente, et en général plusieurs sont cités.

2.1.2.2. Dans le tunnel

Une fois la décision prise de sortir du véhicule, les usagers avancent dans le tunnel. Plusieurs usagers utilisent les postes d'appel d'urgence situés dans les niches d'appel pour donner l'alerte et/ou pour obtenir des renseignements sur la situation. Selon leur niveau de compréhension de la situation et de la gravité du danger, les usagers sont dans le tunnel **pendant 2 à 25 minutes**. Il semble que les usagers qui ont connaissance de la gravité de la situation rejoignent un abri plus rapidement. **Près de 60% des usagers arrivent en moins de 10 minutes dans un abri.** En revanche, quelques personnes marchent jusqu'à 25 minutes dans le tunnel pour se rapprocher du poids lourd afin de comprendre ce qui passe ou pour aller chercher des personnes qu'elles connaissent. Dans cette phase, les usagers cherchent de l'information dans le tunnel (appel PAU, signalisation, signalétique) pour savoir ce qu'ils doivent faire et aussi pour repérer l'abri le plus proche.

Les interviews montrent que, dans le tunnel, **plusieurs usagers s'interrogent sur le sens d'évacuation**. Ceci amène deux personnes à quitter leur groupe et à changer de direction pour partir à l'opposé des fumées.
Parmi les nombreux usagers qui ont utilisé les niches d'appel et qui n'arrivaient pas à joindre le PC de l'exploitant, une personne a utilisé son téléphone portable. Ce comportement a déjà été observé au cours d'évènements réels.

La présence de l'opérateur ou des pompiers rassure les usagers et peut les aider à diminuer leur stress. De même, la présence de pairs peut influencer la prise de décision des usagers. Quelques-uns soulignent un comportement plutôt individuel *« Sans se soucier*

des autres et des blessés. ». La plupart des usagers se sent néanmoins rassurée par la présence des autres.

2.1.2.3. Dans l'abri

Arrivés dans les abris, les usagers vont attendre **entre 15 et 50 minutes** pendant lesquelles ils s'interrogent sur ce qui se passe, cherchent de l'information dans l'abri ou auprès des opérateurs par le biais des PAU. **Le temps d'attente semble très long pour plus de 40% des usagers que ce soit pour obtenir une réponse de l'opérateur par le PAU** (3 minutes) **ou pour l'arrivée des pompiers** (15 minutes).

Sans information sur la nature de l'événement, l'attente des pompiers leur paraissant tellement longue, deux personnes, ayant une bonne connaissance de la stratégie de sécurité en tunnel, ressortent de l'abri après environ 15 minutes d'attente. Elles témoignent *« On ne se sent pas en danger et on a envie d'aller voir ce qui se passe. »*, *« Nous ne tenons pas compte de l'écriteau sur la porte interdisant le retour en tunnel ni des consignes données au PAU par l'opérateur. »*. Après avoir trouvé un abri, un autre usager en ressort instantanément pour aller porter secours à un usager blessé resté dans un véhicule.

2.1.2.4. Dans la gaine d'évacuation

A la suite de cette troisième phase, les usagers vont évacuer par la gaine d'évacuation menant à l'extérieur du tunnel. La plupart des usagers évacuent par la gaine en présence des pompiers, comme cela est prévu dans le plan d'intervention et de sécurité (PIS) de l'exploitant. Cependant un groupe de plusieurs personnes a pris la décision d'évacuer seul par la gaine. Il est à souligner que des observateurs pompiers, présents dans l'abri, ont donné l'information aux usagers *« Fuite de gaz sur un poids lourd, froid intense à –25°C. »* afin de tester leurs réactions comme en situation réelle. Ces informations ont pu avoir une influence sur certains usagers qui ont « forcé » la porte de sortie donnant sur la gaine d'évacuation puis ont évacué seuls pendant 25 minutes avant que d'autres pompiers les rejoignent dans la gaine.

2.1.2.5. Au PRV et au PMA[79]

Comme stipulé dans le PIS, un point de regroupement des victimes est établi aux niveaux des trois sorties du tunnel. Les gendarmes et les pompiers font le point sur l'état de santé, le nombre et l'identification des usagers. Par la suite, les usagers sont transportés au poste médical avancé où un bilan de santé est réalisé par un médecin. En ce lieu, ils sont interviewés.

Dans les interviews, parmi les vingt-huit réponses analysées à la question *« Que s'est-il passé dans le tunnel ? »* près de **40% des usagers ont connaissance de la nature de l'événement** parce que certains pompiers ou certains usagers le leur ont dit, plus de 28% ont une interprétation erronée (incendie ou accident) qui peut être influencée par les moyens (fumigènes) utilisés pour simuler l'événement (azote) et plus de 28% témoignent ne pas avoir eu d'informations.

[79] Point de Regroupement des Vicimes, Poste Médicale Avancé.

L'ensemble de ces résultats nous ont conduit à modéliser le temps d'évacuation des usagers au cours de l'exercice.

2.1.2.6. Bilan : un premier modèle du comportement des usagers

Afin de synthétiser cette phase de l'analyse des résultats, un modèle du comportement des usagers en situation d'évacuation est proposé (Figure 49). Il résume les éléments communs dégagés de l'analyse des compte-rendus des observateurs « anonymes » et des recueils de témoignage.

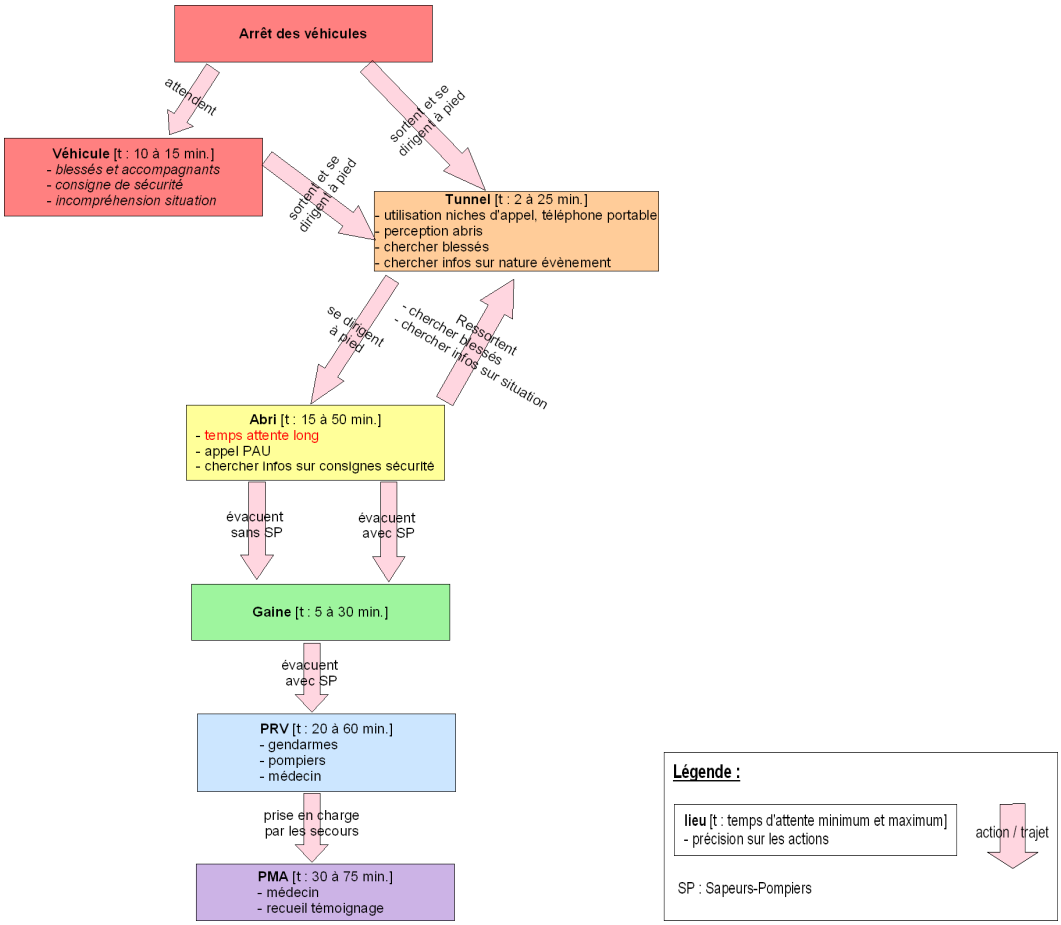


Figure 49 : Exercice tunnel d'Orelle, modèle du comportement des usagers en situation d'évacuation

2.1.3. Le circuit de l'information

Dans le cadre de l'analyse de l'exercice, le circuit de l'information est défini comme la représentation des informations possédées et transmises par les acteurs de l'événement.

L'analyse des témoignages puis des douze compte-rendus d'observations des usagers, orientée sur leur vécu de l'événement et leurs communications avec les services institutionnels (exploitant et services de secours), montre que tout au long de l'exercice **les échanges concernent principalement** trois types d'informations :

- **la nature de l'événement ;**
- **les consignes de sécurité ;**
- **le nombre et l'état de santé des usagers.**

Les deux premiers points correspondent aux questions clés auxquelles les usagers cherchent des réponses afin de comprendre ce qui se passe (prise de conscience du danger) pour mettre en place une stratégie d'action (évacuation) adaptée à la situation. A ces questions s'ajoute le besoin de connaître le temps d'attente des secours.

Cette observation est confirmée par l'analyse du circuit de ces informations au sein du PC[80] réalisée à partir des témoignages, des compte-rendus d'observations et complétée avec le recueil des données de l'événement du PC (fiche d'exploitation). Il apparaît seize communications entre les usagers et les régulateurs/opérateurs.

➘ Les usagers témoignent que les réponses exprimées par le PC de l'exploitant, lors des appels donnés par PAU, peuvent être rassurantes. Un usager relève que *« Le son de la voix est rassurant. »*. Cependant, *« Ne pas donner d'information incite à aller en chercher, donner de l'information sur l'événement rassure. »*. Seulement **12% des communications font état de la nature de l'événement**. Une équipe de pompiers, 40 minutes après le début de l'événement, donne à deux usagers présents dans un abri l'information précise *« Il y a un incident avec un poids lourd et une fuite d'azote, il n'y a pas de danger mais un froid intense. »*.

En parallèle à cette recherche d'information, les usagers cherchent à recevoir des consignes de sécurité et à comprendre ce qu'ils doivent faire. Certains usagers expliquent qu'ils cherchent aussi à savoir quels secours ils peuvent apporter aux blessés. **Les régulateurs/opérateurs du PC donnent des consignes dans 69% des échanges recensés.** Toutefois il énonce des consignes générales, sans donner du sens pour l'usager (pourquoi, nature de l'événement). Lors des communications entre le PC de l'exploitant et les usagers par les PAU des niches de sécurité il leur est demandé de *« Rejoindre l'abri le plus proche. »*. Une fois dans l'abri, il leur est dit *« Rester dans l'abri. Ne vous inquiétez pas. Vous êtes dans un abri confiné. Restez à l'intérieur, les pompiers vont arriver. »*. On remarque que les pompiers donnent le même type d'information. Ces informations sont

[80] Cf. Annexe 4-D.

nécessaires mais ne suffisent pas à diminuer l'incertitude des usagers ni à confirmer l'état d'urgence de la situation.

L'analyse de l'exercice confirme certains résultats obtenus dans le projet ACTEURS (chapitre 2). En effet, les usagers connaissent mal les dispositifs de sécurité mis à leur disposition, soit ils n'ont pas connaissance de leur existence soit ils ne comprennent pas leur fonction.

➘ A travers les communications, il apparaît que les services institutionnels ont pour priorité de dénombrer les personnes présentes, de faire **le point sur leur position et leur état de santé**. Parmi les seize communications recensées entre le PC de l'exploitant et les usagers, onze (soit **69%**) font état d'un échange d'informations sur ces questions. A deux reprises le PC rappelle certains usagers dans les abris pour valider ces informations. De même, certains usagers expliquent que des pompiers rentrent dans l'abri et confirment ces informations mais ressortent sans donner en retour des explications supplémentaires. Ces éléments montrent que l'organisation actuelle des services institutionnels n'accompagnent pas suffisamment les usagers dans la compréhension de la réalité de la situation et dans les actions à mettre en oeuvre en fonction de cette situation. Cependant, comme il a été démontré dans de nombreux travaux (Proulx, 2001a, 2007b ; Papaioannou & Georgiou, 2003), la présence d'une personne assimilée à une autorité (personnel de l'exploitant ou sapeurs-pompiers) rassurent les usagers. Ils tendent à suivre les consignes qu'elle peut donner. Le Tableau 10 reprend les informations les plus récurrentes dans les communications entre le PC et les usagers.

Tableau 10 : Exercice tunnel d'Orelle, informations recensées dans les communications usagers – opérateurs (%)

Type d'information échangée	Usagers (nombre, état de santé, position/véhicule)	Nature de l'évènement	Consignes de sécurité
Communications recensées (%, n=16)	69%	12%	69%

Après avoir énoncé les résultats du premier exercice instrumenté, ceux de l'exercice dans le tunnel de la Défense sont présentés.

2.2. Enseignements des exercices réalisés avec la DIRIF

2.2.1. Exercice dans le tunnel de la Défense[81]

L'exercice n'avait pas pour objet de faire intervenir les secours. Cependant ayant reçu un appel, leur présence était effective dans le tunnel dès le début de l'exercice. Les véhicules utilisés pour l'exercice étaient arrêtés derrière le camion des sapeurs-pompiers. Ceci a indéniablement joué un rôle sur le comportement des usagers qui, pour la plupart, n'ont pas cherché à donner l'alerte.

2.2.1.1. Profil des participants[82]

Les usagers sont **autant représentés par des hommes (52%) que par des femmes (48%)**. La moyenne d'âge du groupe est de 38 ans. 59% des participants ont entre 18 et 45 ans mais dans l'ensemble les différentes classes d'âge sont représentées (Figure 50).
La majorité est de nationalité française (85%) et une minorité est d'origine africaine (Maroc, Algérie, Congo). 67% des usagers sont employés en intérim, 22% sont étudiants et 11% sont retraités.

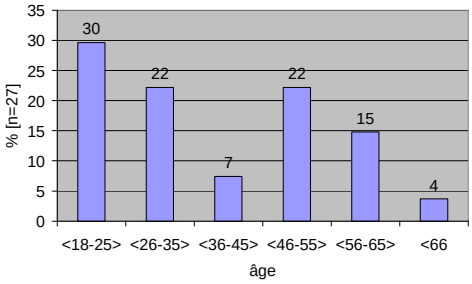


Figure 50 : Exercice tunnel de la Défense, répartition des participants selon l'âge (%)

On remarque que 52% des participants ont le permis B avec une **longue expérience de conduite** (Figure 51) et presque autant ne l'ont pas (48%). 41% ont déjà vécu l'expérience d'une évacuation (incendie réel ou exercice de simulation pour la plupart) et 59% sont novices. De plus, **ils sont 60% à emprunter un tunnel fréquemment voir très fréquemment** (Figure 52).

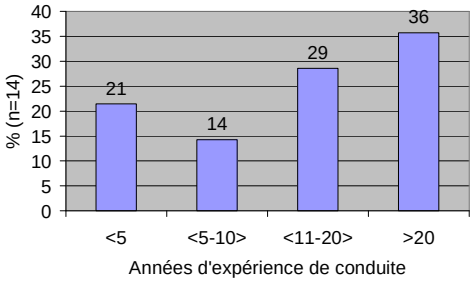


Figure 51 : Exercice tunnel de la Défense, répartition des participants selon l'expérience de la conduite (%)

[81] Cf. Annexe 5-D.
[82] Cf. Annexe 5-C.

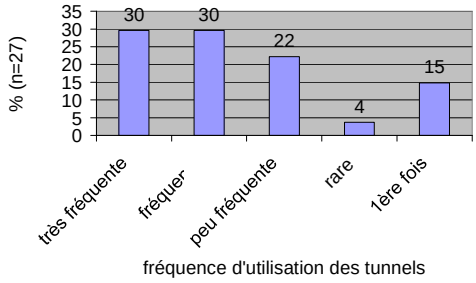


Figure 52 : Exercice tunnel de la Défense, répartition des participants selon la fréquence d'utilisation des tunnels (%)

2.2.1.2. Témoignages des usagers et des observateurs

La présence de fumée est l'indice qui fait comprendre à la majorité des usagers qu'un fait anormal a lieu dans le tunnel. La moitié des acteurs citent au moins un autre élément les ayant aidés à le comprendre (présence des pompiers, d'autres véhicules, etc.). Ceci montre que les usagers ont besoin de plusieurs informations pour être convaincus de l'existence d'une situation anormale. La majorité des acteurs a compris que l'évènement simulé était un incendie.

Ces éléments ne suffisent pas pour créer du stress et déclencher le comportement d'évacuation chez les usagers. Ces derniers s'attendaient *« A quelque chose de pire comme un accident avec des blessés, (...). »*. Ceci souligne qu'ils ne semblent pas connaître les dangers et risques que représente un incendie en tunnel.

Les témoignages des observateurs indiquent qu'à l'arrêt des véhicules, les usagers sont d'abord dans l'expectative puis l'un d'entre eux, sur l'initiative d'un observateur, sort du véhicule pour rejoindre une issue de secours et les autres usagers imitent ce comportement. Certains observateurs soulignent la nécessité de donner une alerte pour aider à déclencher le comportement d'évacuation.

Le vocabulaire utilisé par les usagers est différent de celui des professionnels des tunnels. Par exemple, les premiers ont tendance à parler de *« sortie de secours »* et les seconds *« d'issue de secours »*. Ce type de différence est à prendre en compte pour communiquer avec l'usager.

Cet exercice met en évidence l'attitude passive des usagers en cas d'incendie dans un tunnel pendant les premières minutes de l'évènement. Avant d'évacuer les usagers ont besoin de connaître la nature de l'évènement (y compris les dangers associés) et d'être sûrs que le comportement d'évacuation est le plus adapté à la situation. Pour les aider, ils ont besoin d'une consigne claire qui leur en donne l'ordre.

Le comportement observé est à comparer à celui relevé lors de l'évaluation de la maquette dans le tunnel de Thiais FFF en novembre 2007. Ces résultats seront également à comparer au comportement observé dans des situations réelles et exercices après le déploiement des dispositifs de sécurité prévus dans les tunnels d'Ile-de-France.

Il est à souligner l'important investissement de la part de la DIRIF qui s'est appropriée les éléments d'organisation des exercices « instrumentés » proposés par l'équipe de chercheurs. La présence du personnel de l'exploitant en tant qu'observateur dans le tunnel

et dans les véhicules permettent une meilleure appréhension de la réalité du comportement des usagers.

2.2.2. Evaluation dans le tunnel de Thiais FFF (projet « auto-évacuation »)

2.2.2.1. Rappel sur le contexte

Cette expérience, dont l'objectif était d'évaluer en vraie grandeur, auprès de personnes recrutées pour l'occasion, une maquette composée de dispositifs de sécurité visant à favoriser l'auto-évacuation des usagers, a été présentée dans le chapitre 3. Nous rappelons ici brièvement quelques éléments de son déroulement pour situer notre intervention.

Trois situations ont été testées dans le tunnel de Thiais avec la participation de dix usagers « naïfs », recrutés pour participer à l'évaluation. Celle-ci s'est déroulée en deux temps :

- un premier passage dans le tunnel en situation de **conduite** (huit usagers) et en situation de **panne** (deux usagers) ;
- un deuxième passage dans le tunnel en situation d'**auto-évacuation**, sans présence de fumée (dix usagers).

Nous avons participé aux évaluations en situation de conduite et en situation d'auto-évacuation.

La première situation nous a permis de visiter le tunnel dans un des véhicules « compères ». Nous avons participé à l'accueil des participants, à leur accompagnement pour répondre au questionnaire et à l'animation du débriefing collectif.
Nous remarquons que les usagers partagent assez facilement leur expérience, deux d'entre eux ont cependant tendance à monopoliser la parole. En attendant la suite de l'évaluation (auto-évacuation), les usagers continuent à partager leur expérience. Ceci a pu avoir une influence sur les réponses données par les participants dans la suite de l'évaluation.

La deuxième situation nous a permis d'observer le comportement des usagers (notamment de deux d'entre eux) dans le tunnel depuis un des véhicules « compères » puis nous avons accompagné ces deux usagers pour répondre au questionnaire avec recueil d'informations complémentaires et participation au débriefing collectif.

2.2.2.2. Observations générales

Nous avons observé que **la réaction des usagers à l'alerte n'est pas immédiate**. Les premiers mouvements d'usagers ont semble t-il été initiés suite au message « Attention, danger, veuillez évacuer par ici. ». Un usager sort précipitamment de son véhicule pour rejoindre à pied l'issue de secours. Un autre gare son véhicule à côté de l'issue, sur la *« bande d'arrêt d'urgence »*. Au moins deux autres usagers auront le même comportement. Il semble que les mouvements de ces deux premiers usagers incitent les autres à agir (imitation). **Le temps d'attente dans les véhicules est assez court et l'évacuation des usagers a été rapide** (entre 5 et 10 minutes environ). A l'extérieur de

l'issue, un usager commente : *«J'ai laissé mes clés dans la voiture pour que les secours puissent enlever ma voiture si besoin. ».*

Les commentaires à « chaud » des deux usagers interviewés suite au questionnaire montrent que pour le premier *« L'écoute des signaux sonores donne envie de bouger. Dans la réalité, je pense que je serais sorti du tunnel. Là c'était un exercice, on ne savait pas ce qu'il fallait faire. C'est difficile, on suit les autres. On se gare pour permettre aux secours d'intervenir. »*. Pour le second *« Au début j'attendais, je ne savais pas trop quoi faire, je voulais avertir les autres (dans la réalité c'est ce que je ferais si je pouvais). Puis je suis sorti et je suis revenu à mon véhicule pour aller chercher les clés de ma voiture. On a déjà entendu des histoires où il y a des gens dans les issues qui viennent vous voler. »*.
Ces personnes ont appris suite à cette expérience à *« Bien repérer les panneaux et aider les gens. »*.

2.2.2.3. Commentaires de l'ensemble des usagers pendant le débriefing

Dans l'ensemble, les usagers paraissent satisfaits de leur expérience, *« On sait maintenant comment ça se passe dans un tunnel. »*.

- **Sur l'alerte**

Si certains messages donnés pendant l'alerte sont parfois perçus ou ressentis différemment par les usagers, ils sont identifiés comme une alerte. Pour les personnes ayant des connaissances sur les risques et dangers des incendies : *« La sirène fait référence à la notion de danger. »*, pour d'autres c'est *« Le clignotement/les chevrons qui font comprendre qu'il se passe quelque chose d'important. »*. Certains usagers soulignent que *« Le message n'est pas assez fort lorsque la fenêtre du véhicule est fermée et que la radio est allumée (même à faible volume). »*. Un usager propose d'augmenter progressivement l'intensité de l'alerte. Pour un autre usager, *« La voix, le message indiquent bien de sortir, donnent bien l'ordre d'évacuer. »*. Cependant, *« entendre parler ça rassure »* et en même temps *« la voix fait peur »*. **Le signal d'alarme paraît jouer son rôle : prévenir d'un danger proche.** Il peut également être source d'autres risques comme le montre le témoignage d'un usager : *« Quand il y a eu le signal, je n'ai pas fait attention, je ne me suis pas posé de question, j'ai filé, je n'ai pas regardé s'il y avait des véhicules qui arrivaient. »*.
Un usager souligne : *« On n'est pas habitué à ce genre de message. »*. Ceci peut influencer le temps d'interprétation et d'analyse des signaux perçus.

- **Par rapport à leur véhicule**

Avant de sortir de son véhicule, un usager souligne qu'il **se pose la question** : *« Est-ce que je suis plus en sécurité en sortant ou en restant dans mon véhicule ? »*. Pour les deux usagers qui semblent avoir des connaissances sur les risques, ils leur apparaît évident qu'en cas de danger ils laissent leur véhicule *« Je sauve ma vie avant de sauver ma voiture. »* alors que pour d'autres *« C'est pas évident de laisser sa voiture. »*. Un usager remarque : *« J'ai pris mes affaires. »*.

✷ **Sur l'évacuation vers l'issue de secours et l'extérieur**

Les usagers soulignent la difficulté rencontrée pour ouvrir la porte de l'issue *(« lourdeur de la porte »*) et le manque d'éclairage dans l'issue et à l'extérieur, *« On vient du noir et on ne sait pas où l'on va. », « On a besoin que ce soit blanc, qu'on sache que l'on va respirer. », « On a besoin d'une voix, c'est plus rassurant, on a l'impression qu'il y a quelqu'un qui s'occupe de nous. »*. Une fois dans l'issue, les usagers ont senti l'air frais et tous n'ont pas entendu le message à l'intérieur de l'issue. La plupart des usagers ne se sont pas arrêtés dans l'issue car *« Il n'y a qu'un seul passage vers la sortie. »* et l'*« On est absorbé par les marches. »*. De plus, un usager remarque *« On n'appelle pas les secours car si il y a l'alerte c'est que les secours sont prévenus. »*.

Il est à noter que **les issues sont bien repérées et comprises par les usagers**. Cependant ils n'ont pas remarqué que les feux-flash continuaient à clignoter. Cela peut souligner un phénomène d'habituation.

✷ **Sur la différence entre l'exercice et la réalité**

Tous les usagers sont d'accord pour dire que l'exercice ne correspond pas tout à fait à la réalité et que leur premier passage dans le tunnel les a peut être influencé, *« On est loin du réel. », « Dans la réalité on est plus nombreux. On aurait attendu plus longtemps dans la voiture puis on se serait précipité. »*. Certains soulignent que leur comportement dans la réalité serait différent de celui adopté pendant l'exercice :

- dans le tunnel *« Je prendrais la sortie la plus proche, la tête du tunnel ou l'issue de secours. », « S'il y a trop de monde dans le tunnel, on ne se met pas sur la droite, on laisse la voiture où elle est. »* ;
- à l'extérieur de l'issue *« Dans la réalité, je me serais éloigné de l'issue. Je ferais le tour par l'extérieur pour aller à la tête du tunnel pour voir ce qui se passe. », « On se pose pleins de questions. Est-ce qu'on va venir me chercher ? Comment je vais récupérer mon véhicule ? Est-ce que la porte de l'issue qui donne sur l'extérieur va se bloquer si je la ferme ? Combien de temps ça va durer ? »*.

✷ **Conclusion**

Le recueil de témoignages d'usagers impliqués dans des évènements en tunnel (réels ou simulés au cours d'exercice) confirme certains points apparus pendant la phase d'auto-évacuation. **Hormis les deux usagers déjà sensibilisés sur les notions de danger et de risque, il n'est pas facile pour les usagers de comprendre que leur vie peut être en danger.** Une fois qu'ils en prennent conscience, certains font attention à garer leur véhicule à droite de la chaussée, ici pour *« laisser passer les secours »*. Pour les usagers, il n'est pas évident de laisser son véhicule, ses clés et/ou ses affaires personnelles (difficulté renforcée par la connaissance des problèmes de vandalisme de certaines issues) dans le tunnel. Certains reviennent à leur véhicule pour récupérer des affaires. **L'évacuation s'accompagne de nombreuses questions** (Qu'est-ce qu'il se passe ? Combien de temps ça va durer et comment le retour au véhicule va t-il se faire ? Est-ce qu'on s'occupe de nous ?, etc.). **Ces interrogations peuvent conduire les usagers à aller chercher de l'information** (aller voir à la tête du tunnel, etc.). Nous remarquons également que le fait

d'entendre une voix rassure les usagers, ils comprennent que « derrière » il y a une organisation qui s'occupe d'eux. L'analyse des évènements réels tend à montrer que les usagers ont besoin de plusieurs informations qui arrivent les unes après les autres pour venir confirmer la nécessité d'évacuer.

Cependant certains points de l'évaluation sont différents par rapport à la réalité. Il est possible que le temps d'échanges entre les usagers pendant l'évaluation, leur premier passage dans le tunnel et leur connaissance de leur participation à une évaluation (les personnes savent qu'elles sont là pour faire quelque chose) aient pu influencer leur comportement lors de la phase d'auto-évacuation. Comme le souligne un usager, le temps d'attente dans les véhicules est plus long dans la réalité. Les usagers tentent d'évacuer par le moyen qui leur semble le plus approprié à la situation vécue : aux têtes du tunnel à bord de son véhicule ou à pied, ou par une issue de secours.

3. Bilan des exercices « instrumentés »

Si les exercices de sécurité habituellement réalisés sont source de connaissances et de formation des personnels « exploitant », la mise en place d'exercices « instrumentés » permette d'aller au-delà des conclusions souvent relevées (tout a fonctionné comme prévu, aspects techniques de la communication, etc.). Par l'analyse approfondie de l'événement et les témoignages des acteurs et observateurs, d'autres aspects apparaissent (utilisation d'un vocabulaire différent, etc.).

Les résultats de l'analyse de plusieurs exercices de sécurité « instrumentés » se recoupent et confirment les observations que nous avons faites sur les évènements réels. Ces observations apparaissent également dans d'autres domaines (évacuation bâtiments, etc.).

L'usager a besoin d'être renseigné sur l'événement, et d'être guidé. Par méconnaissance des faits, il peut avoir un comportement différent de celui attendu voire parfois mettre en danger sa sécurité. Par exemple, certains usagers se rapprochent à pied du véhicule à l'origine de l'événement, d'autres ressortent des issues de secours.

Ces comportements peuvent être également influencés par des difficultés de communication, souvent inévitables dans toute situation d'urgence, avec les personnels « exploitant » (opérateurs de poste de contrôle, pompiers, etc.). Il est à noter que les usagers et les personnels « exploitant » n'ont pas la même représentation de la réalité de la situation.

Les exercices font également apparaître **le besoin et l'intérêt reconnu par le personnel qu'un exercice doit garder le scénario secret** au sein des différentes structures concernées. Témoignage de personnel regrettant que les exercices se bornent souvent à la simple vérification de l'application des procédures : *« Dans les derniers exercices tout était prévu, on a pu réviser les consignes avant, on savait ce qui allait se passer, ça n'a aucun intérêt. », « Les exercices sont des bons entraînements. On en a besoin car parfois il ne se passe rien pendant longtemps puis ça s'enchaîne. ».* **Ce type de simulation est perçue comme source d'expérience par les participants**.

Certains biais ont pu jouer un rôle dans les résultats de l'exercice et doivent être des **axes de vigilance** pour de futurs exercices. Il semblerait en effet que certaines informations aient été diffusées aux participants concernant ceux-ci (presse, etc.). Ce fait a pu avoir des répercussions sur leur comportement. On remarque que la moitié des personnes recrutées ont des problèmes pour écrire en français ce qui a créé une difficulté pour remplir le questionnaire.

Le travail conduit sur les témoignages des acteurs d'un événement et en particulier des usagers, complète celui fait sur les représentations et aide à poser un **diagnostic des relations et des modes de communications entre les usagers et les acteurs institutionnels.**

Pour compléter notre analyse, nous allons étudier les représentations mentales d'un tunnel routier.

Chapitre 7. Etude des représentations mentales d'un tunnel routier

En parallèle à la préparation et à la mise en place de méthodes et outils pour le recueil des témoignages et l'analyse des évènements, nous avons conduit une étude sur la manière dont les usagers et les professionnels se représentent un tunnel routier. Cette étude apporte des éléments de compréhension sur le comportement humain et sur le contexte dans lequel évolue l'usager. Nous évoquons ici ce troisième axe de recherche et ses principaux résultats.

1. Présentation de l'étude

1.1. Les objectifs

Pour De Vanssay (2006), l'analyse et la gestion des situations de crise requièrent de travailler sur les représentations de chacun des acteurs pour **établir des plans de prévention efficaces**. Ceci permet de comprendre les approches parfois contradictoires entre les différents acteurs dans la gestion de crise. En effet, un sujet ou un groupe aborde une situation donnée à partir d'un ensemble d'*a priori*, de systèmes de pensée pré-établis et de schémas interprétatifs qui le conduisent à reconstituer le réel auquel il est confronté et à lui attribuer une signification spécifique, afin d'interpréter les événements et d'anticiper les évolutions possibles de la situation pour décider quel comportement adopter (Lavedrine & Baudet, 2008).

Hubert et De Vanssay, (2006) soulignent l'importance des représentations mentales dans la gestion des crises. Une représentation est *« Le processus et le produit d'une activité mentale par laquelle l'individu ou le groupe reconstruit le réel auquel il est confronté et lui attribue un sens, en fonction de ce qu'il sait, et de ce qu'il croit, de son expérience ou de son vécu et de tout un système de valeurs qui lui est propre (ce n'est pas à la réalité objective que réagit le sujet mais à une réalité reconstruite et interprétée). »* (p. 16).

Dans cette perspective, l'étude du comportement des usagers a débuté par un diagnostic des représentations mentales des professionnels des tunnels routiers (personnels « exploitant » et concepteurs) et des utilisateurs de ces derniers (usagers).

Cet état des lieux a été entrepris afin :

- de **déterminer les éventuels spécificités, points communs et différences de représentation** (y compris des connaissances) d'un tunnel, susceptibles d'exister entre les diverses catégories de personnes interrogées ;
- d'**obtenir des éléments de compréhension sur la communication** entre les acteurs de la sécurité en tunnel et leur comportement au cours des évènements analysés. .

Mise en place dans les premiers mois de la recherche avec les personnels de l'exploitant, l'étude des représentations a également été l'occasion de faire connaître le travail de thèse et ses objectifs au sein de la SFTRF

1.2.La méthode de travail

1.2.1. Choix de l'outil et de la consigne

Le protocole expérimental mis en place pour réaliser le diagnostic est basé sur l'utilisation de la **technique du dessin** qui permet d'apprécier les représentations mentales d'un tunnel à partir de son image.
Cet outil a l'avantage d'être fréquemment utilisé par les psychologues pour la connaissance du fonctionnement cognitif de l'être humain. Le choix de son utilisation est également influencé par les travaux de De Vanssay (De Vanssay, 2003, 2005, 2006 ; Hubert & De Vanssay, 2006) qui utilise **la représentation graphique pour traduire les connaissances ainsi que la représentation mentale et individualisée qu'ont les individus de leur environnement**.

Dans le cadre de notre recherche, cette pratique est originale et « ludique » pour les participants qui sont plutôt habitués à être sollicités pour répondre à des questionnaires. Il est donc approprié d'utiliser le dessin comme moyen d'étude des représentations et connaissances concernant l'objet qu'est un tunnel routier.

Lors de la construction de tests, en psychologie en particulier, une phase du travail est consacrée à la **formulation de la consigne**. Il est important que celle-ci soit comprise par les participants et qu'elle soit efficiente en regard de nos attentes. Notre test doit être le plus fiable et le plus valide possible. Ainsi, un pré-test de la consigne a été réalisé auprès de quelques personnels « exploitant » afin de la valider. La consigne principale de l'étude est : *« Dessinez un tunnel avec les éléments qui sont pour vous les plus importants. »*.

Durant les entretiens, nous avons noté la difficulté que peut représenter le dessin. Certains disent *« C'est moche. »* ou *« Je ne vais pas y arriver, je vais faire des cubes. »*. La consigne s'est avérée pouvoir être comprise de manière différente par les professionnels et les usagers. Pour ces derniers, certains ont dessiné le tunnel idéal ou évoquaient ces aspects dans leur discours. Plusieurs professionnels se sont interrogés sur le point de vue selon lequel il fallait dessiner : *« Il faut dessiner en tant que professionnel ou en tant qu'usager ? »*. Nous précisions que notre intérêt était le point de vue du professionnel. Nous avons remarqué que si les usagers avaient plus de difficulté à se remémorer les éléments présents dans un tunnel, pour les professionnels il était plus difficile de déterminer ceux qui étaient les plus importants parmi l'ensemble existant. Comme le note l'un d'entre eux, *« C'est vague, il y a beaucoup d'éléments. »*. Pour faciliter la compréhension de la consigne et la production du dessin, nous avons proposé aux participants d'imaginer mentalement un tunnel connu et de le reproduire.

1.2.2. Les entretiens

La majorité des entretiens s'est déroulée de manière individuelle. Certains participants ont été reçus lors d'un entretien collectif. Nous présentons les points communs de ces deux types d'entretiens avant d'en donner les spécificités.

1.2.2.1. Eléments généraux

Nous avons conduit, pendant leur temps de travail ou de villégiature, **cent-dix entretiens** auprès de professionnels et d'usagers de tunnel routier. Les entretiens ont eu lieu à différents moments de la journée (Figure 53) et ont duré en moyenne 20 minutes. Seules une minorité des entrevues a duré moins de 10 minutes et une autre minorité près d'une heure.

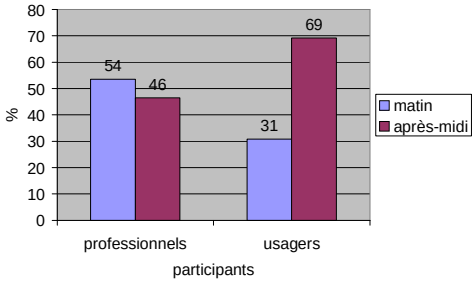


Figure 53 : Etude des représentations mentales, répartition des entretiens selon le moment de la journée (%)

Chaque entretien s'est déroulé selon la trame suivante :

1) **préparation au test (introduction et consignes)**

- il est expliqué que, pour ne pas influencer les résultats, les objectifs du travail demandé seront exposés en fin d'exercice ;
- la consigne de travail est donnée en soulignant quelques recommandations (résultats anonymes, qualité du dessin peu importante, possibilité de dessiner une seule fois un élément présent plusieurs fois dans le tunnel).

2) **temps de réalisation du test**

3) **fin de l'entretien**

- des données concernant le profil de la personne sont recueillies (âge, statut professionnel, expérience professionnelle, expérience de la conduite automobile) ;
- le contexte et les objectifs de l'entretien sont divulgués.

Pour les deux types d'entretiens (professionnels et usagers), nous avons fait en sorte que les trames générales de la procédure expérimentale soient presque identiques afin d'éviter d'introduire des biais dans l'analyse des résultats.

1.2.2.2. Spécificités

La majorité des participants a été reçue en entretien individuel dans une pièce la plus au calme possible afin que chacun puisse se concentrer facilement. La réalisation du dessin terminée, celui-ci a été commenté avec la personne et des éléments de précision ont pu y être apportés. Il est à noter que **deux groupes d'opérateurs et un groupe d'usagers ont été reçus en entretien collectif**. Le protocole est aussi proche que possible de celui de l'entretien individuel.

➘ Au cours de la première session de **formation des opérateurs du CETU**, la consigne de travail est donnée puis le contexte dans lequel s'inscrit le travail demandé est présenté. A la deuxième session une copie des dessins est remise à chaque participant avec pour consigne : *« Si aujourd'hui on vous énonçait la même consigne « Dessinez un tunnel […] » que feriez-vous de différent ? »*, puis suit une séance d'échanges basée sur la méthode Metaplan (Metaplan, n.d.). Sur un post-it, chaque opérateur écrit au maximum trois éléments qu'il souhaite enlever, ajouter ou faire différemment à partir de ce qu'ils ont appris en formation. L'ensemble des post-it est regroupé au tableau par thèmes et donne un point de départ à la discussion.

Cette procédure offre plusieurs avantages. Elle permet de confronter les résultats obtenus au sein d'une société d'exploitation à ceux d'opérateurs travaillant pour d'autres gestionnaires de tunnel et permet de généraliser les résultats. Cette démarche s'inscrit également dans le prolongement de la formation. Elle peut être un outil de connaissance de l'évolution des représentations entre le début et la fin de la formation ou encore un support de communication à partir duquel les opérateurs partagent collectivement leurs expériences. Il est à souligner que l'utilisation de ce type d'outil est réservée à des personnes ayant des compétences en psychologie et formée à utiliser cette technique. Elle doit être réalisée avec déontologie.

➘ Nous avons également conduit notre étude auprès d'un groupe d'**étudiants du Master « Maîtrise des risques industriels ».** Nous l'avons intégrée dans une journée de formation, *« Introduction à la psychologie dans l'analyse des risques »*, que nous avons dispensée. Cette démarche sert de support au dialogue. Elle permet d'illustrer la prise en compte des facteurs humains et organisationnels dans le domaine de la gestion des risques et les moyens pouvant aider à leur intégration. Il est à souligner que ces participants ont des connaissances en matière de gestion des risques. Ils ont été sensibilisés quelques semaines auparavant sur les aspects spécifiques de la sécurité en tunnel routier afin de comparer leurs résultats avec les usagers non sensibilisés.

Les entretiens collectifs permettent d'obtenir un plus grand nombre d'informations en un temps réduit. Cependant, les participants peuvent s'influencer pendant la réalisation du dessin et il n'est pas possible de faire préciser à chacun certains éléments contenus dans les dessins. Ceci peut par conséquent constituer un biais pour l'interprétation de ces derniers.

1.2.3. La grille d'analyse

1.2.3.1. Mise en place

L'interprétation des dessins est basée sur une grille de lecture spécialement élaborée pour faire une analyse qualitative la plus pertinente et la plus objective possible. Malgré des résultats en apparence hétérogènes, en raison de la variabilité existante des tunnels et du vocabulaire utilisé par les participants, il est possible de trouver un niveau d'abstraction suffisant pour réaliser une analyse objective.

La grille développée pour le diagnostic est **inspirée de la cotation utilisée dans l'analyse du test psychologique « La figure complexe de REY »** (Rey, 1993). Ce dernier est un test de copie et de reproduction de mémoire d'une figure géométrique complexe utilisé dans le cadre de bilans psychologiques (Gaudreau, 2001).
La cotation de ce test distingue plusieurs types de reproductions et tient compte du nombre de détails correctement reproduits. Elle permet entre autres avantages de faire des diagnostics.

La grille d'analyse élaborée pour notre étude repose sur les informations données par les participants. Celles-ci concernent les caractéristiques individuelles des usagers et les éléments représentés dans les dessins.

1.2.3.2. Présentation

Les éléments contenus dans la grille sont décomposés en trois catégories : le profil des participants, le contexte et les équipements du tunnel.

✴ **Le profil**

Il donne accès aux connaissances et à l'expérience des participants en matière de sécurité et de tunnel. Il permet d'avoir des renseignements sur l'âge et le genre des participants. Pour les professionnels, l'intérêt est porté sur l'expérience dans le domaine des tunnels routiers ainsi que sur l'existence d'une autre expérience professionnelle dans le domaine de la sécurité et/ou des tunnels (nature de cette expérience et temps de travail). Pour les usagers, nous nous intéressons à l'expérience de conduite (nombre d'années d'obtention du permis B et nombre de kilomètres parcourus par an).

✴ **Le contexte**

Le contexte correspond aux aspects généraux présents dans les dessins. Il s'agit de l'**angle de vue** utilisé par les participants pour dessiner le tunnel (plan, coupe, 3D, plan et coupe, plan et 3D). Cette catégorie prend également en compte les éléments qui concernent la **fonction d'un tunnel** (relier deux pays ou deux villes, traverser une montagne, etc.) et les éléments de description du tunnel (hauteur, longueur, nombre de voies, sens de circulation, etc.).

✴ **Les équipements**

Les équipements sont décomposés en plusieurs catégories et sous-catégories. Ils concernent :

- la remontée des informations : ce sont les caméras, la détection automatique d'incidents (DAI) et d'autres dispositifs (anémomètres, capteurs CO[83], etc.) ;
- les équipements de la route
  - ils peuvent être statiques : signalisation de police (limitation de vitesse, inter-distance), garages et/ou bandes d'arrêt d'urgence et/ou trottoirs, niche d'appel/postes d'appel d'urgence, extincteur), issues de secours, éclairage, plots de balisage ;
  - ou dynamiques : panneaux à message variable, signaux d'affectation de voie et/ou feux tricolores, barrières, radio ;
- la ventilation ;
- les pompiers : ce sont les bouches incendie, la ligne de vie et d'autres systèmes (extincteur, etc.) ;
- d'autres équipements (trottoir, etc.) non pris en compte dans la grille d'analyse établie *a priori*.

2. Résultats[84]

Nous avons présenté les objectifs et la méthode d'étude utilisée pour observer et comprendre les représentations mentales d'un tunnel routier. Nous évoquons les principaux résultats de cette étude.

2.1. Le profil des participants

Cent-dix personnes ont participé à notre étude et sont réparties en deux groupes : les professionnels et les usagers (Tableau 11).

Tableau 11 : Etude des représentations mentales, répartition des participants selon le groupe

groupe	sous-groupe	nb de participants
professionnels (84)	opérateurs de supervision	44
	responsables d'exploitation	6
	agents routier	12
	pompiers tunnel	12
	concepteurs	10
usagers (26)	usagers non sensibilisés	14
	usagers sensibilisés	12

Chaque groupe se décompose en plusieurs catégories (Figure 54).

➘ Pour les **professionnel**s :

- les **personnels de l'exploitant** (opérateurs de supervision, responsables, agents routiers, pompiers dédiés au tunnel) ;

[83] Monoxyde de carbone.
[84] Les résultats auxquels il est fait référence dans cette partie du document sont présentés dans l'Annexe 6.

- les **concepteurs**.

➘ Pour les **usagers :**

- les **« tout venant »,** non sensibilisés au préalable à la sécurité en tunnel. Ils sont recrutés parmi les personnels des partenaires les plus éloignés possible de l'exploitation d'un tunnel ;
- les **« informés »**, sensibilisés quelques semaines auparavant sur ces questions et sur le domaine des risques. Ils sont recrutés parmi des étudiants.

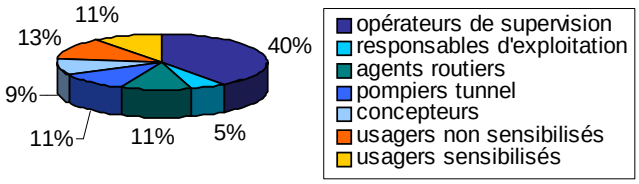


Figure 54 : Etude des représentations mentales, répartition des participants selon les catégories des groupes (%)

Parmi les usagers non sensibilisés, 29% sont cadres, 50% employés et 21% étudiants. La représentation du groupe par différents statuts professionnels est un atout (Figure 55).

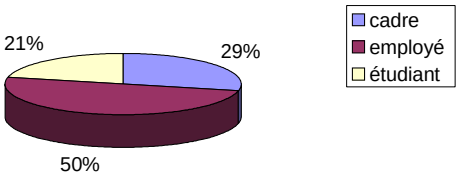


Figure 55 : Etude des représentations mentales, répartition des usagers non sensibilisés selon la catégorie professionnelle (%)

2.1.1. L'âge

L'âge moyen des professionnels est de 37 ans, celui des usagers est de 34 ans. **Nos groupes sont donc homogènes du point de vue de l'âge.** Sur la base des catégories définies par l'INSEE[85] pour présenter les actifs occupés selon l'âge et la catégorie socioprofessionnelle, afin d'être le plus pertinent possible dans notre interprétation nous avons défini trois classes d'âge : 18-29 ans, 30-49 ans et >50 ans.

Pour les professionnels et les usagers les trois classes d'âge sont représentées et les moins de 50 ans sont les moins nombreux (Figure 56). Les professionnels sont fortement représentés par les 30-49 ans. Pour les usagers, les 30-49 ans sont aussi nombreux que les 18-29 ans.

D'un point de vue intra-groupe, l'âge est inférieur à 50 ans parmi les pompiers, les concepteurs et les usagers sensibilisés. Ces derniers sont majoritairement représentés par une population jeune. Les pompiers tunnel et les concepteurs sont quant à eux plutôt représentés par la classe d'âge moyen (30-49 ans). On ne rencontre aucune personne de moins de 29 ans chez les agents routiers. Pour les opérateurs et les responsables, la classe d'âge moyen est la plus représentée.

[85] Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques.

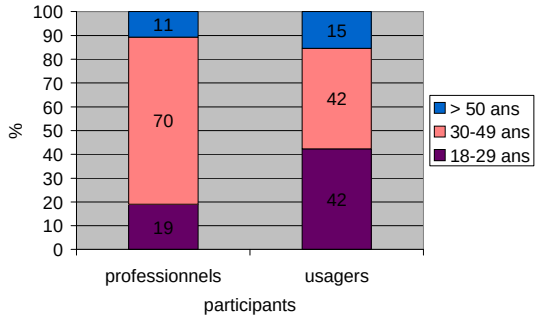


Figure 56 : Etude des représentations mentales, répartition des participants selon l'âge (%)

2.1.2. Le genre

La catégorie des professionnels est fortement représentée par des hommes (Figure 57). Seulement 4,76% de femmes ont participé à cette étude dans cette catégorie. Ce sont deux opérateurs de supervision et deux concepteurs. Les usagers sont quant à eux autant représentés par des femmes (42,31%) que par des hommes (57,69%).

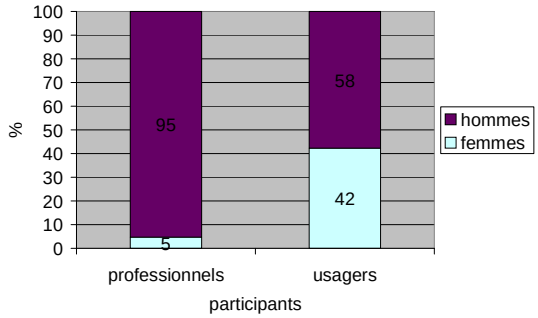


Figure 57 : Etude des représentations mentales, répartition des participants selon le genre (%)

2.1.3. Les connaissances et expériences

L'**expérience professionnelle** moyenne des concepteurs est de 4 ans et 2 mois, celle des personnels « exploitant » est de 5 ans et 8 mois. Parmi les catégories de professionnels on remarque que tous les responsables d'exploitation, 41% des opérateurs et près de 17% des agents ont une autre expérience dans le domaine des tunnels routiers. Cette expérience est en moyenne respectivement de 9 ans, 7 ans et 1 an. Les pompiers et les concepteurs ont toujours exercé dans la même profession.

Tous les usagers non sensibilisés ont le permis B alors que deux des usagers sensibilisés ne l'ont pas. Les premiers ont une plus longue expérience de la conduite (22 ans et 7 mois) que les seconds (10 ans et 5 mois). Les usagers « tout venant » parcourent plus de 10 000 kms/an tandis que les usagers « sensibilisés » sont représentés par différentes catégories (Figure 58).

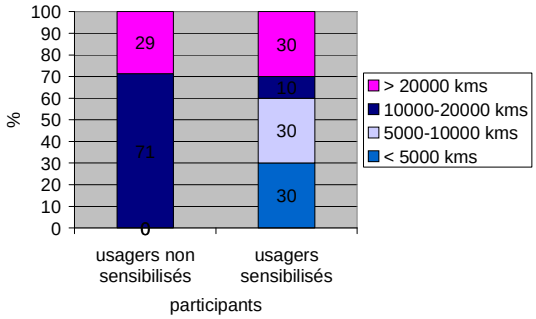


Figure 58 : Etude des représentations mentales, répartition du groupe « usagers » selon l'expérience de la conduite (%)

2.2. Les dessins

2.3. Exemples

Afin d'illustrer l'analyse des résultats, quelques exemples de dessins réalisés par les professionnels (Figure 59) et les usagers (Figure 60) sont donnés.

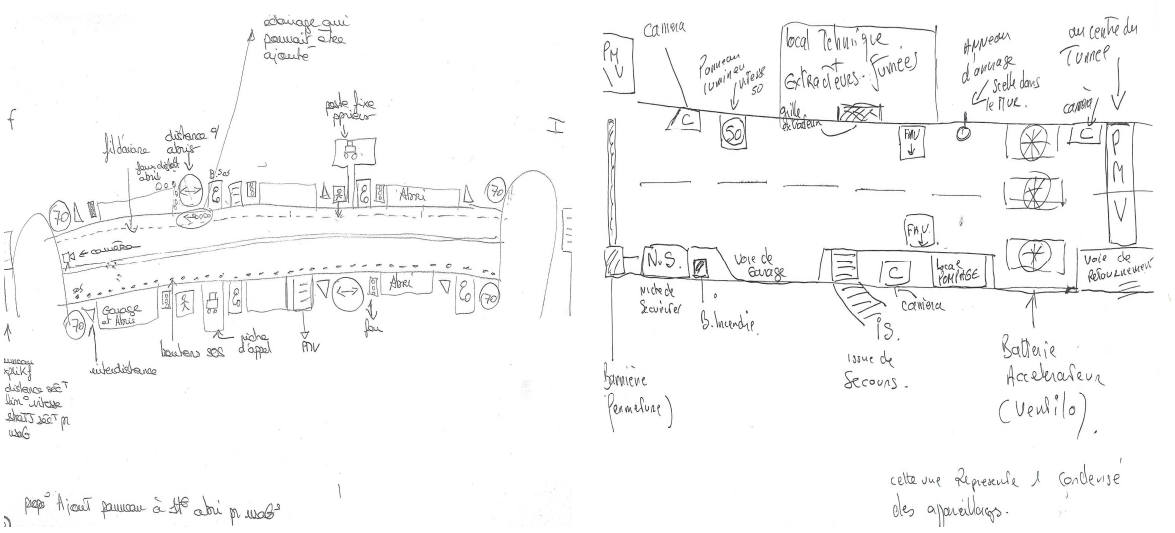


Figure 59 : Etude des représentations mentales, exemples de dessin de professionnels

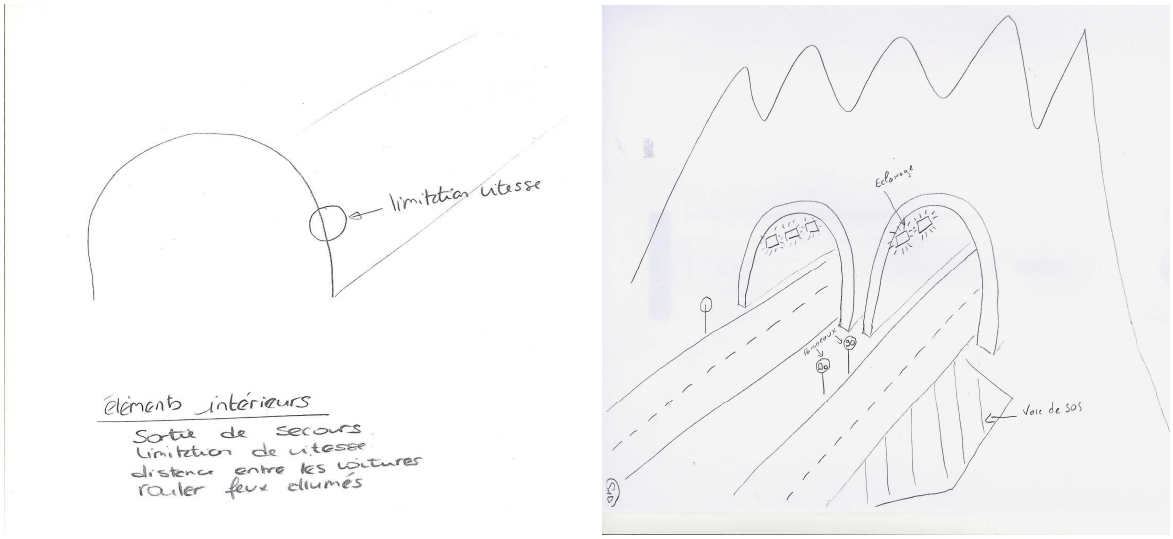


Figure 60 : Etude des représentations mentales, exemples de dessin d'usagers

2.3.1. La représentation du contexte du tunnel

De manière générale, il apparaît que les professionnels de la sécurité dessinent en moyenne deux éléments de plus que les usagers (Tableau 12). Ces derniers ont également tendance à réaliser des dessins de taille plus petite.

Tableau 12 : Etude des représentations mentales, répartition des participants selon le nombre d'éléments dessinés (%)

Groupe	nb moy éléments
opérateurs de supervision	7
responsables d'exploitation	9
agents routiers	7
pompiers tunnel	5
concepteurs	4
usagers non sensibilisés	4
usagers sensibilisés	5
professionnels	***7***
usagers	***5***

Il est à noter que la plupart des professionnels représente le tunnel avec une vue du dessus (en plan), comme désarticulé en objets techniques, alors que 65% des usagers le dessine avec une vue en trois dimensions, « comme à bord d'un véhicule » (Figure 61). Comme le souligne un usager au cours d'un entretien *« Je dessine comme si j'étais dans la voiture. ».*

Quelques participants, les professionnels notamment, ont utilisé plusieurs vues pour faciliter la reproduction de certains éléments. Le plus souvent la prise de vue de type plan est couplée avec une vue en coupe et elle l'est parfois avec une vue en 3D.
La Figure 62 montre que 12% des usagers (« tout venant » et « informés ») et 20% des professionnels (opérateurs et pompiers) mettent des éléments concernant la fonction d'un tunnel (relier deux villes, traverser une montagne, etc.). Les éléments de génie civil sont dessinés par 6% des professionnels (dont 50% sont concepteurs), et par un seul usager (4%).

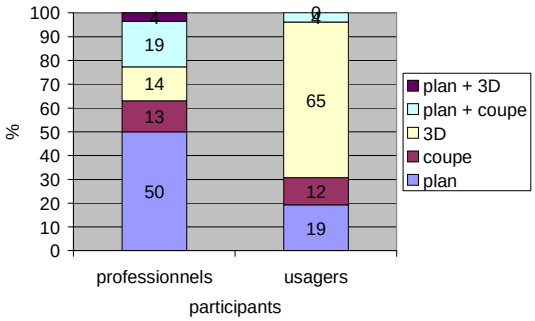


Figure 61 : Etude des représentations mentales, répartition des dessins des participants selon la prise de vue (%)

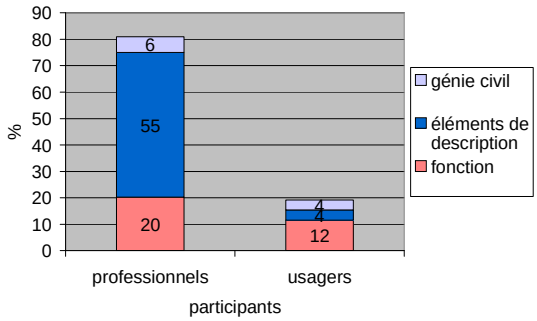


Figure 62 : Etude des représentations mentales, répartition des dessins des participants selon les éléments de contexte dessinés (%)

2.3.2. La représentation des équipements

2.3.2.1. Equipements de remontée d'informations

Dans l'ensemble les équipements de remontée d'informations sont **peu dessinés par les participants** (Figure 62). On remarque que parmi les professionnels seuls les opérateurs de supervision, les responsables d'exploitation et les agents routiers font référence à ces éléments. 30% des professionnels et 8% des usagers (sensibilisés) dessinent les caméras. La DAI est dessinée par 11% des professionnels. Ils sont 6% à insérer d'autres équipements de remontée d'informations (câble, etc.).

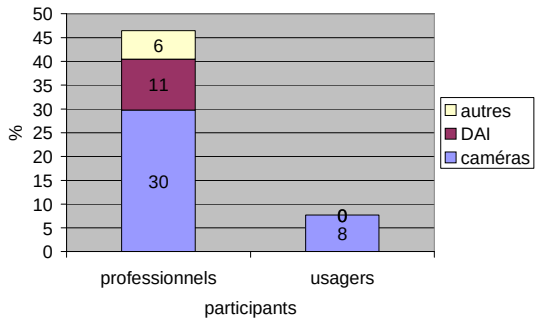


Figure 63 : Etude des représentations mentales, répartition des dessins des participants selon les équipements statiques de remontée d'informations (%)

2.3.2.2. Equipements de la route

Les éléments statiques sont les plus dessinés par les participants, et en particulier par les usagers. Il est à souligner qu'aucun usager ne dessine les barrières. La Figure 63 montre que, de manière significative, **79% des professionnels dessinent les niches d'appel et/ou PAU et 78% dessinent les issues de secours**. Les usagers sont quant à eux, respectivement, 54% et 62% à les dessiner. Toutefois, on remarque que **75% des usagers sensibilisés dessinent des niches d'appel et/ou PAU** et des issues alors qu'ils sont respectivement **36% et 50% des usagers « tout venant »** à les faire apparaître dans leur dessin. Par ailleurs, il est à souligner que **69% et 65% des usagers dessinent l'éclairage et la signalisation de police**. Une différence est à noter entre les usagers sensibilisés et les non sensibilisés. En effet, les premiers sont 58% à dessiner ces éléments alors que les non sensibilisés sont 79% et 71% à les dessiner.

Comme témoigne un usager lors de l'entretien, *« L'éclairage est important car il permet de bien voir, comme en plein jour. Ça donne une impression de sécurité. S'il n'y a plus d'éclairage, il n'y a plus de sécurité et ça devient inquiétant. On peut penser qu'il y a une panne et c'est pareil pour tous les autres équipements. »*. Les autres équipements à destination des usagers (garage, SAV, etc.) sont moins représentés dans les dessins.

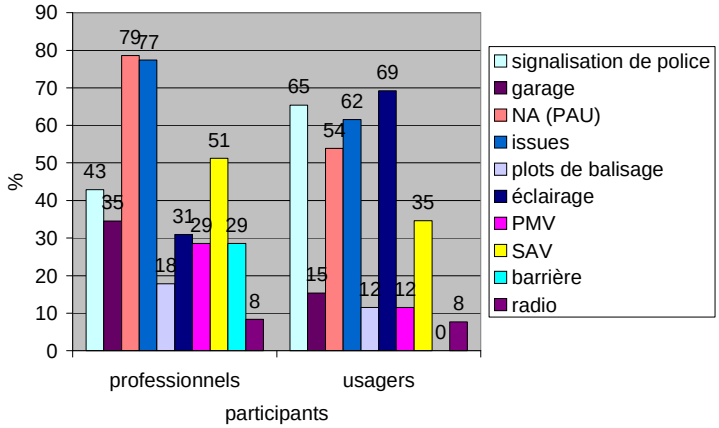


Figure 64 : Etude des représentations mentales, répartition des dessins des participants selon les équipements de la route (%)

2.3.2.3. Equipements de ventilation et éléments pour les pompiers

La ventilation est dessinée par **78,57% des professionnels et 65,38% des usagers** (Figure 65). Ces derniers parlent de *« gros aérateurs »* ou d'*« aération »* et certains précisent que *« Ça rassure par rapport aux accidents, ça permet de mieux respirer. »*.

Les équipements à destination des pompiers sont peu représentés dans les dessins. Les pompiers ne sont pas les plus nombreux à dessiner ces équipements. A noter que parmi les autres équipements dessinés apparaît fréquemment l'extincteur.

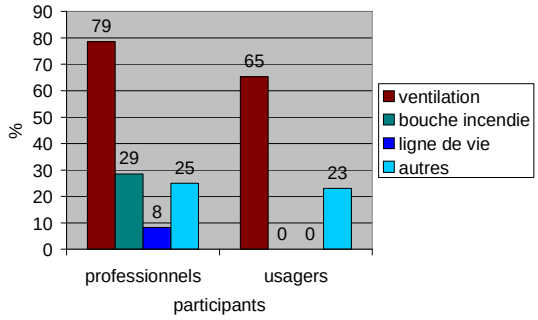


Figure 65 : Etude des représentations mentales, répartition des dessins des participants selon les équipements de ventilation et les éléments pour les pompiers (%)

2.4. Synthèse

2.4.1. Les dessins des usagers

Les dessins obtenus montrent que les **éléments les plus dessinés** par les usagers sont : **l'éclairage et la signalisation de police ainsi que la ventilation**. Parmi les autres éléments dessinés apparaissent les **trottoirs** et le **marquage au sol** (signalisation horizontale). Les éléments dessinés par les usagers sont donc ceux qui sont importants pour la conduite d'un véhicule en tunnel c'est-à-dire ceux perçus et mémorisés lors de leur expérience de conduite.

Si dans l'ensemble, il apparaît que plus de la moitié des usagers dessinent les niches d'appel/PAU et les issues de secours, nous avons souligné une différence entre les usagers « tout venant » et les « informés ». On remarque que les premiers sont 36% à faire

apparaître les niches d'appel/PAU et 50% les issues de secours alors qu'ils sont respectivement 75% et 75% à les mentionner pour les seconds. La sensibilisation à la sécurité peut ici avoir une influence. Parmi les deux catégories d'usagers, au total 15% dessinent un garage.

Presque tous les usagers dessinent au moins un des trois moyens mis à disposition pour leur sécurité (issue, PAU ou niche d'appel). Toutefois, il ressort des entretiens une certaine confusion entre les dispositifs. Les usagers hésitent et font des hypothèses à ce sujet : *« Il y a peut-être des garages avec des téléphones, des extincteurs. Est-ce que c'est au même endroit ? »*. Il apparaît aussi que les équipements de supervision et les équipements pour les pompiers sont le plus souvent absents des dessins des usagers.

Au cours des entretiens, **les termes utilisés sont parfois différents de ceux utilisés par les personnels de l'exploitant et les concepteurs**. En effet, un usager parle *« de conduit d'évacuation pour les personnes »* et non d'issue de secours, un autre évoque *« des trucs de sécurité »* ne sachant pas désigner précisément les éléments qu'il dessine.

Compte tenu de ces difficultés, à la fin de chaque entretien des notions sur les risques en tunnel et les moyens mis à disposition pour leur sécurité leur ont été transmises. Soulignons également que 23% des usagers font apparaître dans leur dessin un véhicule et/ou un bonhomme représentant les usagers.

2.4.2. Les dessins des professionnels

Les professionnels des tunnels ont tendance à dessiner le tunnel avec une vue du dessus (en plan), de la même manière que le synoptique général affiché dans le PC.
Les issues de secours, les niches d'appel et la ventilation apparaissent de manière significative comme les trois éléments les plus représentés dans leurs dessins. Les personnels « exploitant » et les concepteurs dessinent les éléments techniques qui sont importants pour leur activité de travail. Par exemple, les techniciens en génie civil font apparaître ce qui se passe au moment de la construction et les opérateurs de poste de contrôle mettent les éléments technologiques essentiels à la gestion du trafic ainsi que ceux à disposition des usagers pour leur sécurité.

Chaque élément est dessiné à sa place et désigné avec le terme exact. Concernant ce dernier point, entre chaque catégorie de professionnels les termes utilisés pour un même élément sont parfois différents pouvant laisser apparaître une question de culture propre à chaque catégorie. Pendant les entretiens, certains personnels « exploitant » donnent le nombre exact d'un même élément présent plusieurs fois dans le tunnel. Cela montre aussi que chaque professionnel a une bonne connaissance des éléments importants et nécessaires à son métier.

Si tous les dispositifs principaux à la gestion d'un tunnel sont représentés dans les dessins des personnels de l'exploitant, ils sont moins nombreux dans les dessins des concepteurs et les équipements de supervision en sont absents. Cela peut provenir du fait qu'ils dessinent également des éléments concernant la construction, le génie civil, etc., du tunnel.

Il est à noter que près de 11% des personnels de l'exploitant dessinent un véhicule des pompiers et/ou un bonhomme qui représente(nt) les pompiers et/ou les autres services exploitant (péage, etc.). Seuls 5% représentent un véhicule dans le tunnel pour illustrer les usagers.

Par ailleurs, durant la deuxième session de formation des opérateurs, on remarque que ces derniers rajoutent des éléments techniques à leur dessin. Ainsi, se pose la question : **toute cette technologie existante crée-t-elle une distance avec l'usager ?**

3. Bilan : un décalage de représentation entre les usagers et les professionnels

De manière générale, l'analyse des dessins montre que les participants dessinent les éléments qui sont importants pour leur propre activité (conduite d'un véhicule, gestion du trafic, etc.). Elle met également en évidence deux points essentiels.

La vue du tunnel et les éléments les plus importants pour les exploitants et concepteurs sont différents de ceux des usagers. Dans un deuxième temps, on note également une différence dans le vocabulaire utilisé par chaque groupe de participants.

A travers ce diagnostic, il apparaît un décalage de niveau de représentation entre les professionnels (personnels « exploitant » et concepteurs) et les usagers. Une différence de représentation peut être source de richesse si les personnes ont des références communes. Cependant, ce décalage peut être source de difficultés pour communiquer et se comprendre, notamment entre un opérateur de poste de contrôle et l'usager lors d'un événement, s'ils ne partagent pas une représentation commune de la situation. Par exemple, à la suite d'un événement, un opérateur confie : *« Lorsque j'étais en communication avec l'usager par le biais du PAU, je lui ai dit de rejoindre un abri. Quand je lui ai dit ça, il y a eu un blanc et j'ai compris qu'il n'avait pas compris ce que je voulais lui dire. J'ai donc du lui dire de se mettre en sécurité là où ça clignote. »*. Ce constat amène à s'interroger sur la communication entre les personnels « exploitant » et les usagers et à poser la question suivante : **Comment ces personnes peuvent-elles communiquer alors qu'elles n'ont pas la même représentation d'un tunnel ?**

Ce décalage aide à mieux comprendre la réalité du comportement des usagers. Ainsi par le décalage de représentation, le message « Allez **dans** l'abri » est souvent incompris alors que « Allez **à** l'abri » induit la réaction attendue. Il est nécessaire de le prendre en compte dans l'analyse des évènements. Les éléments de diagnostic concernant les représentations d'un tunnel corroborent le travail de recueil de témoignages des usagers.

Ce travail a été partagé avec les opérateurs et les cadres d'exploitation au cours d'une réunion de retour d'expérience. A souligner que les professionnels mettent en avant que leur principal objectif est l'usager et sa sécurité. Selon Mortureux (2004, p. 2), *« Les représentations et les connaissances concernant le système géré aident à comprendre les actions et décisions prises par les acteurs au cours de leur activité. »*. Les personnels déjà convaincus par la démarche ont adhéré aux éléments apparus de l'analyse. Ceci a ouvert la voie à une réflexion visant à intégrer dans la formation des opérateurs les aspects liés à la notion d'« erreur », de « stress », etc..

Le travail mené sur la base du retour d'expérience sur les évènements d'exploitation et les exercices donne des éléments sur les connaissances et les représentations des usagers, et moins d'informations sur celles des professionnels. Cette étude permet à la fois de confirmer et de compléter ces résultats. Elle s'intègre dans le terrain de recherche et permet de développer un outil potentiel pour la formation des opérateurs.

Chapitre 8. Bilan et perspectives

Les différentes études menées sur les évènements d'exploitation, les exercices ainsi que les représentations mentales ont apporté des éléments pour la compréhension du comportement humain, en particulier des usagers, des éléments pour l'évolution du retour d'expérience et l'adaptation des dispositifs de sécurité en tunnel routier.

Nous reprenons ici les éléments qui aident à répondre à notre question de recherche. Nous discuterons également des points positifs et négatifs de notre recherche pour ouvrir nos propos vers de nouvelles perspectives.

1. Pour l'auto-évacuation des usagers

Aujourd'hui, près d'une centaine d'entretiens a été menée auprès d'usagers confrontés à un événement, de type incendie, réel ou simulé pendant un exercice de sécurité. L'analyse des entretiens est basée sur une approche qualitative, complétée par les images de vidéosurveillance de quelques évènements. Celle-ci fait émerger des comportements récurrents face à une situation donnée. Notre analyse montre qu'il existe une variabilité de comportements influencés par différents facteurs comme l'âge, les expériences passées, les connaissances acquises ou non du milieu tunnel. Ces résultats confortent ceux obtenus dans les études menées lors de situation d'incendie (Proulx, 2001a ; Boer, 2002 ; Papaioannou & Georgiou, 2003 ; Proulx & al., 2006 ; Proulx, 2007b ; Noizet, 2005a). Au-delà de cette variabilité, il existe des éléments communs fondant le comportement des usagers face à une situation d'incendie en tunnel.

1.1. Le fondement du comportement des usagers

1.1.1. Rappels sur le fonctionnement cognitif humain

Dans l'ensemble, face à une situation, le fondement du comportement humain repose sur les mêmes principes. Le comportement d'une personne est le fruit d'un processus de traitement de l'information : **prise d'information - perception, interprétation - représentation, évaluations - hypothèses, prise de décision - action.**
Les usagers ne réagissent pas tous de la même manière face à une situation car chacun réagit en fonction des caractéristiques qui lui sont propres, et en particulier selon son expérience et des objectifs liés à l'activité en cours. Le contexte dans lequel ils se trouvent influence également le comportement. Ce sont les caractéristiques du tunnel (mono ou bi directionnel, présence de bande d'arrêt d'urgence, etc.) et les caractéristiques de la situation, telle la visibilité qu'a l'usager à bord de son véhicule.
A noter que les témoignages montrent que les usagers ont des comportements d'entraide (appels de phare, s'arrêtent pour s'informer ou renseigner d'autres usagers, etc.).

1.1.2. Apports des témoignages

1.1.2.1. Pourquoi les usagers ne quittent-ils pas leur véhicule ?

Les entretiens révèlent que lorsque l'événement apparaît, pendant le temps durant lequel l'exploitant détecte l'événement et met en place les procédures adéquates, l'usager qui est dans son véhicule, n'a ni le temps, ni les connaissances, ni les ressources mentales nécessaires pour analyser la situation. Pour certains *« Le premier réflexe est de sortir, en faisant demi-tour. »*, d'autres doublent le véhicule en feu car *« Il n'est pas facile de s'arrêter lorsqu'il y a du monde derrière. »*.

D'autres usagers s'arrêtent car le véhicule devant eux est arrêté. Nous avons vu que le motif d'arrêt est propre à chaque conducteur (gêne par la fumée, respect des consignes, etc.), il en est de même pour la suite de leur comportement. Ils attendent dans leur véhicule parce qu'ils pensent être en sécurité ou parce qu'ils attendent les secours en croyant que c'est la bonne stratégie à adopter.
Dans les tunnels avec un certain niveau d'exploitation, certains usagers attendent d'être pris en charge et notamment lorsqu'ils voient les secours arriver. Un usager témoigne: *« Ça fait bizarre de voir passer les pompiers sans qu'ils s'arrêtent. »*.

Les usagers hésitent à agir car ils ont **peur d'avoir un comportement disproportionné** par rapport à la situation. Ils ont du mal à croire et à prendre conscience qu'ils sont en danger ; ils vont chercher tous les éléments qui leur font penser qu'ils ne le sont pas. Comme le dit un usager, *« Le camion devant moi fumait. Quand j'ai entendu le message de sécurité à la radio la première fois je croyais que c'était un exercice. […] Quand j'ai écouté le message pour la deuxième fois j'ai commencé à comprendre qu'il se passait vraiment quelque chose et je me suis arrêté. »*.
Les usagers ont du mal à comprendre le basculement de la situation et **méconnaissent les dangers liés à un incendie** : *« J'ai vu de la fumée, des flammes. Le camion qui était devant moi s'est arrêté, je me suis arrêté. Je n'ai pensé à rien de spécial. Je n'ai pas paniqué. »*.
Ceci les conduit à ne pas se sentir en danger et à ne pas avoir peur de la situation. Ils comprennent que leur vie est en danger seulement à partir du moment où ils voient des éléments objectifs comme la fumée qui *« gêne et pique les yeux »*. Cependant, en cas d'incendie d'une certaine puissance les usagers n'auront, à ce moment là, plus assez de temps pour se mettre en sécurité.

Au regard de l'analyse des évènements, les usagers n'évacuent pas spontanément de leur véhicule vers les sorties de secours. La présence de fumée ou de flammes ne sont pas des indices suffisants pour leur faire prendre conscience du danger. **Il y a un temps de réflexion avant d'agir.** Pendant ce temps, ils recherchent d'autres indices pour interpréter la situation mais à ce moment stratégique ils ont tendance à utiliser ces indices pour les conforter dans le fait qu'ils ne sont pas en danger. Ils hésitent et attendent de voir comment les autres réagissent puis calquent leur comportement. Le récit d'un observateur chargé de suivre un usager au cours d'un exercice illustre aussi cette idée : *« Dans le véhicule*

personne ne bougeait, la personne que je surveillais a mis sa main sur le clic de la ceinture sans appuyer. Le chauffeur a un peu bougé puis l'usager a vraiment détaché sa ceinture, ce qui a provoqué la sortie de tous les occupants. ».

D'après les témoignages, **il ressort pour les usagers la difficulté de comprendre la nécessité d'évacuer**. Ils ne perçoivent pas la menace et leur vulnérabilité. Cet aspect nous semble être en lien avec ce que certains auteurs appellent l'**optimisme comparatif** c'est-à-dire la tendance des individus à croire qu'ils ont plus de chance que leurs pairs de vivre des évènements heureux et moins de chance qu'autrui de faire des expériences négatives. Cette tendance joue un rôle dans la perception des risques et peut avoir une influence négative sur le comportement à l'égard de la sécurité. Elle a également été soulignée dans l'étude menée par Gandit et al. (2009).

Lorsque les usagers évacuent, on constate, le plus souvent, qu'ils le font sur ordre du personnel « exploitant » qui de par son uniforme est associé à un référent ayant des connaissances sur la situation et sait comment agir.

Nous constatons que **les usagers cherchent de l'information pour répondre à deux questions : « *Que se passe t-il dans le tunnel ? »* et « *Que dois-je faire? ».*** Ces questions renvoient respectivement au besoin de connaître la nature de l'événement et des dangers associés ainsi qu'au besoin de connaître les consignes afin d'adopter, pour l'usager, le meilleur comportement en fonction de la situation perçue et des enjeux qui lui sont propres. Nous avons constaté que certains usagers se rapprochent à pied du véhicule à l'origine de l'événement, d'autres ressortent des issues de secours.

Le comportement des usagers peut également être influencé par des difficultés de communication, existantes dans toute situation de crise, avec les personnels « exploitant » (opérateurs de poste de contrôle, pompiers, etc.) qui, compte tenu de leur activité et de ses enjeux, ne répondent pas toujours aux attentes des usagers.

Par ailleurs, le travail sur les représentations mentales d'un tunnel a mis en évidence un décalage de représentation entre les professionnels des tunnels et les usagers. Ce décalage induit des difficultés de communication avec les usagers dans les situations de crise notamment par l'emploi d'un vocabulaire différent. Quand les spécialistes des tunnels font la distinction entre *« abris, inter-tube, niches de sécurité, niche incendie »* l'usager évoque *« des trucs pour la sécurité »* amalgamant tous ces dispositifs (Lavedrine & Baudet, 2008).

1.1.2.2. Comment vivent-ils l'évacuation à pied dans le tunnel et dans l'issue de secours ?

Une fois que l'usager a pris la décision d'évacuer et qu'il sort de son véhicule, même si il a repéré les issues, son comportement suit le même processus que celui utilisé dans sa voiture.

Il hésite par **peur d'avoir un comportement inadapté**. Il s'interroge sur le **choix du sens de l'évacuation** : faut-il aller *« Vers la sortie la plus proche mais dans la fumée ou de l'autre côté vers l'inconnu ? »*.

Certains vont chercher à comprendre la situation et se rapprochent du véhicule en feu.
Avant de se mettre en sécurité, les usagers ont également tendance à **prendre leurs affaires personnelles** qui sont importantes pour eux ne sachant pas si ils vont revenir et quand. Certains rejoignent les personnes de leur connaissance ou aident les personnes en difficulté.

La porte de l'issue franchie, l'usager a encore besoin d'être sûr que la décision qu'il a prise est la bonne. Il a **besoin d'information sur l'évolution de la situation et la suite de l'événement**. Il a besoin de savoir combien de temps l'évènement va durer. Face à une situation inconnue, pour l'usager, **attendre 10 minutes paraît très long** et peut devenir insupportable. Le manque d'informations conduit à aller en chercher. Certains retournent dans le tunnel pour voir l'évolution de la situation, voir si *« On ne les a pas oubliés. »*.

La situation d'évacuation est une situation nouvelle pour l'usager, pour lui *« C'est impressionnant de se faire évacuer par les pompiers. »*. Souvent, ce n'est qu'une fois l'événement terminé que l'usager commence à prendre conscience de la situation (Proulx, 2006). A ce moment-là, il a besoin qu'on l'informe sur ce qui s'est réellement passé suivi d'un accompagnement vers son véhicule.

Tout au long de l'événement les usagers ne savent pas ce qui se passe et ne savent pas quoi faire. « Que se passe t-il ? » et « Que dois-je faire » sont des questions récurrentes tout au long de l'événement, voire même après. Comme le souligne Proulx (2007b), ils ne sont pas des experts des situations d'urgence, ils réagissent comme ils peuvent face à une situation qu'ils ne connaissent et ne maîtrisent pas.
Suite a un problème sur son véhicule avec dégagement de fumée, un usager témoigne qu'il a fait partie des premières personnes à critiquer le chauffeur lors de l'incendie dans le tunnel du Mt Blanc. En faisant un retour sur son expérience, il dit : *« C'est comme un match de foot à la TV, on critique quand on est derrière son écran mais quand on est confronté à la situation c'est plus difficile on se pose beaucoup de questions et on ne sait pas quoi faire. »*.

A partir des modèles existants (Proulx, 2001a ; Noizet, 2005c ; Proulx & al., 2006) et des témoignages recueillis, nous avons repéré cinq phases décrivant ce qui est attendu de l'usager et ce qu'il vit (perception, compréhension et réaction).

1.2. Modèles d'auto-évacuation et systèmes d'aide à l'évacuation

Les différents travaux menés sur l'étude du comportement humain face aux incendies (Proulx, 2001a, 2007 ; Boer, 2002 ; Proulx & al., 2006 ; Noizet, 2005a) et les témoignages que nous avons recueillis pendant notre recherche, nous ont conduit à élaborer deux modèles pour l'auto-évacuation des usagers en tunnel. L'ensemble des résultats nous amène également à faire des propositions d'amélioration des dispositifs de sécurité dédiés à l'évacuation en fonction des différents moments de l'événement vécus par l'usager. Dans une perspective ergonomique, nous parlons de systèmes d'aide à

l'évacuation qui doivent être considérés comme un support à l'activité et non comme une surcharge informationnelle.

1.2.1. Modèle des temps nécessaires à l'évacuation

Proulx et al. (2006) ont développé un modèle de répartition du temps d'évacuation à partir notamment du témoignage des personnes ayant vécu l'incendie de leur habitation. Ce modèle montre que lorsqu'un incendie se déclare, contrairement à ce que l'on souhaite les personnes n'évacuent pas instantanément dès le démarrage d'un incendie. Il y a d'abord un temps de détection, d'alerte et d'alarme, ensuite il y a un temps de préparation au déplacement. Pendant ce temps, les personnes perçoivent et interprètent les informations puis en fonction de ces éléments, elles prennent la décision d'agir. Ce n'est qu'après qu'elles se déplacent pour se mettre en sécurité.

Comme l'écrivent Lavedrine et Baudet, *« Les premiers éléments de retour d'expérience basés sur l'étude de cas concrets et le recueil de témoignage des protagonistes ont permis de confirmer que le modèle de répartition du temps d'évacuation des usagers de tunnel était comparable au modèle utilisé par des chercheurs canadiens dans les incendies de maisons individuelles. Ce modèle corrobore les fondements des comportements observés en tunnel, à la différence près, qu'il n'existe pas aujourd'hui de système d'alarme en tunnel.* » (2008, p. 557).

Toutefois, ce modèle enseigne qu'il est nécessaire de **découper le temps *a priori* disponible pour l'évacuation** (temps pendant lequel les conditions tenables pour l'organisme humain sont assurées) en plusieurs étapes (Figure 66) :

- un temps pour **détecter l'évènement** et un temps pour **donner l'alarme** (*a priori* ces deux temps reflètent des activités de l'exploitant du tunnel au moins pour les tunnels à haut niveau d'exploitation) ;
- un temps pendant lequel l'usager **se prépare à se déplacer** dans le tunnel (temps où il analyse la situation et décide de ce qu'il va faire) ;
- un temps pendant lequel l'usager **se déplace à pied dans le tunnel vers les issues de secours.**

Ceci montre que le temps durant lequel les personnes sont à pied dans le tunnel est très court par rapport aux temps pendant lequel les conditions sont tenables. Ce temps se situe lorsque les conditions dans l'ouvrage sont *a priori* les moins bonnes.

Par ailleurs, ce modèle est relativement optimiste puisqu'en réalité le temps d'analyse et de décision conduit les usagers à sortir du tunnel à bord de leur véhicule en faisant demi-tour, marche-arrière ou en traversant la fumée ou encore à s'arrêter et attendre à bord de leur véhicule. En conséquence, **il faut agir afin que le temps d'analyse et de décision soit efficace et que l'information et la pédagogie conduisent à un temps de réflexion qui doit aboutir sur une auto-évacuation à pied**.

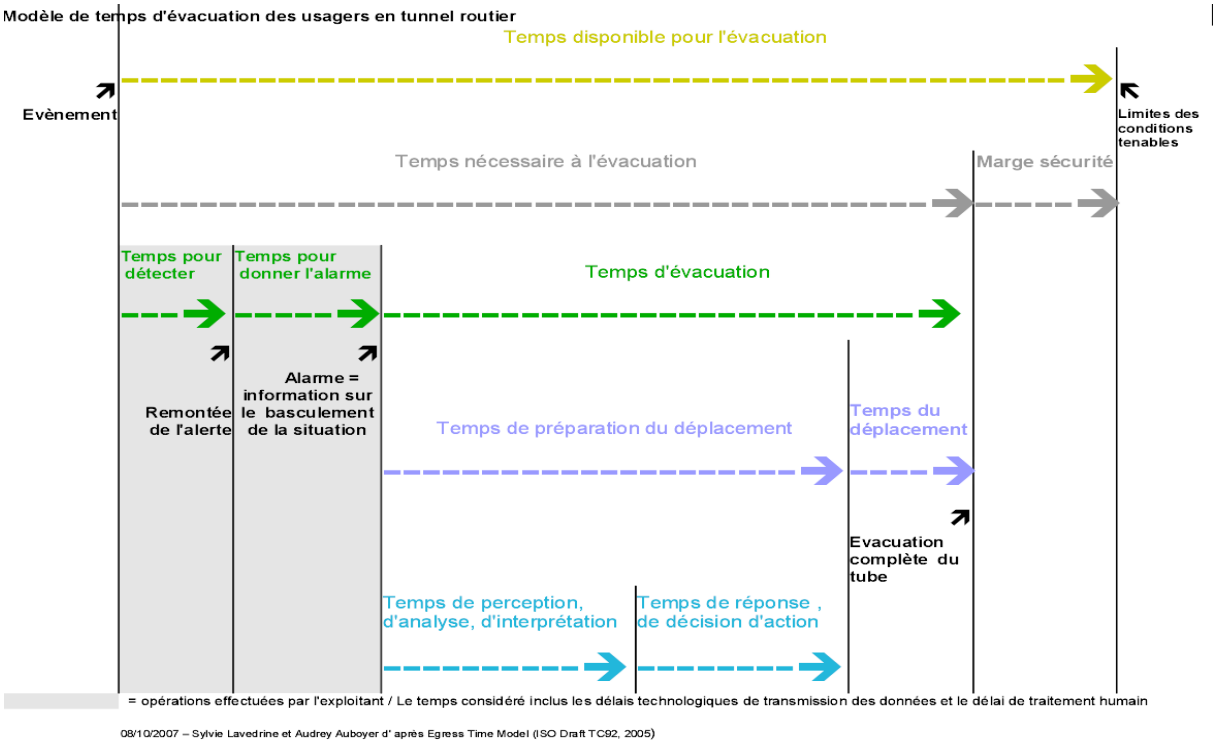


Figure 66 : Comparaison des temps nécessaires à l'évacuation et des temps disponibles pour l'évacuation

La construction de la confiance des usagers dans les dispositifs et l'organisation avec la réduction de la vulnérabilité sont deux facteurs importants permettant aux « novices » de décider le comportement à adopter en contexte incertain.

1.2.2. Modèle cognitif des usagers et systèmes d'aide

1.2.2.1. Présentation générale

Les enseignements tirés du recueil de témoignages conduisent à valider les modèles théoriques de comportement établi dans le projet ACTEURS et du temps d'évacuation élaboré dans le cadre d'études d'incendies en bâtiment et à les compléter en introduisant :

- la phase d'évacuation et d'attente dans les issues de secours et à l'extérieur ;
- la phase de fin d'évènement et de retour à la normale.

Ceci amène à considérer **plusieurs périodes pendant le déroulement d'un évènement** (nécessitant une auto-évacuation) et à distinguer les **besoins des usagers pour chacune d'entre elles**.

A partir de ce qui est attendu des usagers et de ce qu'ils vivent réellement, nous avons développé un modèle d'auto-évacuation en cinq phases qui résume un événement du point de vue de l'usager (Figure 67). Dans les phases 1 et 2, l'usager est au volant de son véhicule, dans les phases 3 et 4 il est à pied dans le tunnel et dans l'issue de secours, puis dans la phase 5 il est à pied dans le tunnel et retourne à son véhicule. Cela nous permet de proposer des axes de travail pour la communication et l'accompagnement de l'usager à chaque phase de l'évènement. Le découpage permet de simplifier la représentation et de montrer les différentes étapes d'une auto-évacuation. Dans la réalité, les étapes peuvent se chevaucher.

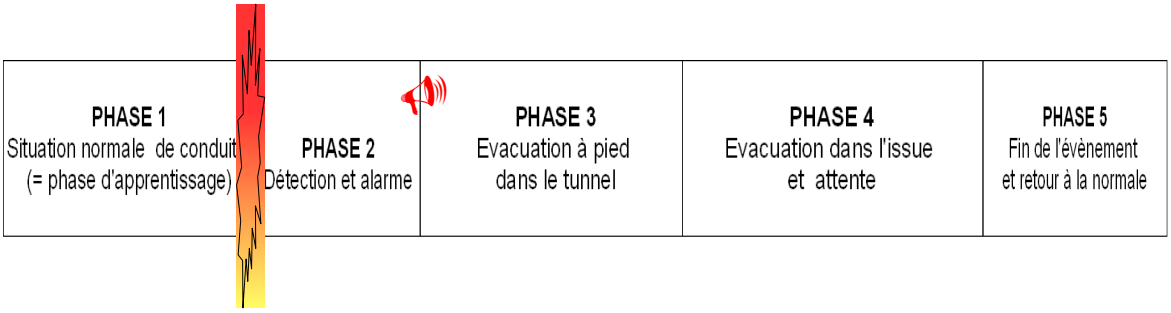


Figure 67 : Modèle cognitif des usagers en situation d'auto-évacuation

1.2.2.2. Phase 1 : apprentissage en situation courante

A bord de son véhicule, l'usager a comme principale préoccupation l'enjeu de son déplacement (professionnel, loisirs, etc.). Il doit se conformer aux règles de circulation courantes (vitesse, etc.) et apprendre à repérer les dispositifs de sécurité.

Aujourd'hui, la plupart des usagers ne connaissent pas les dispositifs de sécurité, ils parlent de « trucs de sécurité ». De plus, *« Un usager empruntant régulièrement un ouvrage congestionné de façon récurrente s'intéresse à son environnement et repère un certain nombre de dispositifs présents dans le tunnel sans forcément connaître leur fonction. Cette phase de traversée régulière d'un ouvrage peut être source d'apprentissage. »* (Lavedrine & Baudet, 2008, p. 557).

Pour favoriser l'apprentissage et aider au repérage des issues de secours, il est suggéré de **mettre en évidence les issues de secours par rapport aux niches d'appel**. Pour cela il est préconisé de *« Favoriser l'apprentissage par des messages visuels et la recherche d'une homogénéisation de traitement des issues. »* (p. 558). En complément de la signalisation réglementaire, il est possible de mettre en valeur les issues par l'application de peinture sur les portes et l'application d'une zone de peinture verte autour de l'issue (Figure 68).

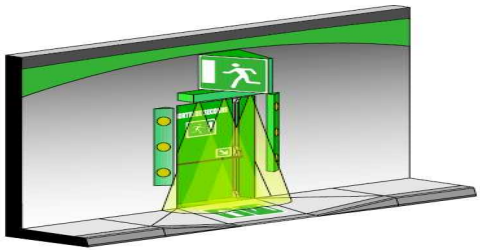




Figure 68 : Schémas d'une issue de secours type proposée (crédits photo CETU)

De manière générale, le comportement observé chez les usagers est influencé par la **qualité de la communication** entre les professionnels des tunnels et les usagers. Afin de progresser sur cette question, plusieurs axes restent à approfondir parmi lesquels : campagnes d'information sur la sécurité en tunnel lors de « journées portes ouvertes » (visites de chantier, manifestations liées à l'inauguration d'un nouvel ouvrage ou à des travaux importants, etc.).

1.2.2.3. Phase 2 : détection et alerte, alarme

Pendant cette phase, l'exploitant détecte ou reçoit l'alerte[86] puis il confirme l'évènement et fait le choix du scénario. A ce stade, aucun moyen de communication direct ne peut aider les usagers. **Seules la formation et la perception d'une information pertinente peuvent les aider à suspecter un basculement possible vers une situation d'urgence** au vu des évènements survenus dans l'ouvrage.
Lorsque l'événement se déclare, l'usager doit comprendre rapidement la situation et son basculement avec les enjeux associés (danger). Une fois le danger identifié, l'usager doit décider de s'arrêter, de quitter son véhicule et d'évacuer à pied. Cependant, il existe un écart entre les attentes vis à vis des usagers et leur comportement. Comme le montrent les témoignages, l'usager ne sait pas ce qui se passe et ne sait pas comment réagir. Comme l'évoque un usager *« Il faudrait un système d'alerte pour m'aider à agir. »*.

Au préalable, l'information et la communication sur les dangers liés à un incendie en tunnel permettra aux usagers de commencer à analyser la situation dès la phase de détection et facilitera la communication lors de la phase d'alerte. **Il est important que le danger soit clairement identifié** pour que l'enjeu du déplacement ne soit plus la principale préoccupation. Pour cela l'objectif est d'informer clairement l'usager de la situation dans le tunnel et des dangers encourus, tout en lui donnant une consigne d'évacuation. Comme le soulignent certains usagers *« Il faudrait avoir peur. », « Une sirène permettrait de mettre plus en alerte »*.

La phase d'alarme[87] doit lui fournir les informations nécessaires pour qu'il comprenne la situation et qu'il réagisse (nature de l'évènement, danger encouru, consignes à suivre). Il faut lui faire comprendre que la situation n'est plus normale, qu'elle a basculé vers une situation de crise et qu'il ne lui est pas possible de continuer son déplacement ; à ce stade, si le danger n'est pas clairement identifié, c'est l'enjeu du déplacement qui demeurera la préoccupation principale. Dans cette phase, il faut aussi prendre en compte la diversité des usagers et s'attendre à des réactions très différentes (personne seule, groupes d'adultes, professionnels de la route, famille avec enfant, personnes à mobilité réduite sans être forcément dans un fauteuil roulant, étrangers ne comprenant pas la langue).

Pour informer clairement l'usager de la situation dans le tunnel et des dangers encourus, et lui donner une consigne d'évacuation, **l'enchaînement de différents messages sonores et visuels doit permettre à l'usager de lever toute ambiguïté et lui éviter de dénier la réalité de la situation.** Pour y parvenir, il est proposé d'installer une **sirène** pour donner

86 Les articles MS 70 du règlement de sécurité relatif aux établissements recevant du public et GH3 du règlement de sécurité des immeubles de grande hauteur définissent l'alerte comme *« l'action de demander l'intervention d'un service public de secours et de lutte contre l'incendie »*. Dans les tunnels l'alerte peut être donnée directement par les usagers par le biais des téléphones portables ou des postes d'appel d'urgence. L'alerte peut aussi être remontée auprès des services exploitant par le biais des outils d'exploitation (DAI, vidéo-surveillance, opacimètre, etc.).

87 Les articles MS 61 du règlement de sécurité relatif aux établissements recevant du public et GH3 du règlement de sécurité des immeubles de grande hauteur définissent l'alarme générale comme *« le signal sonore ayant pour but de prévenir les occupants d'avoir à évacuer les lieux »*. Ce signal sonore peut être complété, dans certains cas, par un signal visuel. L'alarme générale peut être immédiate ou temporisée.

l'alarme, de diffuser des **messages radio** expliquant la situation et donnant les consignes. Il peut aussi être envisagé d'inscrire des **messages** sur les **PMV** ou de mettre en place des feux et des barrières pour arrêter la circulation.

Pour lever toute ambiguïté, il peut être envisagé d'éteindre toute la signalisation de police (limitation de vitesse, rappel des interdistances, etc.) qui devient inutile quand les usagers sont à pied dans le tunnel. Cela ferait suite au message sur le basculement de la situation avec impossibilité de poursuivre normalement le trajet.

1.2.2.4. Phase 3 : évacuation à pied dans le tunnel

Dans un troisième temps, il est attendu de l'usager qu'il évacue à pied. Il doit sortir de son véhicule, s'orienter dans la bonne direction, trouver une issue de secours, se diriger vers elle et y pénétrer. Il doit renoncer à son déplacement, abandonner son véhicule et se diriger à pied vers « l'inconnu ». Une fois que l'usager est sorti de son véhicule, il faut l'aider à se diriger vers l'issue la plus proche ou la plus sûre même si les conditions se sont fortement dégradées et continuer à l'informer sur le danger. *« Il ne faut pas lui laisser de doute sur la conduite à tenir car la tentation de retourner vers le véhicule reste forte si les conditions d'environnement du tunnel ne sont pas encore très dégradées. »* (Lavedrine & Baudet, 2008, p. 558).

Outre la **signalisation réglementaire**, on peut envisager de compléter le dispositif par la mise en œuvre de **feux clignotants** au droit des issues qui ont pour objectif d'aider à localiser les issues mais également de renforcer et de confirmer l'alerte. L'installation de **balises sonores au droit des issues** aide à localiser l'issue et permet de se guider dans la fumée. Comme le souligne un usager, *« Des hauts parleurs indiquant la marche à suivre aideraient à agir. ».*

A cette étape une difficulté importante réside dans la façon de signaler les issues de secours depuis le piédroit opposé à celle où ces dernières sont positionnées. A ce jour, aucune évaluation n'a été faite des dispositifs installés dans différents ouvrages.
Nous avons pointé l'étude menée par Nilsson (2004) auprès de quarante-six étudiants mis en situation d'évacuation à pied dans un tunnel sous forte fumée. De cette étude il ressort que les murs sont importants pour les usagers : 80% les suivent car cela aide à marcher plus vite. Les usagers cherchent les issues à partir de la perception du toucher (mains et pieds) plus que par la vision. De nombreux participants manquent les sorties situées de l'autre côté. Il est proposé de construire sur chaque côté des systèmes tactiles pour aider les usagers à se guider.

1.2.2.5. Phase 4 : évacuation et attente dans l'issue

Dans un quatrième temps, on souhaite que l'usager évacue par une issue de secours. Selon les caractéristiques du tunnel et les capacités physiques de l'usager, il doit se diriger vers l'extérieur du tunnel ou attendre dans un abri l'arrivée des services d'intervention.

Lorsque l'usager est dans l'abri, il est nécessaire de donner des consignes claires sur ce qu'il doit faire (attendre, se diriger vers l'extérieur) et sur le fait que dans l'issue il est en sécurité

(temps de résistance au feu, air frais, etc.). Là encore, il faut être conscient que la diversité des usagers ne facilite pas les choses (temps de déplacement dans le tunnel et dans l'issue, personnes qui font demi-tour pour retourner chercher quelque chose ou quelqu'un, personnes qui emmènent des bagages, etc.). Quand les usagers sont seuls dans l'issue ou à l'extérieur, les temps d'attente paraissent insupportables au-delà de 10 minutes. On observe que certaines personnes repartent vers le tunnel pour « voir ce qui se passe » ou que d'autres saturent le poste de contrôle d'appels depuis le réseau d'appel d'urgence. Il apparaît essentiel de prendre rapidement en charge les personnes qui attendent. A cette étape, les usagers se demandent combien de temps cela va durer, s'ils vont récupérer leur véhicule, si quelqu'un va venir les chercher, etc..

Pour faciliter l'auto-évacuation, il est nécessaire d'utiliser la **signalisation de sécurité pour l'évacuation dans les ERP** (établissements recevant du public) pour flécher le chemin d'évacuation, signaler le point de rassemblement et réaliser les panneaux de consignes destinés aux usagers en n'oubliant pas de traiter le cas spécifique des personnes à mobilité réduite. **Des moyens de sonorisation** peuvent être mis en place dans les issues où aux points de rassemblement pour établir un contact entre l'exploitant et les personnes évacuées. Cependant, si cette solution est prometteuse en terme de continuité, et d'instantanéité de la communication, elle réclame une organisation particulière et des moyens conséquents pour être efficace. Il est également constaté que les usagers sont sensibles à la propreté des issues.

1.2.2.6. Phase 5 : fin de l'événement et retour à la normale

Il est attendu de l'usager qu'il retourne vers son véhicule et reparte vers sa destination en reprenant le cours normal de son déplacement et en se conformant aux règles de circulation courantes. Cependant, l'usager a vécu une situation chargée en émotions (stress, etc.) : un long temps d'attente seul dans le tunnel puis une prise en charge par les services de secours. Il reprend son déplacement en se remémorant l'expérience vécue et avec la préoccupation du retard pris et de ses conséquences éventuelles.

Comme le notent Lavedrine et Baudet (2008), *« La difficulté à faire évacuer les usagers à pied dans les issues ne doit pas occulter l'obligation de les accompagner lors du retour à la normale. Il est nécessaire de donner un signal de fin d'évènement, d'informer sur ce qui s'est passé et de donner des consignes claires ne laissant pas place à l'interprétation. »* (p. 558).

Lorsque l'événement est fini, il faut informer l'usager de la fin de l'évènement. En tout état de cause, un **accompagnement physique** des personnes par les services d'intervention est souhaitable. Si cela n'est pas possible il faut prévoir les **consignes** et le **fléchage** du retour vers le tunnel et le véhicule. En fin d'événement il est important de communiquer sur ce qui s'est passé et sur la façon dont la situation a été gérée. Cela permet de donner du sens et de la crédibilité au vécu des usagers.

Notre modèle sert de base pour proposer des adaptations des dispositifs de sécurité réglementaires prévus pour l'évacuation des usagers en cas d'incendie pendant que les

personnes sont seules dans l'ouvrage avant l'arrivée des secours. Une note interne a été rédigée par le CETU et reprend ces éléments.

1.3. Note sur les propositions d'adaptation

Nos résultats nous ont conduit à déterminer les besoins des usagers en fonction du déroulement de l'évènement et à proposer des adaptations ou des compléments aux dispositifs de sécurité existants afin d'optimiser leur efficacité. Afin de favoriser et faciliter l'évacuation des usagers par les issues de secours en cas d'incendie, pour chaque phase identifiée, nous proposons des moyens de communication visuels et sonores.

Compte tenu de la diversité des tunnels existants en France, ces propositions doivent être évaluées pour chaque ouvrage. Elles ne remettent pas en cause les dispositifs existants. Elles visent une **homogénéisation des dispositifs de sécurité** afin qu'ils soient mieux adaptés au comportement des usagers. Ces propositions ont été testées dans le cadre du projet de la DIRIF. Elles sont préconisées dans un premier temps aux tunnels urbains qui sont souvent congestionnés.

Il est important que les dispositifs proposés soient évalués afin d'être adaptés au comportement des usagers et au tunnel dans lequel ils vont être mis en place. Cette évaluation doit à la fois porter sur chaque dispositif, pour s'assurer de sa compréhension par l'usager. Elle doit être réalisée sur l'enchaînement des différents systèmes dont l'objectif est d'accompagner l'usager dans les différentes phases de l'évacuation en lui apportant « la bonne information, au bon moment et au bon endroit ». Les exercices de sécurité peuvent être l'occasion de réaliser ces évaluations.

Pour être efficaces, les propositions doivent prendre en compte les principes suivants :

- donner des **informations cohérentes** avec ce que l'usager peut observer dans l'ouvrage en insistant sur la réalité de ce qui se passe et des dangers associés ;
- donner la **bonne information, au bon moment en fonction des endroits** ;
- **multiplier les modes de communication** en alternant messages **visuels** et **sonores**.

Moins on est familier d'une situation, plus on a besoin de comprendre et d'être aidé pour agir en sachant qu'on essaie toujours de se raccrocher à une expérience personnelle (Lavedrine & Baudet, 2008). Ces différents résultats nous enseignent que, dans toutes situations, les usagers agissent en fonction des éléments ou signaux qu'ils perçoivent, de l'interprétation qu'ils en font et de la représentation qu'ils ont de la situation à un moment donné. Pour améliorer l'auto-évacuation des usagers, il est par conséquent **nécessaire de délivrer un message d'alarme gradué en fonction de la situation**, d'informer sur les dangers encourus, de donner la consigne de sortir du véhicule et d'évacuer à pied dans les issues de secours et de guider les usagers tout au long de l'évacuation jusqu'au retour vers le véhicule.

Pour favoriser l'évacuation, les travaux actuels doivent prendre en compte la pertinence des informations et du message donnés. Cette information doit être graduée en

fonction de la gravité de la situation. En cas d'incendie, nous soulignons l'importance de donner une alerte claire et des renseignements sur les dangers encourus afin de déclencher le comportement d'évacuation. L'apparente passivité ou « inconscience » des usagers est très fortement liée à la méconnaissance ou à l'incompréhension qu'ils ont des dangers qu'ils encourent. On ne peux pas reprocher à quelqu'un d'être inconscient si on ne lui donne pas les éléments de connaissance lui permettant d'appréhender intelligemment la situation.

Sur les 2000 visiteurs qui ont participé à la journée porte ouverte de Bois de Peu, 5 à 10 personnes nous ont reproché de faire peur et de penser au pire. La majorité des visiteurs avec qui nous avons spontanément échangé, nous ont avoué ne pas avoir conscience du risque et en particulier du danger des fumées. **L'évolution des comportements ne peut passer que par une communication volontariste et objective sur la réalité des dangers.** Afin de trouver la façon efficace et intelligente de dispenser les messages auprès du grand public, il est important qu'une aide soit faite. L'être humain doit traiter un flot incessant d'informations transmises essentiellement par le canal visuel.

Les recherches dans le domaine de la perception montrent que les personnes ne sont pas sensibles aux mêmes signaux. C'est un ensemble de dispositifs (audio et visuel) qui donne une meilleure efficacité. Dans le cadre du projet « auto-évacuation » de la DIRIF, l'évaluation de la maquette montre qu'en situation d'évacuation, globalement, tous les usagers ont perçu les différents dispositifs (visuel et sonore) et ont compris le rôle de ces dispositifs : compréhension de la fonction d'alerte de la sirène (signale un danger), de la fonction d'évacuation des dispositifs visuels et sonores (induisent la nécessité d'évacuer, les balises sonores donnent l'indication d'action et de lieu, le dispositif visuel dynamique (chevrons) montre et guide vers le lieu où il faut aller). Tous les usagers ont évacué en moins de deux minutes. **C'est l'ensemble du dispositif, visuel et sonore, qui permet l'évacuation** (Magnin, 2008).

Devant les forts enjeux de santé publique, les campagnes n'hésitent pas à générer de la peur chez les récepteurs en agissant sur l'environnement juridique et une **communication persuasive** reliée par les médias. Selon Denis-Remis (2007), l'utilisation de l'appel à la peur a été étudiée pour la communication persuasive de santé publique. Il peut être défini comme un message qui donne des informations sur une menace afin que la perception de celle-ci éveille un sentiment de peur chez les lecteurs du message et les conduise à adopter les comportements recommandés par le message. *« Pour expliquer l'efficacité et le processus d'influence psychosociale des messages d'appel à la peur utilisés dans les campagnes de santé publique […]. Les études montrent que l'efficacité est optimale lorsque le message décrit parfaitement la sévérité de la menace et montre bien la vulnérabilité de toute personne, sans exception. Les recommandations permettant de lutter contre la menace doivent alors être claires. Si le message montre que ces recommandations sont à la fois efficaces et facilement mises en place par tous, alors une campagne générant de la peur est pertinente. Ainsi, le récepteur aura une forte*

probabilité de s'engager dans la voie du contrôle du danger et non dans l'unique voie du contrôle de la peur. » (Courbet, 2003, p. 115).

2. Pour le retour d'expérience

La phase d'élaboration de la démarche de retour d'expérience a permis de tirer des enseignements utiles. Les partenaires ont été volontaires dès le démarrage de la thèse pour la mise en place de la démarche de retour d'expérience sur les facteurs humains et organisationnels. Ils ont également donné du temps avec des moyens appropriés. Ceci a été un élément moteur qui a facilité notre travail. Nous avons pu être accueillies dans de bonnes conditions. Cependant, comme toute démarche de retour d'expérience et particulièrement lorsqu'elle intègre les facteurs humains et organisationnels, certaines difficultés sont apparues.

L'évolution du retour d'expérience en tunnel est similaire à celle des domaines les plus avancés en la matière. Les difficultés rencontrées pour l'intégration des facteurs humains et organisationnels dans le retour d'expérience sont également comparables à ceux-ci.

2.1. Les difficultés rencontrées dans la mise en place du retour d'expérience

Au départ, le retour d'expérience visait à mieux connaître et comprendre le fondement du comportement des usagers dans la perspective de le modifier et de le faire correspondre à ce qui était attendu. Cependant, notre travail montre que pour obtenir le comportement attendu il est parfois nécessaire d'adapter les dispositifs de sécurité, ce qui renvoie à des changements nécessaires dans l'organisation. Pour exemple : au cours d'un exercice, de nombreux usagers ont attendu longtemps dans les sorties de secours sans information et ont appelé plusieurs fois le PC jusqu'à le saturer d'appels. Ici aider l'usager à évacuer oblige l'organisation à aborder des points qui n'ont pas encore été soulignés, qui peuvent être difficiles à entendre en premier lieu mais peuvent se révéler instrument de qualité.

2.1.1. Poids de la démarche

Le retour d'expérience sur les facteurs humains et organisationnels est une démarche lourde d'un point de vue logistique ; elle demande un **investissement en terme de temps, d'organisation** et présente également un **coût financier**.

Compte tenu des horaires des équipes, pour l'organisation des réunions de retour d'expérience avec les opérateurs il a fallu organiser deux groupes de travail, modifier l'organisation de travail, faire revenir les personnes en dehors des heures de travail et rémunérer les heures supplémentaires. Les opérateurs étaient demandeurs de ce type de réunions ce qui a facilité leur organisation et leur mise en place.

Pour les fiches contact des usagers, nous avons mis en place deux organisations différentes : l'une pour les tunnels situés sur l'autoroute et l'autre pour le tunnel du Fréjus. Pour la mise en place de cet outil, il a été nécessaire d'informer et de former les personnels

concernés. En pratique, les personnels ont des priorités inhérentes à la gestion d'un évènement, ils ne pensent pas toujours à utiliser les fiches. Il est nécessaire d'accompagner dans le temps leur mise en place.

Par ailleurs, un exercice instrumenté peut nécessiter un certain budget. A titre indicatif : acquisition de gilets sécurité avec texte : 1800€ ; location d'un car de 50 places : 300€ ; paniers repas et boissons à l'issue de l'exercice pour les participants et organisateurs : 900€.

2.1.2. Peur de la faute et anonymat

Grâce aux moments partagés avec les opérateurs, nous avons pu appréhender leur activité et leur faire connaître la démarche de retour d'expérience. Une relation de confiance s'est s'instaurée. Au fil du temps, nous avons pu recueillir leur témoignage à la suite des événements. Il est à souligner que certains se sont particulièrement investis dans la démarche ce qui a favorisé les échanges d'expériences.

Les témoignages et les réunions de retour d'expérience ont pour but de recueillir différentes informations sur l'expérience des agents, sur ce qui s'est bien ou moins bien passé. Lors d'un débriefing en présence de la hiérarchie, un agent souligne qu'au cours de la réunion il a fait en sorte de montrer au directeur que des choses sont faites et que cela fonctionne bien car *« c'est important »*. A ce niveau, **il peut être difficile de reconnaître ses propres erreurs, de se remettre en cause, d'accepter de dire que ce que l'on fait peut être amélioré de peur d'être « mal vu » ou d'être sanctionné**.

La peur de témoigner ou « peur de la faute » renvoie à un autre point : l'anonymat. En effet, dans une petite structure dans laquelle tout le monde se connaît, il n'est pas toujours facile de témoigner. Les personnels se confient parce qu'ils ont confiance mais parfois ils ne veulent pas faire remonter certaines difficultés de peur de stigmatiser des problèmes et des travers déjà repérés.

2.1.3. Les filtres technologiques

Lorsque les personnes acceptent de témoigner, certains comportements ou des organisations particulières qui ont facilité la gestion de l'événement sont mis en avant et sont exploités. Ainsi, lors d'un exercice il est apparu qu'un des opérateurs avait mis en place un plan de situation papier pour faciliter le recueil d'informations concernant les usagers (position, état de santé, nombre, etc.) lors de la gestion des situations difficiles. Ce support permettant de transmettre facilement des informations aux autorités concernées, il a été repris et validé par l'organisation puis instauré.

Cependant lorsque le personnel des tunnels témoigne, nous pouvons être confrontés à ce que l'on appelle les « filtres technologiques ». **Les agents font d'abord remonter les informations qui concernent des actions, des gestes qu'ils savent faire, qu'ils connaissent et pour lesquels ils voient une solution immédiate, déjà connue, généralement technique.**

Suite au retour d'expérience, nous avons constaté que les problèmes liés à la sonorisation des issues de secours ont été communiqués facilement tandis que les difficultés liées à l'utilisation d'un vocabulaire différent entre les personnels « exploitant » et les usagers ont été pointées plus difficilement. Les problèmes de sonorisation peuvent être résolus rapidement grâce à un travail sur la technologie. La nécessité d'un langage commun entre les usagers et les personnels « exploitant » implique un travail à plus long terme sur le savoir-faire en mettant en place une démarche de sensibilisation. Un début de travail avec les opérateurs a eu lieu sur ces différents aspects lors des réunions de retour d'expérience. Les axes de travail dégagés ont été repris par certains d'entre eux.

2.1.4. Le paradoxe du temps

Nous avons pu facilement accéder aux informations concernant les évènements pour la mise en place de la démarche de retour d'expérience. Parfois une difficulté apparaît et concerne la temporalité ou plus précisément ce que nous appelons le paradoxe du temps. Il n'est pas facile pour les personnels de **dégager du temps juste après un événement** pour réaliser un retour d'expérience et cela d'autant plus que ce dernier est mis en place et que **des éléments sont remontés pour lesquels il n'y a pas de solution instantanée**. Pour rendre efficient ces derniers, il est nécessaire de travailler sur le savoir-faire et le savoir-être relationnel qui est chronophage. **Paradoxalement**, pour être convaincu par le retour d'expérience et être partie prenante de la démarche, **il est indispensable d'en voir les effets à court terme**.

Comme le remarquent de nombreux auteurs, si il n'y a pas d'effet rapide de la production de connaissance, ni de reconnaissance, la démarche perd de son sens petit à petit (Gaillard, 2005 ; Wassenhove & Garbolino, 2008).

2.1.5. La culture

Le paradoxe du temps se rapproche d'un autre aspect qui concerne la culture du retour d'expérience sur les facteurs humains et organisationnels. Le système tunnel est un monde technique qui doit, aujourd'hui, cohabiter avec le domaine des facteurs humains. Or, chacun a également sa propre culture et il n'est pas toujours facile de se comprendre.

Les personnes (exploitant, CETU, sapeurs-pompiers, etc.) convaincues par la démarche sur les facteurs humains ont été des leaders auprès de leurs collègues parfois moins enthousiastes. Les personnes non sensibilisées voire insensibles à cette culture créent un obstacle supplémentaire dans la mise en place et la pérennité du retour d'expérience. **Comme tout changement, cette démarche provoque des réticences à sa mise en place.**

Par ailleurs, la prise de contact avec des usagers impliqués dans un événement a montré que ces derniers pouvaient être réticents à l'idée de s'intégrer dans une telle démarche (appels sans suite malgré leur accord préalable). Outre la peur de la sanction, la peur des conséquences judiciaires s'ajoute à la crainte de perdre du temps (il en est de même pour les personnels « exploitant »). Ces réticences peuvent s'expliquer par le nombre incessant de sollicitations, par téléphone ou dans la rue, auxquels les usagers sont parfois confrontés au quotidien pour répondre à des questionnaires de tous types.

La volonté des exploitants de communiquer peut être freinée par la « compétition » ou une certaine « concurrence »[88] entre les gestionnaires qui peut les mener à éviter de divulguer leurs expériences pour préserver des informations qu'ils estiment confidentielles.

2.2. Principaux leviers d'action

Afin de dépasser les difficultés énoncées dans la mise en place du retour d'expérience, à partir des travaux actuels et de notre intervention sur le terrain, nous avons identifié plusieurs leviers d'action. Ils concernent avant tout l'organisation de la démarche puis les outils.
Ces aspects ont fait l'objet de la rédaction d'un guide pratique du retour d'expérience en tunnel routier visant à répondre aux besoins exprimés par les exploitants et à progresser dans ce domaine. Ce guide apporte une méthode et des outils pour la mise en place et la pérennité d'une démarche de retour d'expérience en tunnel routier qui intègre, en sus des aspects techniques, les facteurs humains et organisationnels dans le recueil et l'analyse des évènements. Cette démarche a pour ambition d'apporter un apprentissage au niveau de l'organisation (« apprentissage organisationnel ») et des différents groupes d'acteurs (« organisation apprenante »). Elle s'inscrit dans la perspective, si besoin est, de mettre en place des mesures préventives et/ou correctives et d'intégrer le comportement des usagers aux stratégies de sécurité.

Le guide présente les éléments stratégiques, organisationnels et opérationnels du dispositif de retour d'expérience. Ils devront être adaptés par chaque gestionnaire en fonction de ses objectifs, de ses besoins et du contexte local. Nous reprenons, ici et dans le paragraphe 2.3., les éléments pratiques essentiels proposés dans ce guide. Les propositions sont exclusives des enquêtes menées par le BEA-TT et des enquêtes judiciaires.

2.2.1. Pré-requis

Cette partie définit les principes de mise en oeuvre indispensables à la mise en place et la pérennité d'une démarche de retour d'expérience. Le retour d'expérience doit s'inscrire dans un projet de management volontariste de l'entreprise.

2.2.1.1. Engagement de la direction et définition des objectifs

Afin que le personnel donne de l'importance à la sécurité et à la démarche de retour d'expérience, il est indispensable que la direction soit partie prenante du dispositif et lui donne des objectifs clairs (Wassenhove & Garbolino, 2008).

La direction analyse et définit les besoins de l'organisation en terme de retour d'expérience et éventuellement les besoins en indicateurs pour son tableau de bord. Elle définit des objectifs précis et partagés avec les personnels et alloue les moyens humains, organisationnels et techniques nécessaires. Elle assure également la surveillance et le

[88] Le terme « concurrence » est employé dans le sens où certains exploitants peuvent penser que divulguer les points forts et les points faibles de leurs expériences peut montrer une certaine vulnérabilité ou une image négative du ou des tunnel(s).

contrôle de la démarche de retour d'expérience à partir d'un tableau de bord, de l'entretien annuel d'évaluation des cadres, de la participation aux réunions, etc..

La direction favorise le retour vers les acteurs qui ont témoigné en garantissant l'absence de sanction. Il faut définir et informer les personnels de la limite du niveau de responsabilité (notions de « faute/erreur », de récompense/sanction, etc.) afin que le retour d'expérience puisse se dérouler dans un climat de confiance. **Une charte de conduite, gage du cadre et des objectifs, peut être mise en place et signée par tous afin d'engager et de fédérer l'ensemble de l'organisation dans la démarche**.

2.2.1.2. Désignation d'un chargé de REX

La pratique du retour d'expérience s'appuie sur l'existence d'un chargé de REX qui est l'**élément moteur du dispositif**. Il assure le relais avec les personnels internes et externes à l'exploitant ainsi qu'avec les usagers qui sont la source des informations pertinentes sur un événement en particulier ou un type d'événement donné.

Le chargé de REX **pilote l'organisation de la démarche au sein de l'entreprise en collaboration étroite avec les personnels**. Il est le référent et doit avoir la légitimité nécessaire auprès des différents acteurs et institutions concernés. La personne choisie doit avoir une bonne connaissance de la démarche de retour d'expérience et avoir été officiellement chargée de cette mission par la direction.

2.2.1.3. Engagement du personnel dans la démarche

Si la mise en place des outils et des procédures du retour d'expérience prennent quelques mois, l'acceptation, l'appropriation, l'utilisation adéquate et en toute confiance de l'outil peuvent prendre plusieurs mois, voire des années. Un retour d'expérience opérationnel nécessite une bonne appropriation des modalités et des bénéfices que chacun peut en tirer (Gaillard, 2005 ; Wassenhove & Garbolino, 2008).

Dans ce contexte, **il est indispensable que la direction et le chargé de REX impliquent le personnel dès la mise en place de la démarche** afin de développer la culture du retour d'expérience au sein de l'entreprise. Cette implication consiste entre autres à expliquer les objectifs du retour d'expérience, à expliquer les gains attendus pour l'entreprise et pour chacun en terme d'organisation, de méthode, de confort de travail. Il est nécessaire de rassurer les agents en précisant que le travail sur les comportements ne vise pas à déterminer le(s) responsable(s) de difficultés rencontrées pour le(s) pénaliser mais à trouver des solutions pour éviter ces difficultés.

Idéalement, à ce niveau, la démarche doit être mise en place collectivement (témoignages de pairs d'autres institutions, etc.).

2.2.1.4. Une typologie des évènements d'exploitation

Une définition commune des événements doit être partagée entre les différents acteurs du retour d'expérience. La classification utilisée pour la remontée réglementaire des informations (base de données CETU) et la réalité de l'exploitation montrent que les évènements se produisant dans les tunnels routiers s'organisent autour de plusieurs types

d'événements que nous avons classés en trois familles ou catégories : **l'incident, l'accident et la situation de danger**.
Ces familles tiennent compte du degré de gravité de la situation (conséquences humaines, matérielles, sur l'exploitation). En général, les procédures d'exploitation associées aux types d'évènements d'une même catégorie sont similaires.

Les définitions proposées (Tableau 13) reposent sur celles données par des organismes d'étude officiels (INSEE, etc.) et dans la littérature des sciences du danger.

Tableau 13 : Typologie des évènements en tunnel routier

INCIDENT événement fortuit et imprévisible, qui survient et modifie le déroulement attendu et normal des choses en provoquant une interruption ressentie le plus souvent comme fâcheuse mais sans gravité particulière pour le personnel, l'installation ou l'environnement
Panne événement lié au dysfonctionnement du véhicule (mécanique, électrique, carburant, crevaison)
Événement extérieur événement lié à la mise en place de procédure d'exploitation dans le tunnel consécutive à un événement qui s'est produit à l'extérieur de l'ouvrage (bouchon, accident, saturation trafic, viabilité préventive et curative, pollution, convoi exceptionnel…)
Problème sur les installations événement lié à la mise en place de procédure d'exploitation dans le tunnel consécutive à un dysfonctionnement technique de l'ouvrage (défaillance de la ventilation, travaux, …)
Non répertorié tout incident qui n'est pas défini dans cette typologie
ACCIDENT événement non désiré qui entraîne des dommages vis-à-vis des personnes, des biens ou de l'environnement suite à un choc entre deux ou plusieurs véhicules et/ou entre un ou plusieurs véhicule(s) et l'infrastructure.
Accident corporel événement qui implique au moins un véhicule routier en mouvement, survenant sur une voie ouverte à la circulation publique, et dans lequel au moins une personne est blessée ou tuée. Sont exclus les actes volontaires (homicides, suicides) et les catastrophes naturelles. Sont comptés comme « tuées » les victimes d'accidents décédées sur le coup ou dans les trente jours suivant l'accident. Sont comptées comme « blessées » les victimes d'accidents ayant subi un traumatisme nécessitant un traitement médical (avec ou sans hospitalisation). [source: INSEE.fr].
Accident matériel événement qui implique au moins un véhicule routier en mouvement, survenant sur une voie ouverte à la circulation publique, et dans lequel au moins un véhicule et/ou l'infrastructure a subi des dégâts matériels mais sans conséquence pour les personnes
Non répertorié tout accident qui n'est pas défini dans cette typologie
SITUATION DE DANGER événement qui présente une source pouvant nuire par blessure ou atteinte à la santé des personnes et/ou par dommage aux biens et/ou par dommage à l'environnement
Incendie évènement, spontané ou consécutif à un incident ou accident, lié à un véhicule ou aux installations techniques qui entraîne le dégagement de flammes et de chaleur et/ou de fumée
Marchandises dangereuses événement, spontané ou consécutif à un incident ou accident, lié à l'épandage de marchandises dangereuses transportées par un véhicule ou présentes dans l'environnement
Non répertorié toute situation de danger qui n'est pas définie dans cette typologie

2.2.2. Perspectives en terme d'organisation

2.2.2.1. Quand mettre en place le REX ?

Dans la mesure du possible, la démarche de retour d'expérience doit être mise en œuvre **au plus tôt dans la vie de l'ouvrage**. En tout état de cause, le retour d'expérience doit être engagé le plus rapidement possible après la survenance de l'événement, pour lutter contre la tendance constatée à l'oubli sélectif et aux reconstructions personnelles. Cette nécessaire réactivité suppose des relations, des procédures automatiques et des accords préalables entre les services et organismes concernés.

En pratique, le retour d'expérience (notamment la collecte des témoignages des acteurs) doit être réalisé dans les meilleurs délais : un délai de une semaine à un mois est optimal. Dans le cas des exercices de sécurité, il peut être envisagé une interview « à chaud », réalisée sur place à la fin de l'événement, ce qui paraît difficile à mettre en place pour les évènements d'exploitation.

L'organisation de différents niveaux de partage de connaissances facilite la communication des résultats du retour d'expérience (recommandations notamment) et favorise le management et la gestion de la sécurité.
Dans le cadre du diagnostic, il ressort des différents échanges avec les exploitants que **la diffusion et le partage des enseignements issus du retour d'expérience sur événement ou exercice s'organisent autour d'un espace de partage et d'apprentissage collectif à trois niveaux** (Figure 69) :

- le niveau **local** qui relève de la démarche interne d'entreprise, nécessitant un engagement de la direction et la nomination d'un responsable de la démarche. Suivant les pratiques actuelles des services exploitants, en matière de retour d'expérience, le démarrage de la démarche peut s'avérer plus ou moins facile ;
- le niveau **régional** qui implique les services extérieurs à ceux de l'exploitant (services d'intervention, préfecture, exploitants des départements proches, etc.) afin de favoriser la coopération entre les différentes structures ;
- le niveau **national** qui organise le partage d'expérience entre exploitants d'ouvrage de même typologie avec les services d'intervention et implique les institutions (espace de partage et d'apprentissage collectif). Le CETU est le destinataire des informations dans sa mission de centralisation des informations du retour d'expérience.

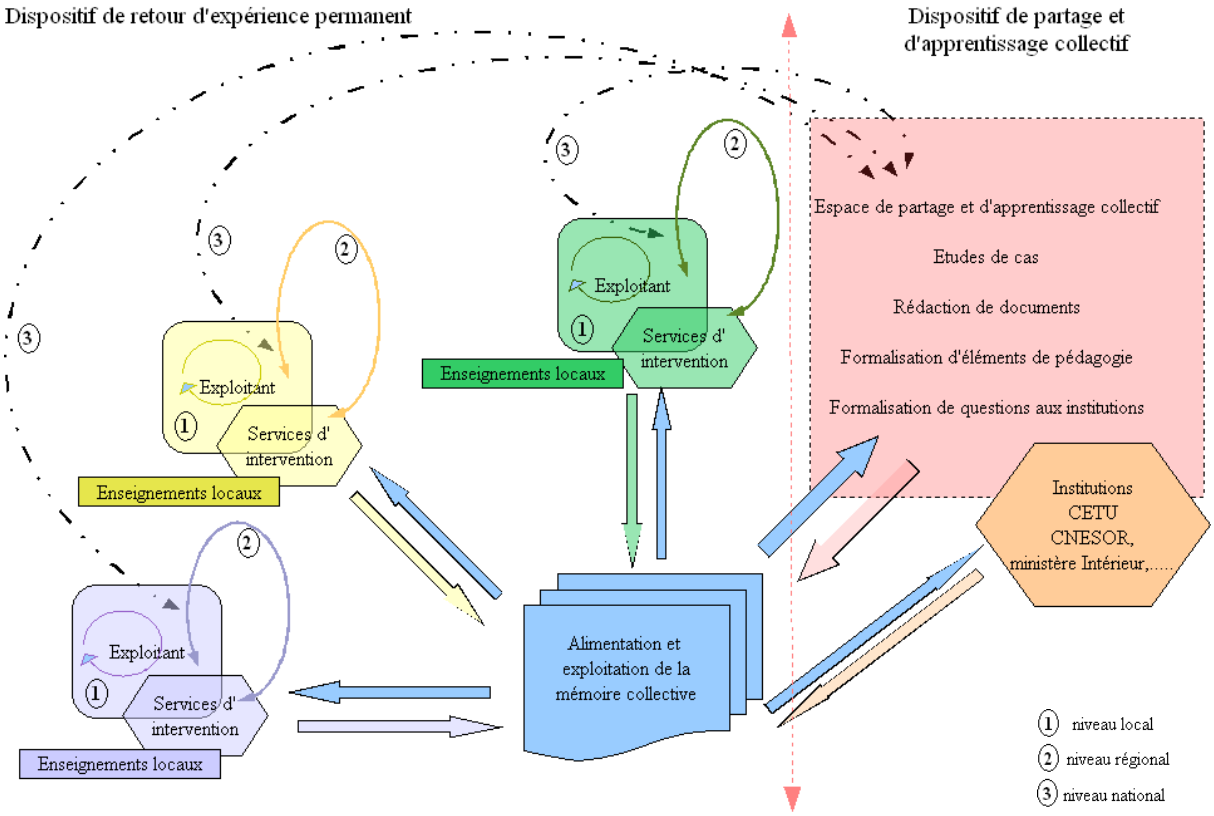


Figure 69 : Les trois niveaux du partage des connaissances dans le retour d'expérience en tunnel routier

2.2.2.2. Les réseaux d'acteurs du REX

Le dispositif de retour d'expérience s'appuie sur des réseaux d'acteurs susceptibles de participer à la gestion des situations de risque et de crise (Figure 70).

D'après leur niveau d'implication dans le retour d'expérience, il y a :

- **les acteurs « officiels » du REX** : les personnels internes et externes à l'entreprise, parmi eux les correspondants REX doivent être les relais pour la collecte des informations et le partage des expériences ;
- **les acteurs de l'événement** : les personnels de l'entreprise, les pompiers, les usagers, etc., qui ont participé à certains événements et qui ont des connaissances ou des rôles les amenant à posséder des informations importantes pour l'analyse de ces évènements ;
- **les experts** (CETU, bureaux d'étude, universitaires, etc.) peuvent aider à analyser les données et à déterminer les enseignements à tirer des évènements et dysfonctionnements.

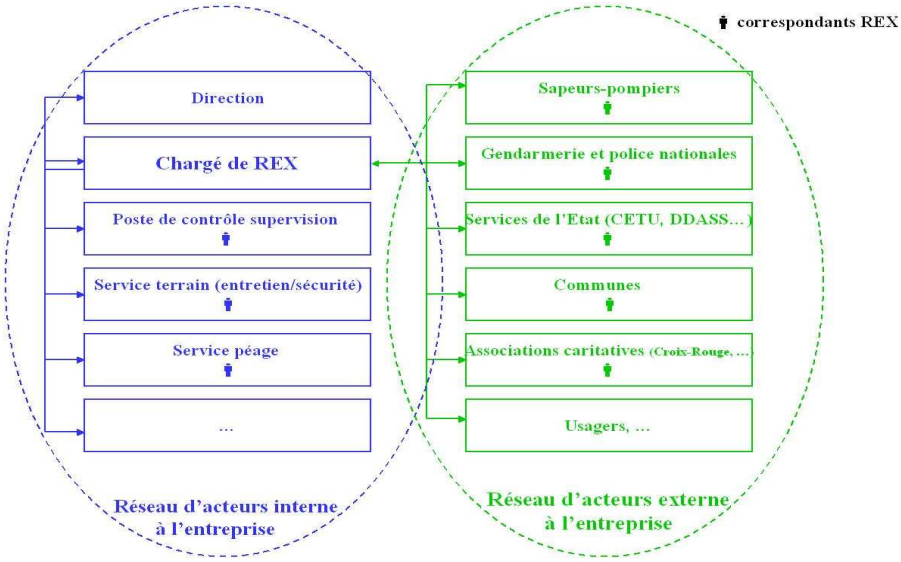


Figure 70 : Exemple d'organisation des réseaux d'acteurs du REX

Afin que la recherche de solutions passe par des concertations entre les différents acteurs, en fonction de l'évolution de l'ouvrage et des besoins en analyse, **un ou plusieurs collectifs doivent s'organiser localement pour réunir les personnels** (opérateurs supervision, agents terrains, agents de maintenance, chef de PC). Ils s'inscrivent dans la perspective de **permettre un apprentissage commun et simultané sur les contenus techniques innovants, la gestion des évènements et le comportement des usagers**. La base de données est alimentée par les membres du collectif. Les informations issues de la base donnent des indicateurs et peuvent être utilisées par les membres pour leur activité, leur travail et l'échange collectif . Elle permet aux personnes de se rencontrer et d'échanger sur les pratiques. Elle fournit des indicateurs à la direction en donnant des enseignements collectifs (Figure 71).

Ces collectifs doivent aussi contribuer à l'analyse des informations du retour d'expérience. Ils peuvent organiser et participer à un ou plusieurs groupes de travail REX en interne à l'entreprise ou travailler avec des experts autour de sujets précis.

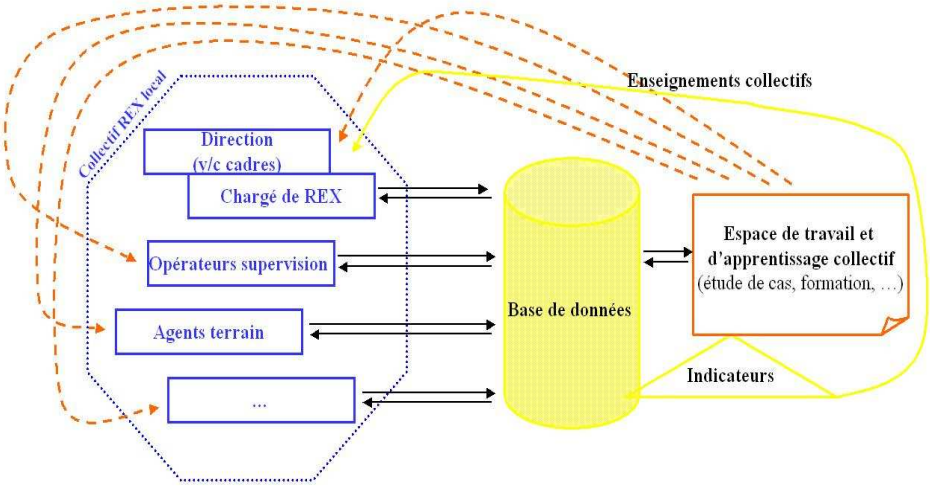


Figure 71 : Exemple d'organisation d'un collectif local de REX

Au-delà de l'organisation, la démarche de retour d'expérience nécessite des outils.

2.2.3. Perspectives en terme d'outils

Sur la base de l'existant dans différents domaines et de la méthode REXAO, notre travail de recherche a permis de mettre en place et de proposer une méthode et différents outils pour l'évolution du retour d'expérience.
Ces outils sont des propositions ; elles doivent être déclinées et adaptées aux objectifs donnés au retour d'expérience. La mise en place et la pérennité d'une démarche de retour d'expérience sur les facteurs humains et organisationnels nécessitent avant tout une organisation particulière de l'entreprise comme celle mise en place au sein de la société Cofiroute (Ecole des Mines de Paris - Cofiroute, 2005).

2.2.3.1. L'échelle de REX

✷ **Détermination du niveau de REX**

Un point essentiel de la démarche réside dans l'adaptation de l'investissement au potentiel d'apprentissage qu'un événement est susceptible d'apporter afin d'optimiser les ressources de l'entreprise. Le niveau de retour d'expérience à réaliser est déterminé à partir d'une grille de sélection, l'échelle de REX (Figure 72), qui comporte deux critères :

- **la gravité de la situation et de sa gestion** (« faible », « moyenne » ou « forte ») ;
- **la nouveauté de la situation** (« prévu dans le PIS[89] » ou « non prévu dans le PIS »).

Le croisement de ces deux critères permet d'obtenir le niveau d'analyse à mettre en œuvre :

- **niveau 1 :** la fiche main courante ;
- **niveau 2 :** la note de synthèse d'événement ;
- **niveau 3 :** le rapport d'événement ;
- **niveau 4** : l'enquête du BEA-TT et/ou l'enquête judiciaire.

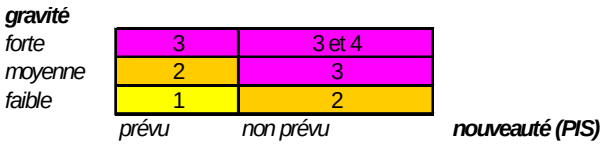


Figure 72 : Proposition d'une échelle de retour d'expérience en tunnel routier

Chaque niveau correspond à un niveau de formalisme bien précis, du plus simple au plus détaillé, qui facilite la lecture et le partage des connaissances entre services et structures. Cela permet également de faire des analyses transversales, étendues selon les besoins, à partir de plusieurs retours d'expériences.

✷ **Evaluation de la gravité de l'évènement**

Le niveau de gravité d'un événement est déterminé à partir d'une grille d'évaluation[90] qui pondère les conséquences humaines, matérielles, sur l'exploitation, en

[89] Plan d'Intervention et de Sécurité.
[90] Cf. Annexe 7-A.

fonction du type d'événement. Pour chacune des conséquences, plusieurs paramètres (nombre d'impliqués, de véhicules, etc.) et seuils de gravité ont été définis. Chaque paramètre contribue de manière proportionnelle à la détermination du niveau de gravité.

Les paramètres et les seuils proposés ont été définis à partir de l'analyse conduite sur la base de données 2006-2007 et nos observations de terrain. Ils doivent être adaptés aux enjeux de l'entreprise et si besoin au contexte local. Ceux-ci ont été choisi en étroite collaboration avec un des régulateurs du PC CESAM pour leur pertinence vis-à-vis de leur possibilité d'utilisation au quotidien par les agents. Nous renvoyons ici le lecteur à l'exemple proposé en annexe.

2.2.3.2. Formalisme des retours d'expérience

✴ **REX de niveau 1 : la fiche main courante**

Il correspond à un premier niveau d'analyse pour l'exploitant et, dans une perspective d'évolution, au niveau réglementaire du retour d'expérience.

➘ Au niveau local, ce premier niveau de traitement vise à **tracer et enregistrer l'ensemble des évènements**, en particulier ceux dont la situation a été maîtrisée avec les plans d'actions et moyens prévus et qui n'ont pas eu de conséquence grave. Il contribue à alimenté un tableau de bord d'indicateurs de suivi du retour d'expérience[91] choisis avec la direction.

Les informations de base sur l'événement sont données sous la forme d'une « check-list » : la fiche main courante[92]. Elle tient sur une page pour servir à l'indexation de l'événement à partir d'informations qui concernent le contexte (lieu date, etc.), les moyens mis en œuvre (plan d'actions) et les dommages. Selon nous, la prise en compte des signaux faibles à partir d'une fiche appropriée s'intègre également à ce niveau.

➘ Au niveau national, la remontée réglementaire des informations dans la base de données du CETU vise à recenser tous les évènements qui surviennent dans les tunnels routiers de plus de 300 mètres de long appartenant à l'Etat afin de pouvoir établir un diagnostic statistique fiable du fonctionnement de ces ouvrages sur le réseau français national.

Dans le cadre d'une évolution du retour d'expérience réglementaire, **il pourrait être envisagé que soit extrait de la fiche main courante une dizaine d'informations** qui devront remonter au niveau national (Tableau 14). Pour des analyses spécifiques, le CETU peut également demander aux exploitants de transmettre les notes de synthèse et les rapports d'évènements.

[91] Cf. Annexe 7-B.
[92] Cf. Annexe 7-C.

Tableau 14 : Exemple de tableau national des évènements en tunnel routier

numéro	nom de l'ouvrage	type d'événement	date	heure	circulation pendant l'événement	véhicule(s) à l'origine				niveau de REX	référence PV et/ou CR	hypothèse(s) sur les cause(s)
						moins 3,5t	plus 3,5t	2 roues	VTMD			
4210	O.	panne (sans incendie)	12-sept	14:00	fermeture totale du tube		1			1		crevaison
4211	C.	panne (suivi d'un incendie)	03-oct	23:40	pas de restriction		1			1		mécanique (casse turbo)
4212	C.	accident corporel (sans incendie)	19-avr	12:05	fermeture totale d'un sens	3				2		choc entre 3 véhicules,…
4213	F.	accident corporel (suivi d'un incendie)	11-juil	07:20	fermeture totale d'un sens	1		1		3		
4214	F.	accident corporel (sans incendie)	06-déc	22:15	fermeture totale d'un sens	1	1			1		
4215	S.	accident corporel (suivi d'un incendie)	17-sept	16:30	fermeture totale des 2 sens		1		1	1		

✷ REX de niveau 2 : la note de synthèse d'évènement

Ce niveau permet de décrire en particulier des **situations potentiellement graves qui ont pu être évitées ou limitées**. Ces évènements ont souvent un potentiel de dommages plus grand que ce qui est réellement arrivé (« presque-événement »). Ils sont propices pour **approfondir la connaissance des menaces et des vulnérabilités du système et font émerger les moyens pour s'en protéger**.

La note de synthèse d'événement[93] se présente sous la forme d'un dossier d'environ cinq pages avec : la fiche main courante comme couverture, un résumé de l'événement et de sa gestion, une analyse du risque rencontré (modèle « nœud papillon », etc.), les enseignements tirés et les suites à donner.

Pour des points particuliers ressortis de l'analyse, des enquêtes peuvent être menées auprès des usagers ou des personnels « exploitant ». Un exemple d'enquête conduite auprès d'usagers, réalisée dans le cadre du projet ACTEURS, est présenté dans le rapport *« Les comportements des usagers en situation de traversée normale des tunnels. »* (Noizet, 2005b).

✷ REX de niveau 3 : le rapport d'évènement

Ce troisième niveau de retour d'expérience correspond à des **évènements nouveaux, non prévus dans les plans d'intervention et de secours** (PIS). Il permet également de relever des évènements attendus dont la gestion n'a pas pu être assurée par le plan d'actions, ayant eu des conséquences graves.

Par rapport aux niveaux précédents, ce niveau doit prendre en compte **la dynamique de l'événement, ses causes, ses conséquences ainsi que les différentes activités réalisées pour le gérer**, ceci à partir d'une série représentative d'**interviews** faite avec les personnes impliquées dans l'évènement (différents niveaux hiérarchiques et organisations concernés). Un maximum d'informations émanant de sources différentes donne une meilleure fiabilité des informations et un éclairage plus complet de l'événement. Une part importante de l'analyse est effectuée à partir des récits fournis par des acteurs de l'événement.

Le niveau 3 donne lieu à la rédaction d'un rapport d'évènement qui reprend notamment la fiche main courante comme couverture et la note de synthèse d'évènement comme résumé. Il intègre l'analyse et la reconstitution du déroulement de l'événement (modes d'organisation mis en place selon les plans existants ou spontanément, stratégies réelles ou

[93] Cf. Annexe 7-D.

hypothétiques employées par les acteurs) à travers les témoignages, la mise en place d'un chronogramme et, éventuellement, l'analyse des images de vidéosurveillance.
Ce niveau se termine par une phase de validation des résultats de l'analyse, sous forme d'une **réunion « miroir »** avec si possible tous les acteurs impliqués, centrée sur les enseignements à tirer de l'analyse de l'événement, et notamment sur les aspects positifs (ce qui a bien fonctionné) et sur les suggestions qui vont permettre d'améliorer les points moins performants. L'analyse conduite à ce niveau donne des études de cas pouvant servir à la formation des acteurs d'un événement.

2.2.3.3. Synthèse de la démarche proposée

Sur la base des principes énoncés et de la démarche proposée, le schéma suivant donne un exemple d'organisation de dispositif de retour d'expérience (Figure 73). Notre propos vise à prendre en compte les aspects techniques, humains et organisationnels afin que l'approche du retour d'expérience soit une démarche globale. L'analyse d'un événement peut suivre en premier lieu un processus de traitement si possible automatique (niveau 1, statistiques). Ce niveau relève principalement des agents qui peuvent saisir, contrôler et extraire les données. Dans l'étape suivante, le traitement des informations nécessite l'intervention de la hiérarchie et du chargé de REX. L'analyse en sera faite à partir d'une approche plus qualitative (niveaux 2 et 3).

Lorsqu'un **événement** survient les opérateurs de supervision appliquent les procédures en adéquation avec l'événement. Pendant son déroulement un grand nombre d'informations sont enregistrées automatiquement dans différents type de main courante : fax reçus ou émis, plans d'action lancés avec leurs résultats, etc.. Ces informations renseignent une **base de données** de laquelle peut être extrait les éléments nécessaires au retour d'expérience de **niveau 1** (fiche main courante, REX réglementaire) ou employés pour d'autres statistiques portant sur l'évolution de l'exploitation (maintenance, etc.). Le REX de niveau 1 alimente la **base documentaire du REX** à partir des **statistiques sur les évènements** et leur traitement.

Le potentiel d'apprentissage de l'événement détermine si il est nécessaire d'approfondir l'analyse par un retour d'expérience **de niveau 2 ou 3**. Ces niveaux peuvent également être mis en œuvre lorsqu'au niveau précédent l'occurrence de certaines observations est élevé et pour des besoins particuliers d'analyse (question des demi-tours, etc.). Chaque niveau alimente la base documentaire.

L'ensemble des données contenues dans la base documentaire sert de support à la mise en place, l'évaluation et l'adaptation des **documents de management** (rapports d'expertise, plans d'intervention, etc.) nécessaires à la sécurité. Cela implique le retour sur le dispositif existant. L'analyse des informations peut conduire à des **axes de vigilance** et des **recommandation**s entourant la gestion des situations.

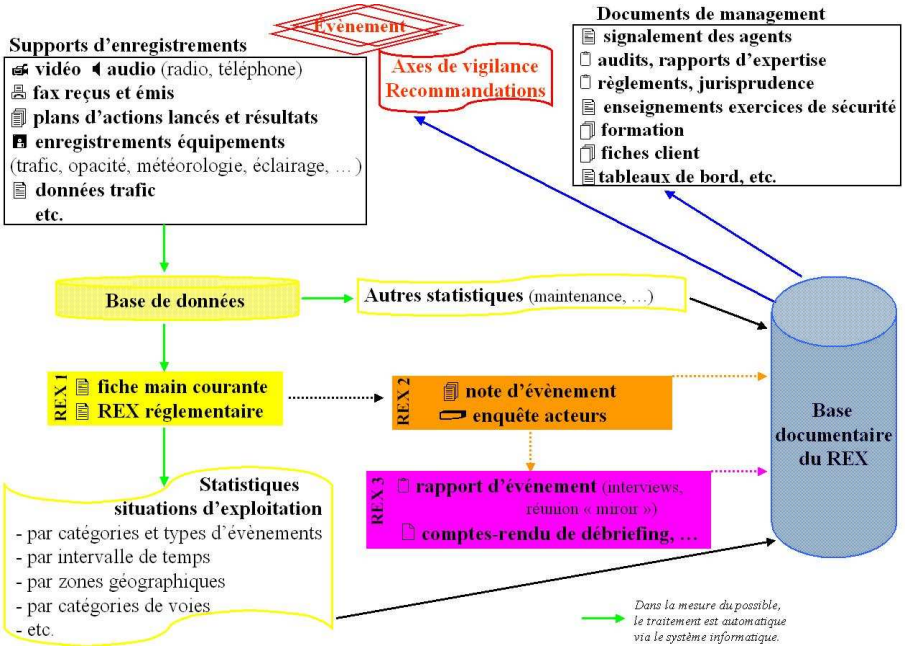


Figure 73 : Exemple d'organisation de dispositif de retour d'expérience

2.3. Le retour d'expérience sur exercices

En plus des exercices traditionnellement mis en œuvre par les exploitants, nous proposons la réalisation d'exercices « instrumentés » qui permettent d'aller plus loin dans la connaissance et la gestion des risques.

2.3.1. Organisation du dispositif de REX sur exercices

La mise en œuvre d'un exercice de sécurité peut être résumée en trois étapes : la préparation, la réalisation et l'apprentissage. Chaque étape comprend plusieurs phases qui correspondent chacune à un objectif et à une mission pour l'exploitant (Figure 74).

Le retour d'expérience sur les évènements d'exploitation aide à **préparer** les exercices. Les points sensibles repérés et collectés peuvent faire l'objet d'exercices périodiques. Les exercices contribuent également au dispositif de retour d'expérience. Ils sont des sources d'enseignements qui permettent l'amélioration des procédures, des organisations et des fonctionnements des équipements. L'analyse de l'exercice et/ou l'analyse d'évènements d'exploitation permettent de **dégager des axes de vigilance** sur des points technique, humain et organisationnel qui peuvent guider le contenu et l'observation des exercices futurs (comparaison de résultats, pré-tests de nouveaux systèmes, etc.). Les exercices « instrumentés », que nous proposons d'intégrer dans les démarches existantes, permettent également l'amélioration des plans d'actions en intégrant les durées des actions et les détails de réponse du processus.

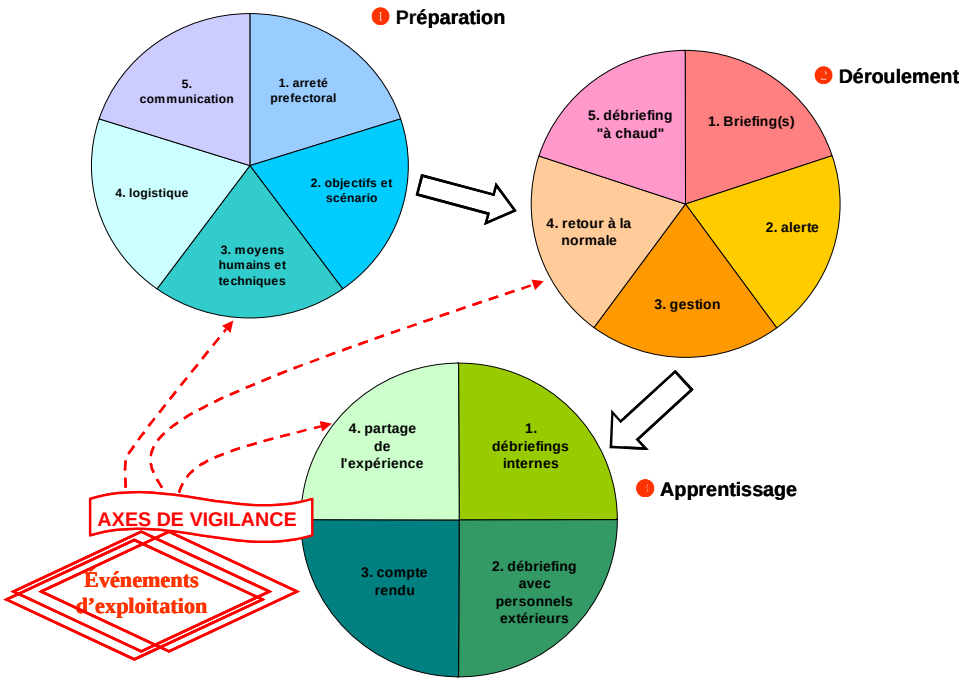


Figure 74 : Les trois étapes d'un exercice de sécurité en tunnel routier

L'organisation et l'analyse des exercices « instrumentés » nécessitent une attention particulière en matière de management de projet et impliquent une prise en charge logistique des observateurs et des plastrons *a priori* plus nombreux que dans un exercice traditionnel. Nous rappelons ici les principaux enseignements.

2.3.2. Les participants et leur mission

La liste des participants pour un exercice dépend en partie de la nature de l'exercice et de son amplitude. Elle prend en compte les organisateurs, les acteurs de l'événement (professionnels et usagers) et les personnes chargées de la collecte d'informations pour l'analyse de l'événement (observateurs et interviewers).

2.3.2.1. Les observateurs

Un exercice contribue à former les personnels qui pratiquent leur fonction habituelle. Il participe également à l'apprentissage des observateurs désignés par la prise de recul qu'il donne sur les pratiques et les attitudes des acteurs lors de la gestion des événements, notamment dans les relations entre personnes, organismes et niveaux hiérarchiques.

Pour favoriser l'apprentissage, les observateurs sont des personnels de l'entreprise (agents, cadres, etc.). Ce peut également être des personnes appartenant à des structures extérieures (pompiers, université, etc.). Les observateurs doivent être **préalablement informés des points essentiels liés aux procédures.**

Chaque observateur, appartenant à l'une des structures impliquées dans la gestion des évènements, a ainsi l'occasion de prendre du recul par rapport à ses missions habituelles et peut prendre conscience des relations qui s'établissent entre personnes et entre structures. Cet aspect est important pour favoriser les collaborations lors des événements et des crises

à gérer. Mieux se connaître permet de mieux agir ensemble. Si cela est possible, les personnes seront affectées à des structures différentes de la leur, afin qu'elles puissent percevoir l'organisation d'un point de vue différent de celui qu'elles ont dans leur mission habituelle.

2.3.2.2. Les usagers

Pour jouer le rôle « d'usagers », il est recommandé de faire appel à des personnes le plus éloignées possible de la gestion quotidienne des tunnels routiers afin qu'elles aient un comportement spontané. Ce peut être des personnels de l'entreprise, des étudiants, etc..
Les exercices « instrumentés » sont **l'occasion pour ces personnes d'être sensibilisées aux dangers et aux dispositifs de sécurité existants**.

2.3.2.3. Les interviewers

Ce sont si possible les correspondants REX déjà formés à cette pratique. Des personnels de l'entreprise ou des étudiants en sciences humaines et sociales peuvent également convenir pour cette mission. Ces personnes doivent être **préalablement formées à la conduite d'interviews**.

2.3.3. Ce qu'il faut prévoir pour l'instrumentation

L'organisation et la préparation d'un exercice « instrumenté » doit être réalisé en collaboration et en accord avec les autorités et les correspondants REX concernés.

2.3.3.1. Le management avant l'exercice

Il est nécessaire de désigner le ou les responsables de l'organisation et de l'analyse de l'exercice (idéalement le chargé de REX). Cette personne est le relais de l'intervention proposée et sera plus particulièrement le garant du suivi de l'instrumentation au sein de l'organisation afin que les acteurs puissent s'approprier les résultats.

Pour faciliter l'appropriation, il est indispensable de mettre en place une **communication interne expliquant la démarche**. Celle-ci vise à préparer les acteurs des différents services à accepter de travailler sur des pistes d'amélioration sans mettre en cause les responsabilités. Cela permet un retour sur le déroulement de l'évènement, de valoriser les actions qui ont favorisé la gestion de l'événement et de déterminer si besoin est les axes de progrès qui vont permettre de l'améliorer.

2.3.3.2. La logistique

Cette partie prend en compte la sollicitation, l'accueil, la préparation et l'accompagnement sur les lieux de l'exercice des participants. Une attention particulière doit être portée au **recrutement des participants** (usagers et observateurs), **l'accueil** et les **briefings**, les **débriefings** des participants. Elle concerne également les **outils** pour la collecte des données et tout autre élément pratique (moyens pour la simulation, etc.).

2.3.3.3. Le management après l'exercice

Le compte-rendu correspond à une analyse globale et systémique des différentes observations recueillies. Il doit mettre en avant les points positifs et négatifs apparus dans

l'analyse des données. Les outils d'analyse sont adaptés aux objectifs et correspondent à ceux présentés pour le retour d'expérience sur les évènements d'exploitation (chronogramme, « nœud papillon », interview, cycles de décision, etc.).

Cette étape est importante car si elle met l'accent sur des aspects positifs, elle permet également de soulever des difficultés. Elle est l'occasion pour toute la chaîne hiérarchique des différents acteurs de s'approprier les résultats. Elle conditionne la recherche de solutions et leur mise en œuvre.

A partir des éléments saillants apparus lors des débriefings, il faut choisir la méthode la plus appropriée pour la restitution des résultats. Elle peut être réalisée en deux temps :

- une phase de **restitution des résultats à l'encadrement** avec la présence d'au moins un des observateurs ;
- une réunion de **partage des expériences** (réunion « miroir ») avec les acteurs dans laquelle l'encadrement et les acteurs échangent librement sur le fil conducteur et les résultats de l'analyse. Idéalement, elle implique les différents services concernés.

3. Accompagner les changements organisationnels en tunnel routier

Notre étude est orientée sur le recueil et l'analyse de données concernant le comportement humain, et notamment des usagers en interaction avec les personnels « exploitant ». Les données sont obtenues à partir du travail sur les représentations ainsi que l'analyse de plusieurs évènements et exercices « instrumentés ». Après avoir discuté de notre méthode de recherche et de ses résultats, nous ouvrirons notre travail à de nouvelles perspectives.

3.1. Discussion

Le contexte particulier de la sécurité en tunnel routier est à l'origine de notre travail de recherche. Les observations du terrain ont donné des éléments pour définir une problématique que nous avons enrichi tout au long de notre intervention ; d'abord sur la base d'études entourant notre objet de recherche et issues de plusieurs domaines scientifiques mais aussi par la pratique et les retours sur notre travail. Nous avons orienté nos hypothèses de travail à partir de la similarité existante entre les observations provenant de la littérature et celles du domaine des tunnels routiers. **Trois axes principaux ont guidé notre recherche : la compréhension du comportement des usagers, l'évolution du retour d'expérience et l'adaptation des dispositifs de sécurité**. Afin de mettre à l'épreuve nos hypothèses, nous avons construit notre étude autour de plusieurs méthodes et outils. Avant de discuter de ce point, précisons que quatre critères sont généralement utilisés pour évaluer la qualité d'une recherche (Gatot, 2000) :

- la **validité du construit** : adéquation des mesures aux phénomènes étudiés ;
- la **validité interne** : les variations de la variable de réponse (ou variable dépendante) sont fournis par les variations de la variable indépendante (ou explicative) ;

- la **validité externe** : possibilité de généraliser les résultats et les conclusions de la recherche à l'ensemble du domaine investigué ou, éventuellement, à un domaine plus vaste ;
- la **fiabilité** : l'étude peut être répétée et la même méthodologie aboutirait à des résultats identiques.

Ces éléments sont traités en filigrane tout au long notre discussion.

3.1.1. La méthode d'étude

Notre travail repose sur l'observation du contexte de la sécurité en tunnel et du comportement des usagers. Afin de mieux appréhender les procédures et les pratiques de la gestion des évènements, nous avons passé de nombreuses heures sur le terrain et en particulier au sein du PC CESAM.

Dans une recherche-action, l'**implication du chercheur sur le terrain** peut modifier les représentations des intervenants, et réciproquement. Les interactions entre le chercheur et le phénomène étudié sont essentielles dans la recherche-action. Les conditions de neutralité et d'objectivité du chercheur, requises par les approches classiques, ne sont en effet *a priori* pas satisfaites. Néanmoins, cette non-neutralité de l'observateur caractérise de plus en plus les méthodes expérimentales et ne semble pas spécifique à la recherche-action. La nécessité de neutralité apparaît pour beaucoup d'auteurs comme exagérément contraignante et les incite à remettre en cause ces approches (Gatot, 2000). Notre implication a permis de collecter des données à partir de plusieurs procédures expérimentales et ce, sur une période prolongée.

Le travail à partir des **évènements d'exploitation** présentent l'avantage de recueillir des témoignages de personnes ayant vécu une situation réelle d'incendie en tunnel routier. Les témoignages sont recueillis au plus tôt après la survenance de l'événement mais *« Une des limites de cette approche est qu'elle amène les individus, observateurs ou observés, à reconstruire des récits a posteriori des événements. »* (Latiers & Jacques, 2007, pp. 6-7). De plus, le nombre de témoignages recueillis pour un même événement est limité. L'accès aux données en situation réelle présentant certaines limites et le retour d'expérience intégrant les exercices de sécurité comme source de connaissance et d'apprentissage, nous avons mené une seconde étude à partir de l'observation du comportement humain en situation simulée d'incendie.

Au début de la recherche, nous nous sommes interrogés sur la possibilité et la pertinence d'organiser des **exercices « inopinés »** qui se voudrait être une forme de simulation se rapprochant au plus près d'une situation réelle d'urgence. Cependant, la mise en place d'un tel protocole d'étude demande des moyens supplémentaires et conséquents pour un exploitant. Il s'accompagne de nombreux risques et désagréments pour les usagers. Il ne peut être réalisé sans les informer au préalable à minima. La loi Huriet-Sérusclat fixe des règles de protection des personnes participant à des recherches biomédicales et définissent les principes qui doivent guider les essais cliniques avec la participation d'êtres humains. A notre connaissance, ce texte est le seul à se rapprocher de ces préoccupations et à pouvoir

être utilisé pour encadrer d'un point de vue éthique ce type de démarche. Nous n'avons pas mis en place ce type d'exercice car les démarches sont lourdes et notre terrain de recherche nous offrait d'autres possibilités.
Le **travail par simulation** (exercices « instrumentés ») de la gestion d'une situation de danger permet d'observer les sujets dans une situation proche d'un incendie. Il est l'occasion de recueillir un plus grand nombre d'observations et d'approfondir des points particuliers au cours d'un même exercice. Les sujets peuvent cependant se comporter différemment lors d'une simulation et lors d'une situation d'urgence réelle. Pour limiter les biais de la simulation, nous avons essayé de reconstruire et de mettre les participants dans des conditions les plus proches possible de la réalité. Pour cela nous les avons informé le moins possible sur le scénario de l'exercice et la conduite à tenir. Lors de notre analyse, nous avons identifié et dissocié les éléments provoqués par les biais de la simulation.

Si dans notre travail l'observation de certaines situations et certains comportements ne sont pas possibles, limités ou non représentatifs de l'ensemble des situations (Lemoine, 2003), la complémentarité des terrains d'étude (différents type de tunnels, etc.) et des méthodes de recherche (témoignages, observations transversales, observations sur le terrain, méthode statistique, etc.) mérite d'être rappelée. En effet, une approche centrée sur des micro-situations est importante pour l'analyse des situations complexes (Latiers & Jacques, 2007). Comme le souligne Reuchlin (1998, p. 32), le **caractère contrôlable des résultats** fournit par la méthode d'observation *« Implique une possibilité de répétition qui peut utiliser des modalités différentes : répétition dans le temps, sur des individus différents, répétition grâce à des observateurs différents placés simultanément devant le même fait. »*.
En situation de danger réelle ou simulée, l'évaluation du comportement porte sur des situations similaires mais les conditions expérimentales ne peuvent pas être identiques. Ceci renvoie au **contrôle des variables parasites** que nous avons appliqué autant que faire ce peut et qui permet d'organiser les expériences de façon telle que les variations observées dans le comportement puissent être interprétées sans erreur et de façon aussi précises que possible. L'ensemble de nos résultas convergent, notre méthode semble remplir ce critère.

Ces limites ne doivent cependant pas masquer les contributions de la recherche qui sont d'ordres théorique, méthodologique et pratique. Elles apportent des connaissances sur le fondement du comportement des usagers en situation de danger et sur l'évolution du retour d'expérience en tunnel routier.

3.1.2. Les résultats

Nous avons construit notre méthode d'étude à partir de travaux réalisés sur le comportement humain face à différents types de situation. Ceci a facilité l'interprétation et la comparaison de nos résultats avec ceux issus d'autres recherches.

3.1.2.1. Sur le comportement usagers

Les différents travaux menés dans notre recherche et par d'autres chercheurs convergent sur de nombreux points. Ils donnent des **éléments de compréhension** sur le comportement des usagers pouvant être **pris en compte dans des projets de construction**

et/ou d'aménagement de tunnels. Ils permettent de définir précisément les informations les plus pertinentes à transmettre aux usagers aussi bien au cours des évènements que lors de campagnes d'informations. Cette méthode peut également être ciblée en fonction de besoins spécifiques d'analyse à l'exploitant (bouchon, casse-turbo, etc.).

Aujourd'hui, il apparaît approprié de recueillir des témoignages d'usagers qui attendent dans leur véhicule ou rejoignent des sorties de secours. Aucune stratégie n'a pour l'instant pu être mise en place pour retrouver des personnes qui doublent le véhicule à l'origine de l'événement ou font demi-tour. En effet, il n'est pas possible d'utiliser des images de vidéosurveillance à des fins d'identification, étape pourtant nécessaire pour contacter la personne. Si nous n'avons pas pu obtenir de réponse formelle concernant la garantie de la sécurité juridique des exploitants qui souhaitent utiliser leurs enregistrements de vidéosurveillance à des fins de partage d'expériences et de pédagogie, notre intervention laisse apparaître la possibilité de conserver quelques images utilisées pour des évènements dont l'analyse est approfondie (témoignages des acteurs, etc.) et dans un cadre éthique précis (mise en place d'une charte de fonctionnement, etc.).

Notre étude repose sur des travaux issus du domaine des tunnels routiers (Boer, 2002 ; Noizet, 2005a ; Noizet & Mourey, 2006) qui eux-mêmes font référence à ceux menés par les chercheurs nord-américains (Proulx, 2001a, 2007b ; Proulx & al., 2006). Les travaux effectués sur le comportement en situation d'évacuation en tunnel étant peu nombreux, nous avons adapté le protocole expérimental aux terrains et aux objectifs de nos études de cas. En effet, il est important de prendre du recul face aux méthodes et outils variés qui sont proposés et de déterminer les solutions les plus adaptées en fonction de la réalité du terrain. Nous sommes partis d'une grille d'entretien qui a évolué au fil de la recherche.
Pour les témoignages recueillis à la suite d'événements d'exploitation, selon le temps disponible et les premières réactions de l'usager certaines questions concernant le « profil » n'ont pu être posées. La grille d'entretien est une grille de lecture et les questions traitées sont adaptées à l'événement et au discours de l'interviewé. Ceci peut être source de perte d'informations.

L'ensemble de nos observations nous ont conduit à proposer un modèle cognitif des usagers. Il s'appuie sur les témoignages d'un panel d'une centaine d'usagers que nous avons essayé de rendre le plus représentatif possible de la population. Comme le note Reuchlin (1998, p. 68), *« La dispersion des estimations autour du paramètre sera d'autant plus faible que le nombre d'éléments inclus dans l'échantillon sera plus grand »*. D'après Denis-Rémis (2007, p. 127), *« La complexité du raisonnement humain ne peut prétendre à être formalisée par un seul modèle. »*. Notre **modèle** possède des limites, il est notamment **simplificateur** et nos recherches ne peuvent en aucun cas se prétendre exhaustives.
Pour améliorer notre modèle, il pourrait être envisagé d'utiliser le modèle « de la perception du danger à la mise en place de comportements de sécurité » développé par Denis-Remis (2007) dont le travail repose sur le lien entre l'information fournie pour obtenir des comportements de sécurité et la réalisation effective de ces comportements à travers la formation. Ce modèle a notamment permis d'identifier les éléments de succès

d'une formation à visée comportementale. Il pourrait être une aide pour approfondir la connaissance du comportement des usagers confrontés à une situation de danger en tunnel routier ainsi que des moyens favorisant et facilitant l'auto-évacuation.

Dans l'avenir, l'implication des usagers dans la démarche doit également prendre en compte les difficultés énoncées. Pour poursuivre l'analyse du comportement humain il est important de proposer aux usagers un **travail de collaboration** qui explique la démarche (objectifs, anonymat, etc.) en prenant le moins de temps possible et à travers laquelle ils puissent avoir des informations sur la sécurité en tunnel (dispositifs de sécurité, conduite à tenir, etc.). Cette démarche devra également prévoir un **retour** pour l'usager sur les conclusions de l'étude. En effet, il est important de poursuivre la collaboration avec les usagers pour adapter le système tunnel au plus près de leur comportement réel et permettre ainsi de contribuer à l'amélioration de la sécurité en tunnel routier.

3.1.2.2. Sur le retour d'expérience

Notre travail a mis en évidence des éléments objectifs de compréhension sur le comportement des usagers et a permis de proposer des évolutions sur les dispositifs de sécurité visant à favoriser et à faciliter l'évacuation des usagers. Cependant, ces trois années n'ont pas été suffisantes pour transformer le retour d'expérience en une véritable boucle de partage entre les différents acteurs. Les interactions sous une forme ou une autre entre usagers et personnels « exploitant » mettent l'accent sur la nécessité de considérer le comportement de ces derniers pour le retour d'expérience.

La prise en compte des facteurs humains et organisationnels dans le retour d'expérience participe à l'amélioration de la sécurité du système dans lequel il est mis en place. Il contribue à faire diminuer le nombre de situations de danger et à augmenter le niveau de sécurité. **Prendre en compte les facteurs humains et organisationnels dans le retour d'expérience demande de l'énergie supplémentaire par rapport aux aspects techniques**. Il apparaît que l'énergie à déployer pour apprendre du fonctionnement réel du système est inversement proportionnelle au gain apporté par le retour d'expérience en terme de sécurité (Figure 75).

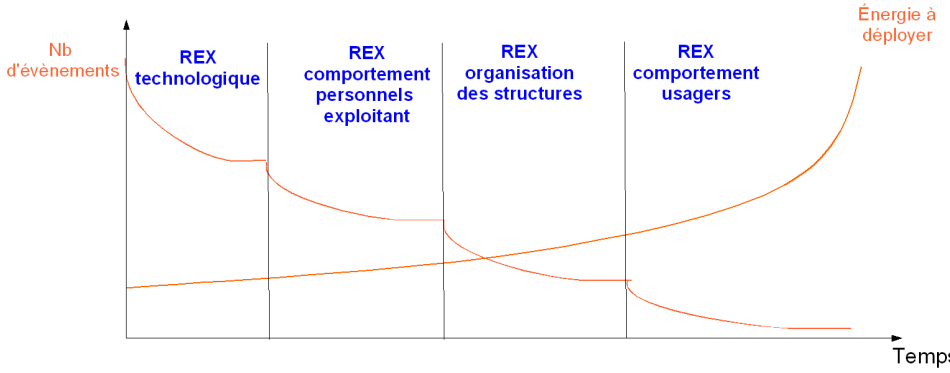


Figure 75 : Evolution et énergie à déployer pour la gestion de la sécurité en tunnel routier

Dans un premier temps, introduire les facteurs humains et organisationnels dans un processus de retour d'expérience implique de mettre en place de nouveaux outils, de nouvelles méthodes et de modifier l'organisation.
Plusieurs outils ont été élaborés puis mis en place à des fins de recherche et de pratique. Ils peuvent être utilisés pour analyser et comprendre les facteurs et mécanismes en jeu lors d'évènements en tunnel routier. Ils rendent possible le recueil de l'expression des acteurs de l'événement. Ces outils permettent de communiquer et de redonner du sens dans le cadre du partage d'expérience. Ils s'inscrivent dans la perspective de rendre la coordination entre les différents acteurs tel un élément facilitateur dans la gestion des évènements.

Au-delà de la collecte d'information, le retour d'expérience est avant tout une démarche d'analyse et de partage des expériences qui doit déboucher sur des constats et sur des pistes de progrès. Il contribue à la culture de sécurité des agents et vise l'amélioration de l'ouvrage et de sa gestion tout au long de son évolution (Gaillard, 2005 ; Wassenhove & Garbolino, 2008). Pour cela, il nécessite un **engagement permanent** de la direction en concertation étroite avec l'encadrement, les agents et les structures externes.
Le dispositif demande l'**investissement** des agents et une **organisation particulière** de l'entreprise. Pour être efficace, le retour d'expérience sur les évènements en tunnel routier devra s'intégrer dans une démarche qui prend en compte l'ensemble du réseau exploité. Il permet ainsi, si besoin est, de faire des comparaisons avec les évènements qui ont lieu hors du tunnel. La mise en place du retour d'expérience relève de la démarche de management dont l'organisation est laissée à l'appréciation de la direction. Nous proposons des cadres d'outils techniques.

La **démarche** de retour d'expérience proposée se veut avant tout **constructive et positive**. Il s'agit de relever les éventuels dysfonctionnements mais surtout de déterminer les pratiques qui facilitent le travail des acteurs et les critères du contexte qui doivent être pris en compte dans la dynamique de l'événement. Comme le note Wybo (2004b, p. 7) *« Parmi les bénéfices que l'on peut tirer du retour d'expérience, l'identification des forces du système est probablement la plus prometteuse. Cela fournit de la connaissance sur le comportement du système au delà de ses limites et permet d'identifier des acteurs, des flux d'information et des ressources sur lesquels le système a pu s'appuyer pour anticiper, préparer et gérer des risques de dommages et de crises. Développer cette connaissance, la partager entre les intervenants et valoriser ceux qui la possèdent, sont, avec la prévention, des moyens efficaces pour augmenter la résilience des organisations aux situations de danger. ».*
Les évolutions de l'ouvrage et l'environnement routier très dynamique nécessitent un apprentissage rapide et une aptitude au changement des différents agents de l'entreprise. La formalisation et la capitalisation de l'expérience des « anciens » permettent ainsi aux nouveaux d'intégrer les connaissances déjà acquises sur le terrain. Les évènements du retour d'expérience peuvent servir de base à des **études de cas** utilisées pour l'entraînement afin de favoriser l'anticipation, la prévention, la protection et la vigilance des acteurs. En effet, celles-ci expliquent la dynamique de la gestion d'un événement (les fonctionnements réels et les décisions prises sont retracées dans le temps puis les actions

pouvant avoir des effets négatifs et positifs dans des circonstances analogues sont proposées). Elles donnent du sens aux procédures mises en place permettant aux agents d'accéder au « pourquoi et comment » des actions entreprises sur le terrain et au « pourquoi » des actions décidées par la hiérarchie.
Les études de cas favorisent une meilleure appréhension des risques par les personnels. Les agents ont ainsi une meilleure connaissance des évolutions possibles de l'événement qui permettra de mieux les anticiper.

Pour quelques exploitants, il est à noter que le retour d'expérience va au-delà de la méthode proposée puisqu'il est intégré à une **démarche qualité**. Il est défini comme une boucle d'amélioration continue permettant d'améliorer la qualité du service rendu par l'entreprise. Ce type d'approche nous paraît être une piste de travail intéressante pour poursuivre l'évolution du retour d'expérience.

3.2. Besoin d'une culture partagée

Apprendre sur les comportements humains et organisationnels par le retour d'expérience est source de richesse. Cela permet aux acteurs d'un événement de s'exprimer, d'échanger sur les pratiques et de mettre en valeur des organisations qui peuvent aider à gérer des situations de danger.

Notre travail a montré que si l'évolution du retour d'expérience nécessite de nouvelles méthodes et de nouveaux outils, la mise en place et la pérennité d'une démarche de retour d'expérience sur les facteurs humains et organisationnels nécessitent avant tout une organisation particulière de l'entreprise et renvoie au management de la hiérarchie.
En effet, pour obtenir le comportement attendu des usagers il apparaît nécessaire de faire évoluer les dispositifs et consignes de sécurité. Cela renvoie à des changements nécessaires dans l'organisation. Aider l'usager à évacuer demande d'aborder des points qui n'ont pas à ce jour été traités (utilisation du vocabulaire, confirmation des informations, etc.).

De notre intervention il ressort que **souvent tout angle d'attaque de l'analyse conduisant à des facteurs inattendus est esquivé** (Amalberti & Barriquault, 1999). Dans ces conditions tout ce qui relève des sciences de l'ingénieur est systématiquement privilégié par rapport à l'approche des sciences humaines et sociales. Le retour d'expérience a permis de mettre en évidence des difficultés de communication entre les acteurs liées à l'utilisation d'un vocabulaire différent selon les activités. Or, les personnels concernés ne veulent pas faire état de ce dysfonctionnement par peur de troubler l'organisation installée et les liens sociaux établis. Plusieurs observations nous ont également conduit à nous interroger sur la place de la technologie dans les relations, les modes de communication entre usagers et personnels « exploitant ». Celle-ci a une place importante pour la gestion de la sécurité. Toutefois elle semble créer une certaine distance avec l'usager. Cette remarque pourrait faire l'objet d'un questionnement plus approfondi.

Si les résultats sur les comportements sont différents de ceux attendus par une majorité de spécialistes des tunnels, force est de constater que malgré la volonté manifeste de ces derniers de progresser sur la question des facteurs humains, nous sommes confrontés à

certains écueils qui paraissent liés à une différence de culture entre les professionnels du domaine des sciences humaines et ceux du domaine des sciences de l'ingénieur.

Notre travail de recherche appliquée n'a pas pu répondre complètement aux objectifs initiaux compte tenu des écueils soulignés ci-avant et de la difficulté à lutter contre des idées préconçues. Ceci amène à poser la question suivante : **Comment sensibiliser et convaincre un monde d'ingénieurs et de techniciens de l'intérêt et de l'importance de la prise en compte des facteurs humains dans l'analyse des évènements pour faire évoluer la sécurité ?**

Pour être efficient, un retour d'expérience qui intègre les facteurs humains et organisationnels nécessite tout d'abord que les personnes concernées acceptent de se remettre en question. Il doit également s'inscrire dans une démarche de progrès du management d'entreprise impliquant fortement tous les degrés de la hiérarchie afin que les personnes soient convaincues et prêtes à se remettre en cause (Gaillard, 2005 ; Wassenhove & Garbolino, 2008). Cette démarche doit pour cela intégrer une phase préparatoire qui vise à donner du sens à la démarche et à créer une dynamique entre les acteurs pour développer une véritable culture du retour d'expérience organisé autour des facteurs humains et organisationnels.

Notre travail a été centré sur un point de vue plus individuel (usagers/opérateurs) qu'organisationnel (hiérarchie). Nos observations ont été menées au sein du PC car c'est un lieu important qui facilite la compréhension de la gestion des situations. Toutefois ces questions au niveau des directions et des organisations n'ont pu être approfondies. Par ailleurs, notre grille d'évaluation de la gravité d'un événement (échelle de retour d'expérience) ne prend pas en compte les aspects médiatiques faisant suite à certains évènements. Ceci pourra constituer une piste de réflexion future.

Pour accompagner les changements, un travail complémentaire dans le champ de la sociologie des organisations semble indispensable. Dans ce courant, l'organisation peut être abordée selon différents points de vue. Les théories de l'organisation se sont construites autour de deux pôles : l'analyse du fonctionnement de l'organisation et l'étude du comportement des individus (Saucin, 2007).

« Pour saisir les pratiques des entreprises en matière de prévention des risques industriels, il convient de développer une approche qui s'enracine dans le fonctionnement réel de l'organisation, en particulier les pratiques d'apprentissage existantes ; une approche qui décrypte les retours d'expérience à partir des pratiques concrètes des acteurs, de la manière dont ils créent, se saisissent mais aussi sont guidés par des outils et dispositifs, à partir des modes formels et informels d'élaboration et de circulation des connaissances. Le contexte organisationnel et social dans lequel ces pratiques se développent joue un rôle particulièrement important. » (Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle). C'est sur ce dernier point qu'il faudra particulièrement insister lors d'une future étude.

Conclusion

Les efforts accomplis en matière de conception et de sophistication des outils et des techniques d'exploitation ne doivent pas masquer l'importance des facteurs liés au comportement humain concernant la sécurité en tunnel routier (Tesson & Lavedrine, 2004). La réglementation française repose sur la participation des usagers à leur propre sécurité en cas d'incendie. Les pistes de progrès passent par la formation des exploitants de tunnel, mais aussi par une meilleure connaissance du comportement des usagers en tunnel routier afin de **définir des prescriptions de conception et d'exploitation en adéquation avec la réalité des comportements humains**.
Avant et pendant notre recherche, quelques projets de recherche travaillent sur ce questionnement : le projet UPTUN (Boer, 2002 ; Papaioannou & Georgiou, 2003), le projet ACTEURS (Noizet, 2004, 2005a, 2005b ; Noizet & Mourey, 2006) et certains exploitants ont commencé à l'intégrer dans leurs projets : DREIF (forum des usagers, 2005), DIRIF (projet « auto-évacuation », 2008), SFTRF (évaluation de balises sonores au droit des abris, 2009).

Le retour d'expérience en tunnel routier a besoin de s'appuyer sur une démarche plus qualitative qui inclut les aspects humains et organisationnels. Dans cette perspective d'évolution, notre étude a été conduite sur le comportement des usagers au cours d'évènements. Nous nous appuyons sur les travaux existants (Ferrandez, 1999 ; Proulx, 2001a, 2007 ; Van Elslande, 2001 ; Van Elslande & Fleury, 2005 ; Proulx & al., 2006).

La **première partie** de notre travail a permis de situer notre recherche dans un cadre théorique et pratique. Afin d'être au plus près de la réalité, nous avons alterné les deux regards et utilisé une approche pluridisciplinaire (**psychologie cognitive, ergonomie cognitive, cindyniques**). Ces approches et les concepts énoncés permettent d'aborder notre sujet sous plusieurs aspects et d'avoir un regard le plus global possible. Les quelques projets récents sur cette question, nous ont conduit à présenter les **différentes études et enseignements sur le comportement humain** en situation de danger. Nous avons complété notre approche en évoquant les travaux des chercheurs de l'INRETS qui nous permettent de situer l'usager dans le contexte de son activité. Les divers enseignements de ces recherches nous ont amené à nous interroger sur le comportement des usagers en situation d'évacuation, le retour d'expérience et l'adaptation des dispositifs de sécurité en tunnel routier. Pour répondre à nos interrogations nous avons mis en place différentes études.

Au cours de la **seconde partie** de notre travail, nous avons détaillé les procédures expérimentales mises en place pour la connaissance des évènements réels, des exercices « instrumentés » et des représentations mentales ainsi que leurs principaux résultats.

Nos résultats convergent vers ceux issus des recherches précédemment évoquées. Ils ont notamment fournis des éléments objectifs de compréhension sur le comportement des usagers. Ils ont permis de développer un modèle sur le temps de sortie des usagers qui prend en compte leurs besoins au fil de la situation (y compris ce qui se passe avant et après l'évènement). Dans le cadre de projets de réhabilitation ou de construction de tunnels, ce modèle sert de base pour faire des propositions d'adaptation des dispositifs de sécurité réglementaires prévus pour l'évacuation des usagers en cas d'incendie. Par exemple, **il est prescrit de travailler sur une alarme visant à favoriser l'évacuation à pied vers les issues de secours**. Notre modèle est générique et sert de guide pour comprendre le comportement des usagers en situation d'évacuation en tunnel routier. Il peut être utilisé pour des études concernant des problématiques particulières (autocars, personnes à mobilité réduite, etc.).
En parallèle, la **méthode d'analyse des évènements** a été définie avec les outils nécessaires à cette dernière en fonction du potentiel d'apprentissage d'un évènement : main courante, témoignages des usagers et des personnels « exploitant », débriefings, etc.. En fonction du niveau d'apprentissage de l'évènement, l'analyse peut être approfondie avec les interviews des opérateurs de poste de contrôle et les autres personnels « exploitant » impliqués dans la gestion de l'évènement. Les images vidéo peuvent être utilisées aussi bien pour l'analyse et/ou l'illustration de certaines situations à des fins de partage et de retour d'expérience.

Nous avons montré que ce travail s'inscrit dans une **perspective à long terme** qui nécessite l'implication de chaque gestionnaire de tunnel et de chaque professionnel sous sa responsabilité. Cela nécessite de l'énergie pour l'intégrer à la culture et à l'organisation de chaque gestionnaire. Selon Mortureux (2004), *« Le retour d'expérience ne sera à la hauteur des espérances que s'il a été conçu et réalisé en prévision des attentes, des sollicitations, des interrogations, et cela sur des durées de plusieurs années. »* (p. 2). Pour faire évoluer les mentalités et la culture de chaque adhérent à la démarche vers de nouvelles perspectives, il est indispensable de convaincre les acteurs de la nécessité du retour d'expérience pour un confort et un label de travail. Cette réflexion vise à en faire un **outil de connaissance au service de l'évolution de la doctrine et de la réglementation**.

Notre travail est en France l'un des premiers à avoir mis en place un tel protocole expérimental. La démarche utilisée et les résultats sont confortés par les résultats de recherches d'autres domaines et ceux de projets auxquels nous avons participé. Il **ouvre la voie à d'autres travaux** visant à compléter ou à approfondir nos résultats. L'évolution du retour d'expérience et l'adaptation des dispositifs de sécurité par l'intégration des usagers dans la démarche se situe au niveau de l'amorce du processus. Elle laisse entrevoir d'autres possibilités pour les recherches futures. La proposition d'un signal d'alarme pour favoriser l'évacuation devra être évaluée et adaptée au contexte dans lequel il sera mis en place en gardant une homogénéité pour l'ensemble des tunnels et une cohérence pour les usagers. Cette évaluation devrait pouvoir être établie selon une typologie des tunnels. L'attention devra porter à ne pas introduire de nouveaux biais pour les usagers.

Notre étude donne des éléments de réponse à nos interrogations initiales et laisse la possibilité d'approfondir de nombreux points : la communication entre les usagers et personnels « exploitant », la culture du retour d'expérience sur les facteurs humains et organisationnels, la prise en compte systématique des témoignages des acteurs d'un événement, etc..

Comme le souligne Proulx (2006), le temps nécessaire pour accomplir les processus de perception, d'interprétation et d'action demeure un champ de recherches à explorer pour **nourrir les modèles d'évacuation**. Cette question semble se rattacher au besoin de culture partagée entre sciences humaines et sciences de l'ingénieur, elle pourrait également faire l'objet d'un intérêt particulier dans l'avenir.

.

Références bibliographiques

Amalberti, R. (1996). *La conduite de systèmes à risques*. Paris : Presses universitaires de France.

Amalberti, R. (1998). Les facteurs humains à l'aube de l'an 2000. *Phoebus*, *5*, 5-12.

Amalberti, R., & Barriquault C. (1999). Fondements et limites du retour d'expérience. *Annales des ponts et chaussées*, (91), 67-75.

Amans, B., Hermitte, T., Delamarre-Damier, F., Fuerxer, J. C., Martin, A., & Moutreuil, M. (2005). *Etudes des scénarios d'accidents*. Projet RIDER, CEESAR.

Amberg, F. (2006). Large scale underground research facility on safety and security-L-surf. *Second International Symposium, ITA-AITES*, Lausanne. [Version Electronique].

Auboyer, A. (2006). *Etude des limites juridiques à la connaissance du fondement du comportement humain en cas de crise en tunnel*. Note de synthèse, projet ACTEURS.

Auboyer, A. (2006). *Les pratiques en matière de retour d'expérience au sein des sociétés partenaires*. Diagnostic, projet ACTEURS.

Auboyer, A. (2008). Vers une meilleure prise en compte des usagers dans le retour d'expérience en tunnel routier. *Actes du Congrès International de l'AFTE*S, Monaco, 429-436.

Auboyer, A., & Lavedrine, S. (2008). Adaptation des dispositifs de sécurité pour l'évacuation des usagers en cas d'incendie en tunnel routier. *Onzième conférence internationale – Ergo-IA*, Bidart/Biarritz : ESTIA, 233-236.

Auboyer, A., & Lavedrine, S. (2008). Intégrer le comportement humain (usager et exploitant) dans le retour d'expérience en tunnel routier : un besoin de culture partagée avec les sciences de l'ingénieur. *Cinquantième congrès de la Société Française de Psychologie*, Bordeaux, 32.

Auboyer, A., Brizon, A., & Wybo, J.L. (2008). Intégration du retour d'expérience dans un réseau d'acteurs. *Trentième Congrès de la Maîtrise des Risques et Sûreté de Fonctionnement*, Avignon.

Auboyer, A., Andersen, V., & Wybo, J.L. (2007). State-of-the-art road tunnel safety, *International Journal of Emergency Management*, *4*(4), 610-629.

Barbier, M. (1998). *Pratiques de recherche et invention d'une situation de gestion d'un risque de nuisance : D'une étude de cas à une recherche-intervention*. Université Pierre Mendés France, Grenoble.

□arnel, C., Dubois, M., & Ohlmann, T. (2003). Messages de gestion de flotte dans un système embarqué routier : quels formats de présentation ? in J.M. Bastien (Ed.), *Deuxième Journée d'Etude en Psychologie Ergonomique - Epique* (pp.165-176).

Bellemare, L. (2000). L'approche systémique : une histoire de familles. *Revue québécoise de psychologie, 21*(1), 75-91.

Bellet, T. (1998). *Modélisation et simulation cognitive de l'opérateur humain : Une application à la conduite automobile*. Université Paris V, Paris.

Bénichou, N., & Proulx, G. (2007). Evaluation and comparison of different installations of photoluminescent marking in stairwells of a highrise building. *Interflam, Eleventh International Conference on Fire Science and Engineering*, London, Royaume-Unis, 183-194.

Birth, S. (2006). Les facteurs humains et la conception des routes. In Direction des Routes, *Actes du Colloque La route autrement : Concevoir des routes incitant à une conduite apaisée* (pp. 27-29). Paris : Ministère des transports, de l'équipement, du logement, du tourisme et de la mer.

Bisseret, A. (1995). *Représentation et décision experte : Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*. Toulouse (France) : Octarès.

Blanco, S., & Lesca, N. (2003). From weak signals to anticipative information: learning from the implementation of an information selection method. *Proceedings of the International Conference In Search of Time (Isida),* Palermo, Italy, 197-210.

Boer, L.C. (2002). *Behaviour by motorists on evacuation of a tunnel*. Soesterberg, The Netherlands : TNO Human Factors.

Brizon, A. (2009). *Compréhension et gestion des signaux faibles dans le domaine de la santé-sécurité*. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris.

Brocquet, G. (2002, juin). *Comportement des usagers dans les tunnels routiers*. Lyon : Ecole centrale de Lyon.

Bureau d'Analyses des Risques et Pollutions Industrielles. (2005). *Bilan des accidents technologiques : 1992-2005*. Bordeaux : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la prévention des pollutions et des risques.

Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre. (2007). *Incendies spontanées de véhicules lourds au cours de l'année 2006*. Paris : Ministère des transports, de l'équipement, du logement, du tourisme et de la mer.

Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre. (2008). *Incendies spontanés de véhicules lourds : Données pour l'année 2007*. Paris : Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire.

Ceci, R. (2008). Applying recommended safety measures in road tunnels - PIARC recommendations applied to the Burnley Tunnel, Melbourne. *Road ans transport research, 17*(1), 70-79.

Centre d'Etudes des Tunnels. (1998). *Pannes, accidents et incendies dans les tunnels routiers français*. Bron, France : Ministère des Transports, de l'Equipement, du Tourisme et de la Mer, Direction des Routes.

Centre d'Etudes des Tunnels. (2005a). *Le déroulement des opérations de sécurité lors d'un incendie en tunnel routier* (Note d'information n°13). Bron, France : Ministère des Transports, de l'Equipement, du Tourisme et de la Mer, Direction des Routes.

Centre d'Etudes des Tunnels. (2005b). *Comportement et attitudes vis à vis des tunnels situés sur réseau des voies rapides d'Ile de France : Compte rendu du Forum*. Bron, France. [Version Electronique].

Centre d'Etudes des Tunnels. (2006). *Le plan d'intervention et de sécurité* (Fascicule 5). Bron, France : Ministère des Transports, de l'Equipement, du Tourisme et de la Mer, Direction des Routes.

Chambon, P. (2008, juillet). Sécurité routière, démarches et évaluation. *La lettre du Sétra*, p. 1.

Chevreau, F.R. (2008). *Maîtrise des risques industriels et culture de sécurité : Le cas de la chimie pharmaceutique*. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris.

Christian, M., & Chesnais, M. (2004). *La démarche ergonomique: Animateurs de prévention : enseignement à distance*. Paris: Ed. Institut national de Recherche et Sécurité.

Coquery, J.-M. (1994). Processus attentionnels. In M. Richelle, J. Requin & M. Robert, *Traité de psychologie expérimentale* (pp. 219-282). Paris : Presses universitaires de France.

Courbet, D. (2003). Réception des campagnes de communication de santé publique et efficacité des messages générant de la peur : une étude expérimentale du rôle de la peur dans le changement des attitudes néfastes. *Communication, 22*(1), 100-122.

Courvalin, C. (2002). Réseau hétérogène à mandat public. Retours d'expérience : Le cas de Listeria monocytogènes. *Conférence annuelle de l'AMRAE*. 19-24.

Crozet, Y. (2006). Vitesse et gestion du temps : une révolution culturelle? In Direction des Routes, *Actes du Colloque La route autrement : Concevoir des routes incitant à une conduite apaisée* (pp.15-16). Paris : Ministère des transports, de l'équipement, du logement, du tourisme et de la mer.

Cyrulnik, B. (1999). *Un merveilleux malheur*. Paris : O. Jacob.

Damasio, A.R. (2001). Les émotions, source de la conscience**.** *Sciences Humaines*, (119), 44-47.

Deffayet, M. (2008). Point général sur l'avancement des actions et des travaux d'amélioration de la sécurité dans les tunnels routiers français. *Actes du Congrès International de l'AFTE*S, 473-480.

Delorme, A. (1994). Mécanismes généraux de la perception. In M. Richelle, J. Requin & M. Robert (Eds.), *Traité de psychologie expérimentale* (pp. 161-218). Paris : Presses Universitaires de France.

Denis-Remis, C. (2007). *Approche de la maîtrise des risques par la formation des acteurs*. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris.

Djibo, S., Valléry, G., & Lancry, A. (2006). Charge mentale et régulation de systèmes complexes : Approche subjective des agents de régulation du métro parisien. *Activités, 3*(1), 117-139.

Dortier, J.F. (1997). La révolution cognitive. *Sciences Humaines*, (19), 22-26.

Dumas, C. (2001). *Perception.* [Version Electronique].

Durand-Rocher, Y. (2002). Prévenir les accidents dans les tunnels routiers grâce au traitement de l'interdistance. *Infrastructure et mobilité*, (18).

Ecole des Mines de Paris - Cofiroute. (2005, septembre). *Guide méthodologique. La conduite du retour d'expérience, éléments techniques et opérationnels*. Pôle Cindyniques.

Fahy, R. (2006, octobre). *Résultats d'enquêtes auprès de survivants de grands incendies aux Etats-Unis, incidence sur les modèles d'évacuation rapide d'ouvrages en feu*. Communication présentée au Séminaire international sur le comportement humain face aux incendies et autres situations de danger, Cergy-Pontoise, France.

Ferrandez, F. (1999). L'apport des études détaillées d'accidents aux retours d'expérience en sécurité routière. *Annales des Ponts et Chaussées*, (91), 36-42.

Fiori, N. (1995). La tête et les jambes ou pour l'unité de l'ergonomie. In J.C. Sperandio, *Ergonomie cognitive* (pp.13-25). Psychologie Française, *40*(1), Paris : Dunod.

Flory, J. (1999). La perception du risque de la route. *Risques*, (39), 106-109.

Fraisse, P. (1991). *La psychologie expérimentale*. Que sais-je ?, 1207. Paris: Presses universitaires de France.

Gaillard, I. (2005). *Etat des connaissances sur le retour d'expérience industriel et ses facteurs socioculturels de réussite ou d´échec*. Cahier de l'ICSI, 2005/02.

Galea, E.R., Hulse, L., Day, R., Siddiqui, A., Sharp, G., Shields, J., Boyce, K., Summerfield, L., Canter, D., Marselle, M., & Greenall, P.V. (2009). The UK WTC9/11 Evacuation Study: An Overview of the Methodologies Employed and some Preliminary Analysis. *Proceedings of the Fourth Pedestrian and Evacuation Dynamics Conference*, Germany : Springer.

Gallina, J.M. (2006). *Les représentations mentales*. Les topos. Paris : Dunod.

Gandit, M., Kouabenan, D. R., & Caroly, S. (2009). Road-tunnel fires : Risk perception and management strategies among users. *Safety Science*, 47(1), 105-114.

Gatot, L. (2000). *Crise et cognition : conception d'une gestion préventive*. Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur, Belgique.

Gaudreau, J. (2001). La complexe figure complexe de Rey ou pourquoi la figure complexe de Rey est-elle si complexe ? *Revue québécoise de psychologie*, *22*(1), 21-31

Gaymard, S. (2006a). Ceux qui transgressent les règles pensent être dans leur droit. *Revue de la Sécurité Routière*, (148), 34-35.

Gaymard, S. (2006b). La conditionnalité du respect de la règle. In Direction des Routes, *Actes du Colloque La route autrement : Concevoir des routes incitant à une conduite apaisée* (pp. 17-20). Paris : Ministère des transports, de l'équipement, du logement, du tourisme et de la mer.

Gilbert, C. (1999). Premiers éléments de réflexion pour une approche transversale du retour d'expérience. *Annales des Ponts et Chaussées*, (91), 4-10.

Girard, Y. (1997). Conducteur âgé : Encore un refus de priorité. *La lettre de l'Accidentologie de l'INRETS*, (2), 2-3.

Girard, Y. (2006a). Comment l'usager perçoit la route ? *Route Actualité,* (153), 82.

Girard, Y. (2006b). Modélisation de la vitesse et ergonomie routière. In Direction des Routes, *Actes du Colloque La route autrement : Concevoir des routes incitant à une conduite apaisée* (pp. 30-31). Paris : Ministère des transports, de l'équipement, du logement, du tourisme et de la mer.

Hadj-Mabrouk, H. (2008). Intégration des facteurs humains dans le retour d'expérience. *Seizième congrès de Maîtrise des Risques et de sûreté de Fonctionnement*. [Version Electronique].

Hadj-Mabrouk, H., & Hamadoui, F. (2008).Apport du retour d'expérience à l'analyse des risques. *Seizième congrès de Maîtrise des Risques et de sûreté de Fonctionnement*. [Version Electronique].

Heitz, R. (2006). Clôture du colloque. In Direction des Routes, *Actes du Colloque La route autrement : Concevoir des routes incitant à une conduite apaisée* (pp. 60-62). Paris : Ministère des transports, de l'équipement, du logement, du tourisme et de la mer.

Hoc, J.M., & Amalberti, R. (2003). Adaptation et contrôle cognitif: supervision de situations dynamiques complexes. In J.M. Bastien (Ed.), *Actes des Deuxièmes Journées d'Étude en Psychologie Ergonomique -Epique* (pp. 135-147). Le Chesnay, France : INRIA.

Hubert, G., & Vanssay De, B. (2006). *Le risque d'inondation et la cartographie réglementaire : Analyse de l'efficacité, des impacts et de l'appropriation locale de la politique de prévention.* Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.

Jacques, J.M. (2007, juin). *Les comportements individuels et collectifs dans les risques et les crises : quelques déterminants pour mieux les comprendre*. Communication présentée à la réunion du Groupement d'Intérêt Scientifique REXAO, Paris.

Jacques, J.M. (n.d). *Méthodes qualitatives en sciences de gestion*. Belgique : Université de Namur [Version électronique].

Janis, I.L., & Leventhal, H. (1968). Human reactions to stress. In E.F. Borgotta & W.W. Lambert (Eds.), *Handbook of personality theory and research* (pp. 1041-1085). Chicago : Rand McNally

Kervern, G.Y., & Boulenger, P. (2007). *Cindyniques, concepts et mode d'emploi*. Paris : Economica.

Kervern, G.Y., & Rubise, P. (1991). *L'archipel du danger : Introduction aux cindyniques*. Paris : Economica.

Kervern, G.Y., & Wybo, J.L. (2002, novembre/décembre). Le retour d'expérience de la gestion des crises : d'octobre 1986 à septembre 2001. *Revue des Ingénieurs*, pp. 34-36.

Kouabenan, D.R. (2006). *Psychologie du risque: Identifier, évaluer, prévenir*. Ouvertures psychologiques. Bruxelles : De Boeck.

Latiers, M., & Jacques, J.M. (2007). Le travail d'articulation à distance en situation d'urgence : perspective située. *Actes de la Seizième Conférence internationale de Management Stratégique*, Montréal, Québec. [Version Electronique].

Lavedrine, S., & Baudet, L. (2008). Adapter les dispositions de sécurité des tunnels routiers aux usagers. *Actes du Congrès International de l'AFTE*S, 555-563

Lecoze, J.C., & Lim, S. (2004). *Presque accident et risque d'accident majeur : état de l'art* (Etude et Recherche DRA-37). Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Direction des risques accidentels.

Lecoze, J.M. (2004). Enquêtes après accidents majeurs : L'approche systémique et organisationnelle. *Préventique Sécurité*, (74), 30-33.

Lemoine, C. (2003). *Psychologie dans le travail et les organisations: Relations humaines et entreprise*. Les topos. Paris : Dunod.

Leplat, J. (1980). *La psychologie ergonomique*. Paris : Presses Universitaires de France.

Lesca, H. (2001). Veille stratégique : passage de la notion de signal faible à la notion de signe d'alerte précoce. *Colloque Veille Stratégique, Scientifique et Technologique*, Barcelone.

Lesca, H., & Dourai, R. (2004). Traque et remontée des informations de veille stratégique anticipative : une approche par la notion d'épanouissement de soi. *Facef Pesquisa, 7*(2), 110-126.

Lim, S., Lecoze, J.C., & Dechy, N. (2002). *Retour d'expérience. Intégration des aspect organisationnels dans le retour d'expérience : L'accident majeur, un phénomène complexe à étudier* (Etude et Recherche DRA-16). Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Direction des risques accidentels.

Lorino, P. (2007). *Comportements individuels ou comportements organisationnels ?* Communication présentée à la réunion du Groupement d'Intérêt Scientifique REXAO, Paris.

Magnin, F. (2008). *Synthèse des résultats des évaluations comportementales*. Rapport interne, mission de maîtrise d'œuvre relative aux dispositifs d'auto-évacuation des usagers en tunnel, Dedale, EgisMobilité, DIRIF, Ségic.

Magnin, F., & Noizet, A. (2007). *Résultats des Expérimentations Légères du 27/04/2007 : Mission de maîtrise d'œuvre relative aux dispositifs d'auto-évacuation des usagers en tunnel*. Dedale, EgisMobilité, DIRIF, Ségic.

Magnin, F., & Noizet, A. (2008). *Dossier d'évaluation.* Rapport interne, mission de maîtrise d'œuvre relative aux dispositifs d'auto-évacuation des usagers en tunnel, Dedale, EgisMobilité, DIRIF, Ségic

Malaterre, G. (2003). Deux écueils entre le cerveau du concepteur d'assistance à la conduite et l'efficacité sur le terrain : le contexte, et les intentions du conducteur. In J.M. Bastien (Ed.), *Actes des Deuxièmes Journées d'Étude en Psychologie Ergonomique - Epique (*pp. 269-273). Le Chesnay, France : INRIA.

Martin R., Maincent A. & Van Box Som, D. (2005). Évaluation de la charge de travail d'opérateurs d'un système complexe à risques. In B. Cadet (Ed.), *La complexité : ses formes, ses traitements, ses effets* (pp. 345-365). Caen : MRSH.

Martin, R. (2005). La pensée humaine et sa modélisation : un modèle structuro-fonctionnel ou une entreprise complexe. In B. Cadet (Ed.), *La complexité : ses formes, ses traitements, ses effets* (pp. 19-20). Caen : MRSH.

Mashimo, H., & Mizutani, T. (2003). Current state of road tunnel safety in Japan. *The twenty-second PIARC World Road Congress*. [Version Electronique].

Mevel, O. (2004). *Du rôle des signaux faibles sur la reconfiguration des processus de la chaîne de l'organisation : L'exemple d'une centrale d'achats de la grande distribution française*. Université de Bretagne Occidentale, France.

Michinov E. (2008). La distance physique et ses effets dans les équipes de travail distribuées : Une analyse psychosociale. *Travail Humain, 71*(1), 1-21.

Modic, J. (2003). Fire simulation in road tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology, 18*(5), 525-530.

Morel, G. (2007). *Sécurité et résilience dans les activités peu sûres: exemple de la pêche maritime*. Université de Bretagne sud, France.

Morineau, T. (2001). Éléments pour une modélisation du concept d'affordance. *Actes des Journées d'Etude en Psychologie Ergonomique – Epique.* Nantes, IRCCyN, 83-95.

Mortureux, Y. (2004). Le retour d'expérience en questions. *Techniques de l'Ingénieur,* traité Conception – Production.

Nicolet, J.L. (2002). La « défense en profondeur. Principes, concepts, méthodologie, *Conférence annuelle de l'AMRAE.* 3-8.

Nilsson, D. Frantzich, H., & Nilsson D. (2004). Evacuation Experiments in a Smoke Filled Tunnel. *Proceedings of the Third International Symposium on Human Behaviour in Fire (*pp 229-238). Belfast, Irlande.

Noizet, A. & Mourey, F. (2006). *Solutions pour améliorer le couplage tunnel/exploitants/usagers*. Rapport de recherche, projet ACTEURS.

Noizet, A. (2004). *Point sur ce que savent les professionnels des tunnels des connaissances et comportements des usagers des tunnels*. Rapport de recherche, projet ACTEURS.

Noizet, A. (2005a). Les comportements des usagers en situation de crise en tunnel. Rapport de recherche, projet ACTEURS.

Noizet, A. (2005b). *Les comportements des usagers en situation de traversée normale des tunnels.* Rapport de recherche, projet ACTEURS.

Noizet, A., Mourey, F., & Ricard, F. (2006, octobre). *Prendre en compte les comportements des conducteurs pour améliorer la sécurité des tunnels routiers*. Conférence Lamda Mu 15, Lille. [Version Electronique].

Papaioannou, P., & Georgiou, G. (2003). *Human behaviour in tunnel accidents and incidents : end-users, operators and response teams*. UPTUN Deliverable 3.2.

Peretti-Watel, P. (2003). Risque et innovation: un point de vue sociologique. *Innovations*, (18), 59-72.

Perilhon, P., & Londiche, H. (2003, mai). Proposition d'une méthode d'analyse de risques : Evolution d'une approche analytique déterministe et probabiliste vers une vision systémique, sociétale et réglementaire. *Annales des Mines*, pp. 53-60.

Perruchet, P. (1988). Une évaluation critique du concept d'automaticité. In Perruchet, P., *Les automatismes cognitifs* (pp. 27-54). Bruxelles : Mardaga.

Picard, A. (2001). Safety improvements in the Dullin and the Epine tunnels following french long tunnels safety diagnosis. In A.E. Vardy (Ed.), *Safety in road and rails tunnels, Fourth International Conference (*pp. 365-373). Madrid, Spain.

Poumadère, M., & Mays, C. (2003). The dynamics of risk amplification and attenuation in context : a French case study. In N., Pidgeon, R.E., Kasperson & P. Slovic, *The social amplification of risk* (pp. 209-242), Cambridge University Press.

Proulx, G. (1998). The impact of voice communication messages during a residential highrise fire. In J. Shields (Ed.), *Proceedings of the First International Symposium Human Behaviour in Fire* (pp. 265-274). Ulster, Royaume Unis.

Proulx, G. (2000).Quelques idées trompeuses sur le comportement des gens pendant les incendies. *Le journal de l'association des Techniciens en Prévention Incendie du Québec*, *11*(4), 3-4.

Proulx, G. (2001a). Occupant behaviour and evacuation. *Proceedings of the Ninth International Fire Protection Symposium*, Munich, 219-232.

Proulx, G. (2001b). Highrise evacuation : a questionable concept. *Second International Symposium on Human Behaviour in Fire*. Boston, USA, 221-230.

Proulx, G. (2001c). Une étude montre le faible taux de reconnaissance du signal d'évacuation T-3 par le public. *Innovation en construction*, *6*(4), 1-6.

Proulx, G. (2006, octobre). *Perception, interprétation et actions des occupants pendant les incendies*. Communication présentée au Séminaire international sur le comportement humain face aux incendies et autres situations de danger. Cergy-Pontoise, France.

Proulx, G. (2007a). Response to Fire Alarms. *Journal of fire protection engineering,* (*33*), 8-14.

Proulx, G. (2007b). High-rise office egress: the human factors. *Symposium on High-Rise Building Egress Stairs.* New-York City, 1-5.

Proulx, G., & Reid, I.M.A. (2006). Occupant Behavior and Evacuation during the Chicago Cook County Administration Building Fire. *Journal of fire protection engineering, 16* (4), 283-309.

Proulx, G., & Richardson, J.K. (2002). The human factor : building designers often forget how important the reactions of the human occupants are when they specify fire and life safety systems. *Canadian Consulting Engineer, 43*(3), .35-36.

Proulx, G., & Sime, D.J. (1991). To prevent panic in an underground emergency: why not tell people the truth ? *Fire Safety Science, Proceedings of the Third International Symposium.* 843-852.

Proulx, G., Cavan, N. R., & Tonikian, R. (2006). *Egress times from single family houses*. Ottawa : Institute for Research in Construction, National Research Council Canada.

Purser, D.A., & Gwynne, S.M.V. (2007). Identifying Critical Evacuation Factors and the Application of Egress Models. *In Proceedings of the Eleventh International Interflam Conference* (pp. 203-214). London : Interscience Communications.

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : Approche cognitive des instruments contemporains*. Collection U. Paris: Colin.

Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society, a modelling problem. *Safety Science, 27*(2/3), 183-213.

Rasmussen, J., Duncan, K., & Leplat, J. (1987). *New technology and human error*. New technologies and work. Chichester: J. Wiley.

Raufaste E., & Hilton D.J. (1999). Les mécanismes de la décision face au risque. *Risques,* (39), 79-86.

Reason, J. (1990). *L'erreur humaine*. Le Travail Humain. Paris: Presses universitaires de France.

Reiman, T., Oedewald, P., & Rollenhagen, C. (2005). Characteristics of organizational culture at the maintenance units of two Nordic nuclear power plants. *Reliability Engineering & System Safety, 89*(3), 331-345.

Reuchlin, M. (1998). *Les méthodes en psychologie*. Que sais-je?, 1359. Paris : Presses universitaires de France.

Rey, A. (1993). *Test de copie d'une figure complexe de A. Rey*. Paris: Editions du Centre de psychologie appliquée.

Reytier, P. (2003). *Ergonomie au travail: Principes et pratique*. Saint Denis La Plaine : AFNOR.

Schmauch, J.F. (2006). La gestion de crise ne s'accorde pas avec les incendies dans les tunnels routiers. *La lettre des cindyniques,* (42), 1-5. [Version électronique].

Schmauch, J.F. (2008, mai). *Incendies de tunnels routiers : Analyse du comportement et du devenir des usagers.* Le Sapeur-Pompier magazine, (1001), pp. 36-41.

Shields, J. (2006, octobre). *World Trade Centre Evacuation HEED, high-rise evacuation evaluation database*. Communication présentée au Séminaire international sur le comportement humain face aux incendies et autres situations de danger, Cergy-Pontoise, France.

Sperandio, J.C. (1984). *L'ergonomie du travail mental*. Collection de psychologie appliquée. Paris : Masson.

Sperandio, J.C. (1995). L'ergonomie cognitive : améliorer les aspects cognitifs du travail humain. *Psychologie française*, (*40)*2, 3-11.

Tesson, M., & Lavedrine, S. (2004). Integration of human behaviour in the improvement of safety in french road tunnels. *Proceedings of the Third International Symposium on human behaviour in fire*, 249-256.

Tong, D., & Canter, D. (1985). Decision to evacuate : A study of the motivations which contribute to evacuation in the event of fire. *Fire Safety Journal*, (*9*), 257-265.

Trancart, M. (2007, septembre, 03). La mise en conformité des tunnels routiers. *La gazette des communes*, pp. 40-42.

Understanding human factors : a guide for the railway industry. (2006). Rail Safety and Standards Board.

Van Elslande, P. (2001). Erreur de conduite et besoin d'aide : une approche accidentologique. In *Journée d'Etude en Psychologie Ergonomique - Epique*, 51-62. [Version électronique].

Van Elslande, P., & Fleury, D. (2005). L'EDA, un outil de recherche au service de la sécurité. *Axes*, (12), 4-5

Vanssay De, B. (2003, juin). *Les représentations de l'eau*. Communication présentée au Colloque international de Cogolin. [Version électronique].

Vanssay De, B. (2005, juin). *Systèmes d'alerte et représentation du risque*. Communication présentée à la Conférence Retour sur une catastrophe : Engagements en faveur du tsunami, entre générosité et ambiguïtés, Montpellier : Agropolis Museum. [Version électronique].

Vanssay De, B. (2006, octobre). *L'incrédulité face aux risques : L'apport de la psychologie sociale et environnementale*. Communication présentée au Séminaire international sur le comportement humain face aux incendies et autres situations de danger. Cergy-Pontoise, France.

Villieux A., & Delhomme P. (2008). Colère éprouvée au volant et différentes manières de l'exprimer : Quels liens avec des transgressions de conduite déclarées ? *Travail Humain, 71*(4), 359-384.

Vollrath, M., & Lemmer, K. (2003). Adapting advanced driver assistance. *Proceedings of the Tenth world congress and exhibition on intelligent transport systems and services*, Madrid.

Wallemacq, A., Jacques, J.M., & Bruyninckx, V. (2004). *Dans le sillage des mots : Evoq logiciel de cartographie cognitive*. Namur : Presses universitaires de Namur.

Wassenhove, W. Van, & Garbolino, E. (2008). *Retour d'expérience et prévention des risques : Principes et méthodes*. Paris : Lavoisier.

Woycheese, J.P. (2007). Effect of occupants and room and system characteristics on speech intelligibility measurements for emergency voice communication systems. *Interflam, Eleventh International Conference on Fire Science and Engineering*, London, Royaume-Unis.

Wybo, J.L. (1998). *Introduction aux cindyniques*. Paris : Eska.

Wybo, J.L. (2002). Apprentissage organisationnel à partir de l'analyse de la gestion de risques technologiques et naturels. *Conférence annuelle de l'AMRAE*. 25-30

Wybo, J.L. (2004a). Le rôle du retour d'expérience dans la maîtrise des risques et des crises. *Qualitique, 158*, 27-30.

Wybo, J.L. (2004b). Maîtriser les risques de dommages et les risques de crise : Le rôle de l'apprentissage organisationnel. *Risques*, (60), 148-157.

Wybo J.L. (2006, juin). *Gestion des connaissances et apprentissage pour la maîtrise des risques et des crises*. Communication présentée à la conférence invitée, SDC'2006 – Coopération Innovation Technologie, Nantes.

Wybo, J.L., Colardelle, C., & Guinet, V. (2005). *Mémento de gestion d'un événement de sécurité : La conduite du retour d'expérience. Eléments de culture professionnelle*. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Armines.

Wybo, J.L., Colardelle, C., Poulossier, M.P., & Cauchois, D. (2001). Retour d'expérience et gestion des risques. *Récents progrès en génie des procédés, 15*(85), 115-128.

Wybo, J.L., Ducloy, J., & Roche, J.P. (2005). Vers une culture de maîtrise des risques au sein des Aéroports de Paris. Une méthode fondée sur l'appropriation. *Préventique Sécurité*, (81), 33-40.

Wybo, J.L., Godfrin, V., Colardelle, C., Guinet, V., & Denis-Rémis, C. (2003). *Méthodologie de retour d'expérience des actions de gestion des risques* (convention MATE 07/2001). Ecole des Mines de Paris, Pôle Cindyniques.

Dictionnaire

Larousse, P. (2003). *Le petit Larousse illustré en couleurs*. Paris : Larousse/VUEF.

Pages Internet

Bureau d'Analyses des Risques et Pollutions Industrielles. (n. d.). http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/barpi_stats.gnc?Destination=contexte&contexte=/barpi_224.jsp

Centre d'Etude des Tunnels. (n.d.). *Evolution des textes réglementaires depuis 1999*. http://www.cetu.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Evolution_textes_2008_cle61cc71-1.pdf

Fanchini, H. (2005). *Les formations Facteurs Humains, un acte de management*. Paris : Editions MdB. http://www.artis-facta.com/ARTIS/Form_FH.pdf

Fernandez, L. (n.d.). *L'approche systémique*. http://www.asso-etud.unige.ch/adepsy/doc/systemique.pdf

Girard, Y. (2003). Attention et distraction : un essai de typologie des défaillances attentionnelles dans les accidents de circulation routière. *Communication au III Simposi Internacional d'Antropologia Viaria*, Catalunya. http://www.fundacioabertis.org/rcs_jor/girard.pdf

Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques. *Accidents corporels de la circulation*. http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/accidents-circulation.htm

Kouabenan, D.R., Sarnin, P., & Mbaye, S. (2005). Mieux connaître les processus socio-cognitifs et culturels à l'œuvre dans l'explication des dysfonctionnements passées pour améliorer le REX. In Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle, *Séminaire de lancement de programme Retour d'Expérience et Sécurité Industrielle* (pp. 8-13). Toulouse, France. http://www.icsi-eu.org/francais/recherche/REX/descriptifs-projets-REX.pdf

Lalanne, C. (2004-2005). *Les illusions perceptives : quand le cerveau s'en mêle*. Université René Descartes. http://www.aliquote.org/cours/2005_iut/TP-IV-2.pdf

Luzeaux, D. (n.d.). *La place de l'homme dans les systèmes de systèmes*. http://www.ergoia.estia.fr/documents/luzeaux.pdf

Metaplan (n.d.). *Abécédaire des techniques : Comment conduire des discussions de groupe à l'aide des techniques Metaplan*. http://www.metaplan.fr/files/francais.pdf

Saucin, J. (2007). *Communication et organisation*. Facultés universitaires de Mons. http://www.ihecs.be/joel_saucin/docs/Communication_et_organisation_version_2007.pdf

Wolff, M., Sperandio, J.C., & Després, S. (2004). *Modélisation de l'activité cognitive d'expertise et développement d'un système informatique d'aide à l'analyse des accidents automobiles*. http://www.ergoia.estia.fr/documents/Wolff.pdf

Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle. *Retour d'expérience et sécurité industrielle : Dynamiques d'apprentissage dans des systèmes industriels en réseau.* http://www.icsi-eu.org/index.htm?http%3A//www.icsi-eu.org/francais/recherche/REX/projet-CRISTO.html

Lagadec, P. (2003, novembre, 03). *Risques, crises et gouvernance: ruptures d'horizons, ruptures de paradigmes*. http://www.patricklagadec.net/fr/pdf/Annales_mines.pdf

Centre d'Etude des Tunnels. (2004, avril, 24). *Sécurité dans les tunnels routiers: une directive européenne vient d'être adoptée*. http://www2.equipement.gouv.fr/cetu/Securite/fichiers.pdf/info_directive_V3.pdf

Kozanitis, A. (2005, septembre). *Les principaux courants théoriques de l'enseignement et de l'apprentissage : un point de vue historique*. École Polytechnique. http://www.polymtl.ca/bap/docs/documents/historique_approche_enseignement.pdf

Tisseron, S. (2007, juillet, 30). *Du bon usage de la résilience*. Le Monde (consulté le 27/08/07). http://www.lemonde.fr/

Textes réglementaires

Circulaire n°74-44 du 12 mars 1976 relative à la réglementation de la circulation des véhicules routiers transportant des matières dangereuses.

Loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, modifiée par la loi relative à la protection des personnes physiques à l'égard des traitements de données à caractère personnel du 6 août 2004.

Circulaire n°81-109 du 29 décembre 1981 relative à la sécurité des tunnels routiers.

Loi n°88-1138 du 20 décembre 1988 (loi Huriet-Sérusclat) relative à la protection des personnes qui se prêtent à des recherches biomédicales.

Loi n°95-73 du 21 janvier 1995 d'orientation et de programmation relative à la sécurité, version consolidée au 24 janvier 2006.

Circulaire du 22 octobre 1996 relative à l'application de l'article 10 de la loi n°95-73 du 21 janvier 1995 d'orientation et de programmation relative à la sécurité (décret sur la vidéosurveillance).

Circulaire interministérielle n°2000-63 du 25 août 2000 relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national.

Circulaire n°2000-82 du 30 novembre 2000 relative à la réglementation des véhicules routiers transportant des marchandises dangereuses.

Loi n°2002-3 du 3 janvier 2002 relative à la sécurité des infrastructures et systèmes de transport, aux enquêtes techniques après événement de mer, accident ou incident de transport terrestre ou aérien et au stockage souterrain de gaz naturel, d'hydrocarbures et de produits chimiques.

Directive 2004/54/CE du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 concernant les exigences de sécurité minimales applicables aux tunnels du réseau routier trans-européen.

Décret n°2005-701 du 24 juin 2005 relatif à la sécurité d'ouvrages du réseau routier.

Loi n°2006-10 du 5 janvier 2006 relative à la sécurité et au développement des transports.

Circulaire n°2006-20 du 29 mars 2006 relative à la sécurité des tunnels routiers d'une longueur supérieure à 300 mètres.

Décret n°2006-1354 du 8 novembre 2006 relatif à la sécurité d'ouvrages du réseau routier et modifiant le code de la voirie routière.

Arrêté du 9 novembre 2007 modifiant l'arrêté du 8 novembre 2006 fixant les exigences de sécurité minimales applicables aux tunnels de plus de 500 mètres du réseau transeuropéen.

Arrêté du 18 avril 2007 portant application des dispositions des articles R. 118-3-9 et R. 118-4-4 du code de la voirie routière et relatif à la composition et la mise à jour des dossiers préliminaire et de sécurité et au compte rendu des incidents et accidents significatifs.

Arrêté du 11 février 2008 relatif à l'approbation de modifications de l'instruction interministérielle sur la signalisation routière.

Arrêté du 11 février 2008 modifiant l'arrêté du 24 novembre 1967 relatif à la signalisation des routes et des autoroutes.

Arrêté du 10 novembre 2008 portant définition des références techniques relatives à la continuité des radiocommunications dans les tunnels routiers, ferroviaires et fluviaux pour les services publics qui concourent aux missions de sécurité civile.

Annexes

Annexe 1 : La sécurité des tunnels routiers

- Annexe 1-A : Evolution des textes réglementaires français
- Annexe 1-B : La chaîne de sécurité

Annexe 2 : Evènements d'exploitation (incendie)

- Annexe 2-A : La fiche d'autorisation de contact et son mémo
  - *pour les tunnels de l'A43 Maurienne*
  - *pour le tunnel du Fréjus*
- Annexe 2-B : La grille d'entretien avec les usagers
- Annexe 2-C : La grille d'entretien avec les opérateurs de supervision
- Annexe 2-D : Extrait du tableau d'analyse pour la construction du chronogramme
- Annexe 2-E : Le profil des usagers
- Annexe 2-F : Les témoignages des usagers
- Annexe 2-G : Extrait de la base de données
- Annexe 2-H : Extrait du tableau de relevé des signaux faibles
- Annexe 2-I : La légende des images du chronogramme

Annexe 3 : Les exercices

- Annexe 3-A : La charte d'utilisation des enregistrements multimédia
- Annexe 3-B : La grille de recueil d'informations sur le terrain pour les exercices

Annexe 4 : Exercice du tunnel d'Orelle

- Annexe 4-A : La grille d'entretien avec les usagers
- Annexe 4-B : Le profil des usagers
- Annexe 4-C : Les témoignages des usagers
- Annexe 4-D : Le circuit de l'information

Annexe 5 : Exercice du tunnel de la Défense

- Annexe 5-A : La grille d'entretien avec les usagers
- Annexe 5-B : La grille d'entretien avec les observateurs
- Annexe 5-C : Le profil des usagers
- Annexe 5-D : Les témoignages des usagers

Annexe 6 : Etude des représentations mentales

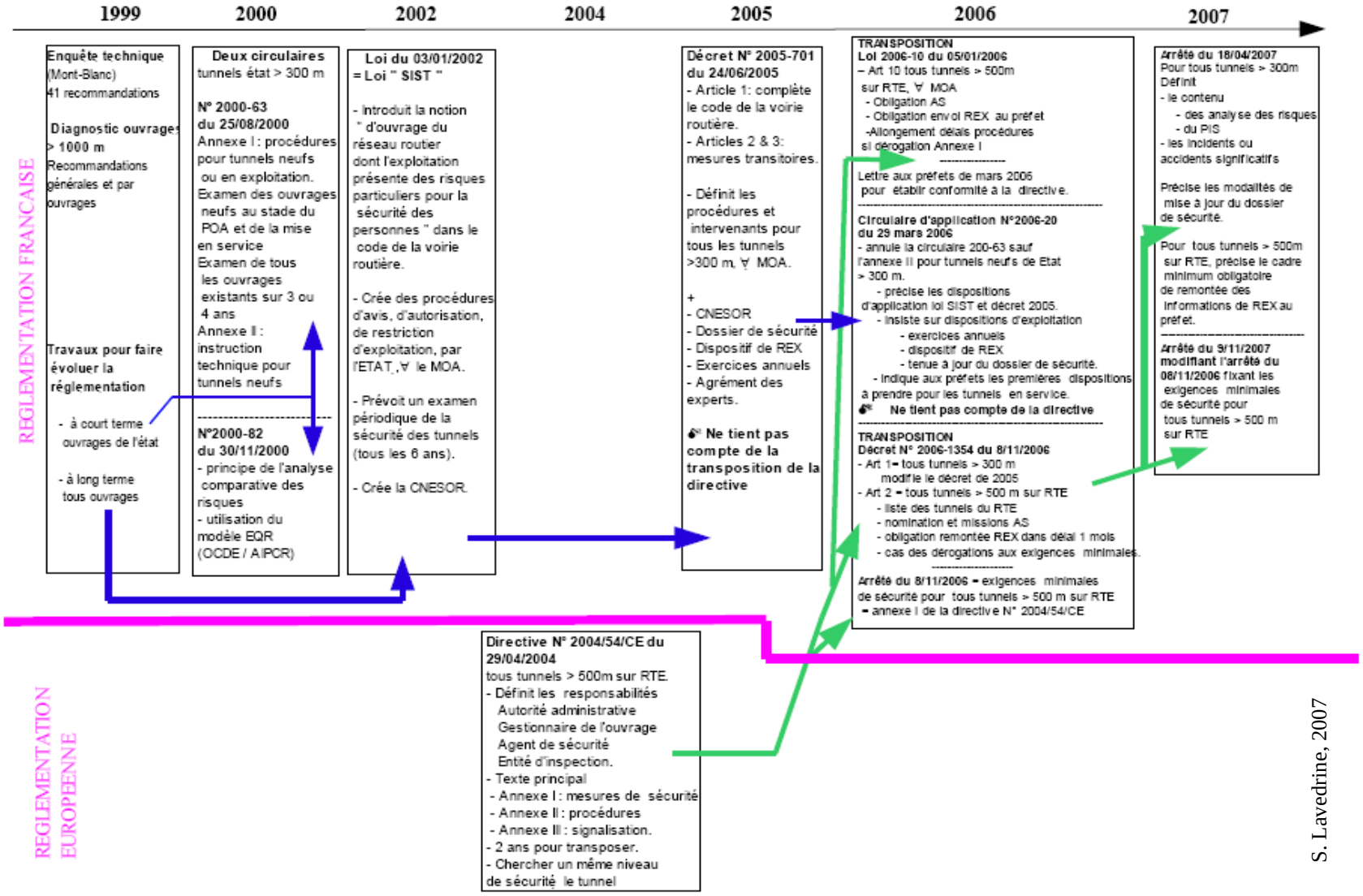
- Annexe 6-A : Extrait de la grille d'analyse
- Annexe 6-B : Résultats transformés

Annexe 7 : Exemples d'outils pour le retour d'expérience

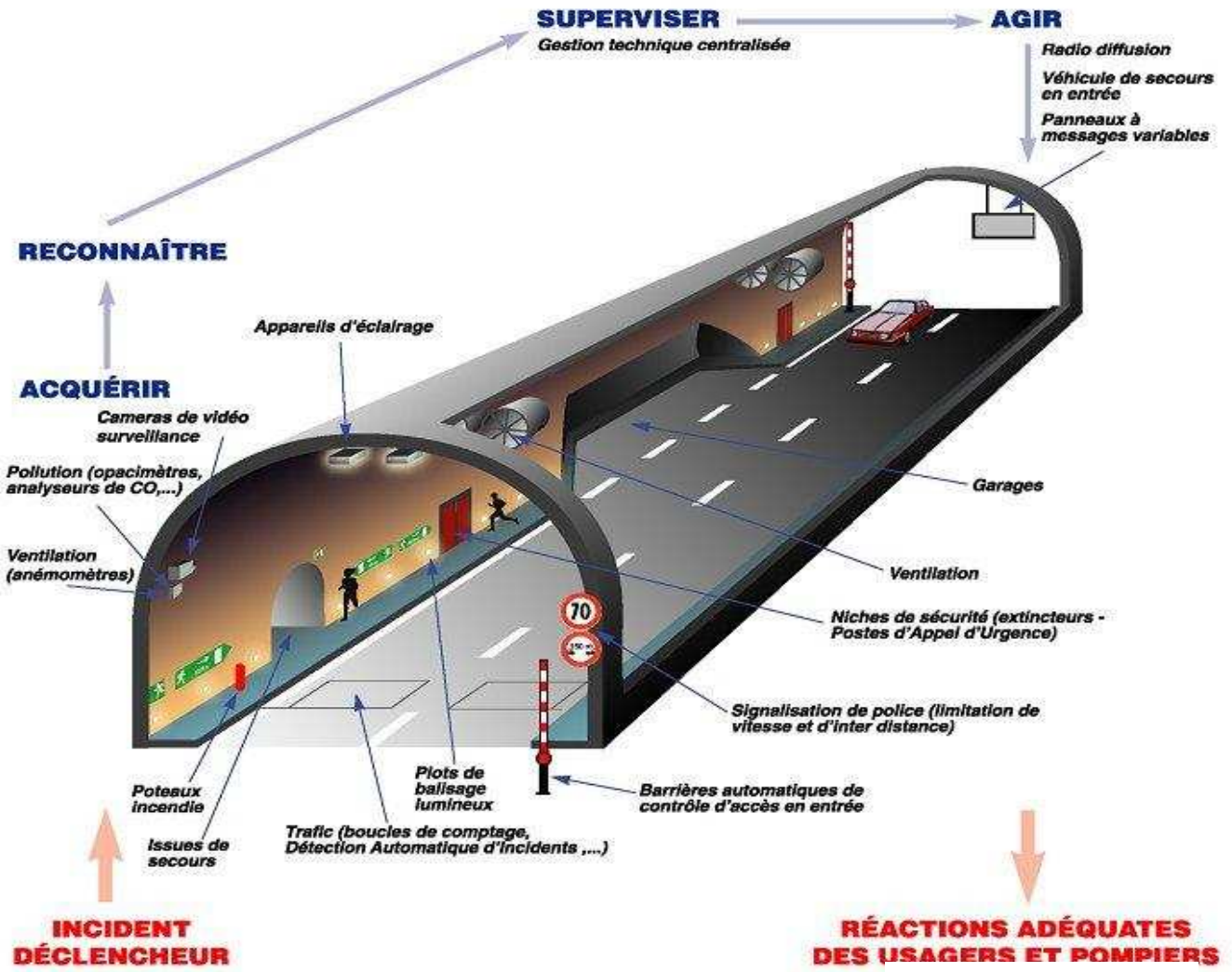
- Annexe 7-A : L'échelle d'évaluation de la gravité d'un événement en tunnel
- Annexe 7-B : Les tableaux de bord d'indicateurs
- Annexe 7-C : La fiche main courante
- Annexe 7-D : La note de synthèse d'événement

Annexe 1 : La sécurité des tunnels routiers

- **Annexe 1-A : Evolution des textes réglementaires français**



- **Annexe 1-B : La chaîne de sécurité**

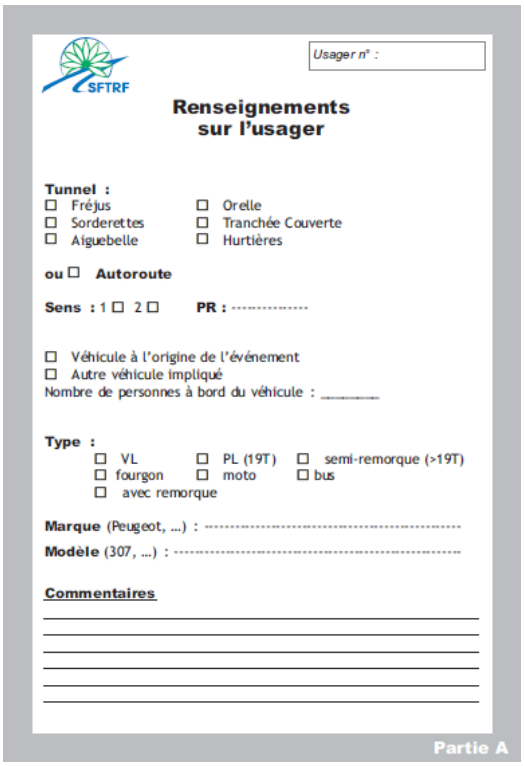


Crédit photo CETU

Annexe 2 : Evènements d'exploitation (incendie)

- **Annexe 2-A : La fiche d'autorisation de contact et son mémo (1/2)**

POUR LES TUNNELS DE L'AUTOROUTE A43 MAURIENNE



SFTRF

Usager n° :

Renseignements sur l'usager

Tunnel :
☐ Fréjus ☐ Orelle
☐ Sorderettes ☐ Tranchée Couverte
☐ Aiguebelle ☐ Hurtières

ou ☐ Autoroute

Sens : 1 ☐ 2 ☐ **PR :** ……

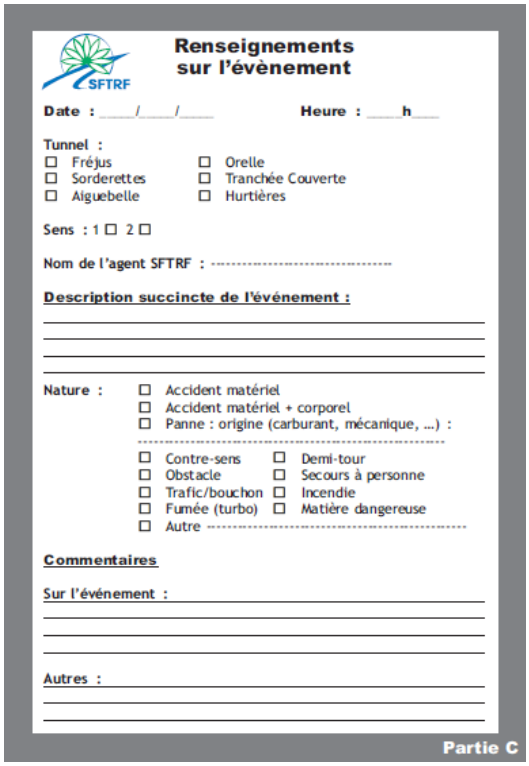
☐ Véhicule à l'origine de l'événement
☐ Autre véhicule impliqué
Nombre de personnes à bord du véhicule : _____

Type :
☐ VL ☐ PL (19T) ☐ semi-remorque (>19T)
☐ fourgon ☐ moto ☐ bus
☐ avec remorque

Marque (Peugeot, …) : ……
Modèle (307, …) : ……

Commentaires

Partie A



SFTRF

Renseignements sur l'évènement

Date : ____/____/____ **Heure :** ____h____

Tunnel :
☐ Fréjus ☐ Orelle
☐ Sorderettes ☐ Tranchée Couverte
☐ Aiguebelle ☐ Hurtières

Sens : 1 ☐ 2 ☐

Nom de l'agent SFTRF : ……

Description succincte de l'événement :

Nature :
☐ Accident matériel
☐ Accident matériel + corporel
☐ Panne : origine (carburant, mécanique, …) :
……
☐ Contre-sens ☐ Demi-tour
☐ Obstacle ☐ Secours à personne
☐ Trafic/bouchon ☐ Incendie
☐ Fumée (turbo) ☐ Matière dangereuse
☐ Autre ……

Commentaires

Sur l'événement :

Autres :

Partie C

Nota : la partie B correspond à la fiche utilisée pour le tunnel du Fréjus (cf. page suivante).



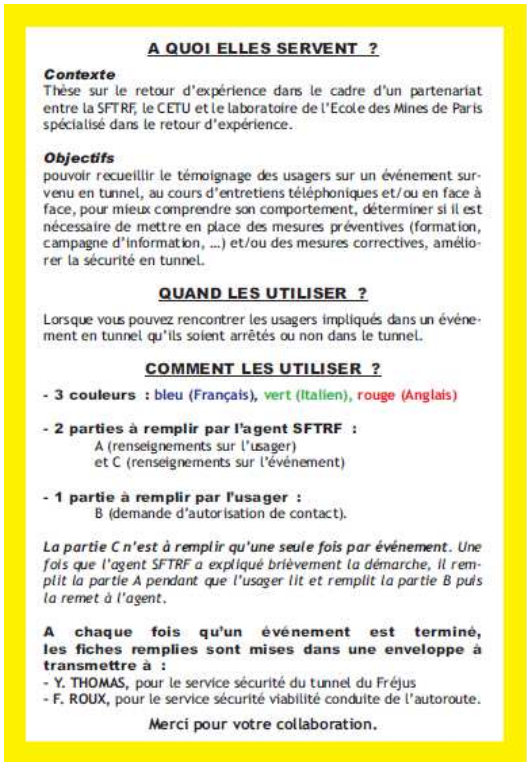
SFTRF

Fiches d'autorisation de contact des usagers

MEMO

Pour toutes informations complémentaires :
Audrey AUBOYER (doctorante) 04.72.14.33.74
ou Laurence BRASSAC (chargée de communication), poste 26 84.

(recto)



A QUOI ELLES SERVENT ?

Contexte
Thèse sur le retour d'expérience dans le cadre d'un partenariat entre la SFTRF, le CETU et le laboratoire de l'Ecole des Mines de Paris spécialisé dans le retour d'expérience.

Objectifs
pouvoir recueillir le témoignage des usagers sur un événement survenu en tunnel, au cours d'entretiens téléphoniques et/ou en face à face, pour mieux comprendre son comportement, déterminer si il est nécessaire de mettre en place des mesures préventives (formation, campagne d'information, …) et/ou des mesures correctives, améliorer la sécurité en tunnel.

QUAND LES UTILISER ?

Lorsque vous pouvez rencontrer les usagers impliqués dans un événement en tunnel qu'ils soient arrêtés ou non dans le tunnel.

COMMENT LES UTILISER ?

- **3 couleurs** : bleu (Français), vert (Italien), rouge (Anglais)

- **2 parties à remplir par l'agent SFTRF** :
  A (renseignements sur l'usager)
  et C (renseignements sur l'événement)

- **1 partie à remplir par l'usager** :
  B (demande d'autorisation de contact).

La partie C n'est à remplir qu'une seule fois par événement. Une fois que l'agent SFTRF a expliqué brièvement la démarche, il remplit la partie A pendant que l'usager lit et remplit la partie B puis la remet à l'agent.

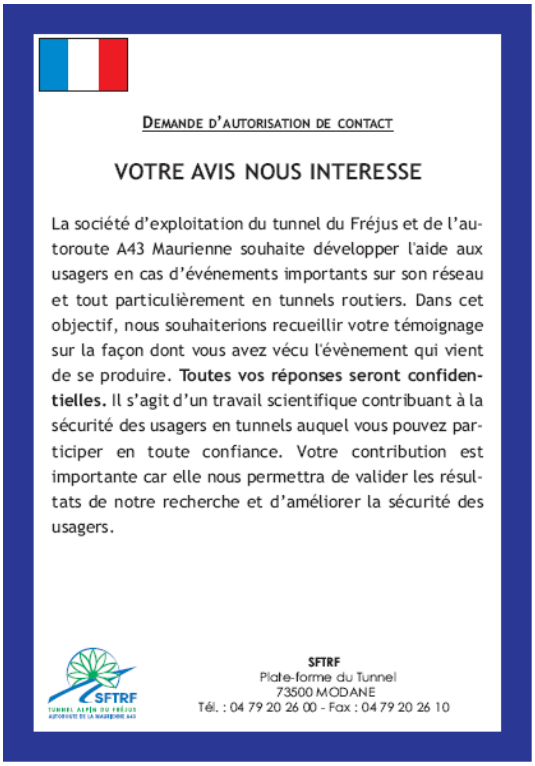
A chaque fois qu'un événement est terminé, les fiches remplies sont mises dans une enveloppe à transmettre à :
- Y. THOMAS, pour le service sécurité du tunnel du Fréjus
- F. ROUX, pour le service sécurité viabilité conduite de l'autoroute.

Merci pour votre collaboration.

(verso)

- **Annexe 2-A : La fiche d'autorisation de contact et son mémo (2/2)**

POUR LE TUNNEL DU FREJUS

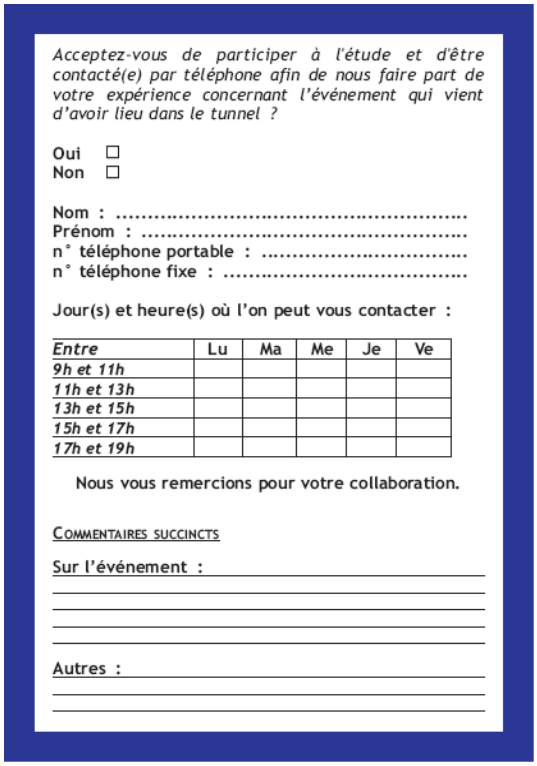


DEMANDE D'AUTORISATION DE CONTACT

VOTRE AVIS NOUS INTERESSE

La société d'exploitation du tunnel du Fréjus et de l'autoroute A43 Maurienne souhaite développer l'aide aux usagers en cas d'événements importants sur son réseau et tout particulièrement en tunnels routiers. Dans cet objectif, nous souhaiterions recueillir votre témoignage sur la façon dont vous avez vécu l'évènement qui vient de se produire. **Toutes vos réponses seront confidentielles.** Il s'agit d'un travail scientifique contribuant à la sécurité des usagers en tunnels auquel vous pouvez participer en toute confiance. Votre contribution est importante car elle nous permettra de valider les résultats de notre recherche et d'améliorer la sécurité des usagers.

SFTRF
Plate-forme du Tunnel
73500 MODANE
Tél. : 04 79 20 26 00 - Fax : 04 79 20 26 10



Acceptez-vous de participer à l'étude et d'être contacté(e) par téléphone afin de nous faire part de votre expérience concernant l'événement qui vient d'avoir lieu dans le tunnel ?

Oui ☐
Non ☐

Nom : .....
Prénom : .....
n° téléphone portable : .....
n° téléphone fixe : .....

Jour(s) et heure(s) où l'on peut vous contacter :

Entre	Lu	Ma	Me	Je	Ve
9h et 11h					
11h et 13h					
13h et 15h					
15h et 17h					
17h et 19h					

Nous vous remercions pour votre collaboration.

COMMENTAIRES SUCCINCTS

Sur l'événement :

Autres :

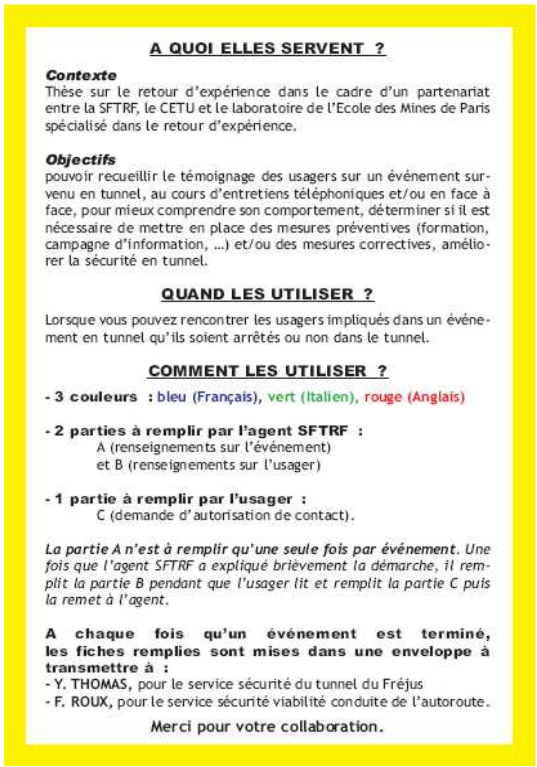
(recto) *(verso)*



Fiches d'autorisation de contact des usagers

MEMO

Pour toutes informations complémentaires :
Audrey AUBOYER (doctorante) 04.72.14.33.74
ou Laurence BRASSAC (chargée de communication), poste 26 84.



A QUOI ELLES SERVENT ?

Contexte
Thèse sur le retour d'expérience dans le cadre d'un partenariat entre la SFTRF, le CETU et le laboratoire de l'Ecole des Mines de Paris spécialisé dans le retour d'expérience.

Objectifs
pouvoir recueillir le témoignage des usagers sur un événement survenu en tunnel, au cours d'entretiens téléphoniques et/ou en face à face, pour mieux comprendre son comportement, déterminer si il est nécessaire de mettre en place des mesures préventives (formation, campagne d'information, ...) et/ou des mesures correctives, améliorer la sécurité en tunnel.

QUAND LES UTILISER ?

Lorsque vous pouvez rencontrer les usagers impliqués dans un événement en tunnel qu'ils soient arrêtés ou non dans le tunnel.

COMMENT LES UTILISER ?

- **3 couleurs** : bleu (Français), vert (Italien), rouge (Anglais)

- **2 parties à remplir par l'agent SFTRF** :
  A (renseignements sur l'événement)
  et B (renseignements sur l'usager)

- **1 partie à remplir par l'usager** :
  C (demande d'autorisation de contact).

La partie A n'est à remplir qu'une seule fois par événement. Une fois que l'agent SFTRF a expliqué brièvement la démarche, il remplit la partie B pendant que l'usager lit et remplit la partie C puis la remet à l'agent.

A chaque fois qu'un événement est terminé, les fiches remplies sont mises dans une enveloppe à transmettre à :
- Y. THOMAS, pour le service sécurité du tunnel du Fréjus
- F. ROUX, pour le service sécurité viabilité conduite de l'autoroute.

Merci pour votre collaboration.

(recto) *(verso)*

- **Annexe 2-B : La grille d'entretien avec les usagers (1/3)**

TEMOIGNAGE USAGER

Date de l'entretien : _____
(appels sans réponse : _____)

A) Renseignements sur l'événement *(remplis avant l'interview)*

1. Date : _____
2. Nature de l'événement (panne moteur, ...) : _____
3. Tunnel : Aiguebelle Hurtières Oreille Tranchée Couverte Sorderettes Fréjus
4. Sens : 1 (Fr/It) 2 (It/Fr)
6 Heure début: _____ Heure de fin : _____ Durée : _____

B) Renseignements sur le véhicule *(remplis si possible avant l'interview)*

1. Véhicule à l'origine de l'événement ☐ Autre véhicule impliqué ☐
2. Type de véhicule *(cocher la case correspondante)* :
VL PL (19T) semi-remorque (>19T) fourgon moto bus
Avec attelage *(cocher la case correspondante)* **? Oui ☐ Non ☐**
3. Marque (Peugeot, ...) et modèle (307,...) du véhicule : _____
4. Le véhicule était-il chargé ? *(cocher la case correspondante)*
Non Oui **Nature du chargement : _____**

C) Renseignements sur l'usager

1. Sexe : Homme Femme
2. Quelle est votre nationalité ? _____
3. Quelle âge avez-vous ? _____
4. Quelle est votre profession ? : _____
6. Depuis combien de temps exercez-vous cette profession ? : _____
5. Depuis combien de temps avez-vous le permis de conduire voiture ? *(cocher la case correspondante)*
Moins de 5 ans Entre 5 et 10 ans Entre 11 et 20 ans Plus de 20 ans
7. © Depuis combien de temps avez-vous le permis de conduire poids lourd ? *(cocher la case correspondante)*
Moins de 5 ans Entre 5 et 10 ans Entre 11 et 20 ans Plus de 20 ans
8. Le jour de l'événement, quelle place occupiez-vous dans le véhicule ?
Conducteur Passager avant Passager arrière
9. Combien de personne(s) vous accompagnai(en)t à bord du véhicule ? _____ Aucune
Etai(en)t-ce une/des personne(s) de votre famille, un/des collègue(s),... ? *(description succincte des accompagnants)*

lien _____	lien _____	lien _____
âge _____	âge _____	âge _____
genre _____	genre _____	genre _____
place _____	place _____	place : _____

10. Quelle était la raison de votre déplacement ? *(cocher la case correspondante)*
Privé (faire ses courses, visite à quelqu'un,...) Trajet domicile/travail
Professionnel (livraison, visite à un client,...) Touristique
11. Faisiez-vous la route avec d'autres personnes à bord d'un autre véhicule ?
Etai(en)t-ce une/des personne(s) de votre famille, un/des collègue(s),... ? *(description succincte des accompagnants)*

lien _____	lien _____	lien _____
âge _____	âge _____	âge _____
genre _____	genre _____	genre _____
place _____	place _____	place : _____

- **Annexe 2-B : La grille d'entretien avec les usagers (2/3)**

12. Quels étaient le lieu (travail, maison, amis ...) et la ville de départ de votre trajet ?

_____

13. Quels étaient le lieu (travail, maison, amis ...) et la ville d'arrivée de votre trajet ?

_____

14. Avant d'emprunter le tunnel, avez-vous fait une ou des pause(s) sur votre trajet ? *(cocher la case correspondante)*

Non

Oui **A quel(s) moment(s) ?** _____, **combien de temps ?** _____, **était-ce prévu ?** Non Oui

15. De manière générale, vous utilisez les tunnels de manière ... ? *(cocher la case correspondante)*

Très fréquente (tous les jours ou une à plusieurs fois par semaine)

Fréquente (une ou plusieurs fois par mois) Peu fréquente (une ou quelques fois par an)

Rare (moins d'une fois par an) C'est la première fois

16. En ce qui concerne le tunnel dans lequel s'est produit l'événement, vous l'utilisez de manière... ? *(cocher la case correspondante)*

Très fréquente (tous les jours ou une à plusieurs fois par semaine)

Fréquente (une ou plusieurs fois par mois) Peu fréquente (une ou quelques fois par an)

Rare (moins d'une fois par an) C'est la première fois

17. Avant cet événement, quel adjectif auriez-vous utilisé pour qualifier la traversée d'un tunnel ? (Qu'est-ce que la traversée d'un tunnel vous évoque ?) _____

18. Après cet événement, quel adjectif utiliseriez-vous pour qualifier la traversée d'un tunnel ? (Qu'est-ce que la traversée d'un tunnel vous évoque ?) _____

19. Avant cet événement, avez-vous déjà vécu un événement en tunnel ou une situation d'évacuation (habitation, lieu de travail, magasin,...) ? *(cocher la case correspondante)*

Non

Oui **Pouvez-vous décrire succinctement cet événement ?** _____

_____

_____

Qu'avez-vous appris de cet événement ?_____

_____

D) Témoignage de l'usager sur l'événement

1. Avant l'arrêt du véhicule dans le tunnel que s'est-il passé ? Que faisiez-vous ?
© Avez-vous eu des signes annonciateurs (voyants allumés, ...) ? ...

_____

_____

_____

2. En partant du moment où vous avez été arrêté dans le tunnel, décrivez ce que vous avez vécu, qu'avez-vous ressenti ? *que s'est-il passé ? qu'avez-vous fait ? quels véhicules étaient avant/après vous ?*

_____

_____

_____

3. Quand et comment avez-vous compris que quelque chose d'anormal se passait ? *(seul et/ou une personne des services de secours… ? quels signaux vous ont aidé à le comprendre ?...)*

_____

_____

_____

4. D'après vous, que s'est-il passé dans le tunnel ? Quel événement s'est produit dans le tunnel ?

- **Annexe 2-B : La grille d'entretien avec les usagers (3/3)**

6. Comment c'est passé votre évacuation?

_____
_____

8. Comment êtes-vous sorti du tunnel? Comment cela c'est passé ?
Pendant la suite de votre trajet, est-ce que vous aviez à l'esprit cet événement ?
_____
_____
_____

7. D'après vous, quels étaient les dangers et les risques potentiels de la situation ?

_____
_____
_____

8. Avec le recul, auriez-vous fait différemment ?
Non £
Oui £ **Si oui, qu'auriez-vous fait de différent ?** _____
_____
_____

9. Quels sont les moyens mis à disposition dans les tunnels pour votre sécurité ?

_____
_____

ð Si besoin, donner des informations sur les risques (fumées et produits dangereux) en tunnels et les moyens à disposition pour se mettre en sécurité (types d'issues de secours, postes d'appel et différence) ® parler du comportement attendu selon les risques.

10. Avez-vous déjà reçu des informations sur les risques en tunnel et les moyens mis à disposition pour votre sécurité ? *(cocher la case correspondante)*

Non
Oui **Lesquelles ?** _____
_____
_____

11. Qu'auriez-vous fait si cela été arrivé sur votre véhicule ?

_____
_____

Observations de l'usager

_____
_____

Remerciements

OBSERVATIONS ET SYNTHÈSE DE L'INTERVIEWEUR

_____
_____

Remarques

_____
_____

- **Annexe 2-C : La grille d'entretien avec les opérateurs de supervision**

TEMOIGNAGE « PROFESSIONNEL »

Consignes

Ce document s'inscrit dans une perspective d'amélioration continue de la sécurité en tunnel routier. Il vise à recueillir le témoignage des personnels exploitant qui ont géré un évènement en tunnel. Il a pour objectif d'aider à reconstruire et comprendre l'histoire de l'évènement afin de cerner les points ayant favorisé ou rendu difficile la gestion de l'évènement.

Renseignements

Date de l'évènement : _____ Date du témoignage : _____ Profession : _____

Témoignage sur l'évènement

1. Comment l'alerte vous a t-elle été donnée ***(alarme, collègue, …)*** **?**

_____

2. A ce moment là, quelles informations aviez vous sur l'évènement ***(nature de l'événement, acteurs impliqués, nombre et l'état de santé des usagers, …)*** **?**

_____

3. Décrivez ce que vous avez vécu au cours de cet événement
Que s'est-il passé ? Avec quelles personnes collaboriez-vous ? Comment la communication, la coordination(…) entre les services et les personnes s'est-elle passée ?…

_____

4. Quels étaient les dangers et les risques potentiels de la situation pour vous-même et/ou pour votre service ?

_____

5. Quels étaient les dangers et les risques potentiels de la situation pour les usagers ?

_____

Qu'avez-vous appris à l'issue de cet évènement?

_____

6. Avec le recul, auriez-vous fait différemment ? Non ☐ Oui ☐

Si oui, qu'auriez-vous fait de différent ?

_____

7. Donnez 3 points positifs sur l'événement ***(qu'est-ce qui s'est bien déroulé ?)*** **:**

_____

Donnez 3 points négatifs sur l'événement (qu'est-ce qui a moins bien fonctionné ?) :

_____

Observations

_____

Merci pour votre collaboration

- **Annexe 2-D : Extrait du tableau d'analyse pour la construction du chronogramme**

t	Δt	heure	repères	sens	acteur(s) / véhicule(s) / tunnel	véhi. préc.	dist.véh.préc.	action(s)	observations	remarques / hypothèses / interprétation
t = -1m	t = -1m	*00:25:14*	fiche expl.	N	PC	N	N	détection alarme DAI	PL arrêté, S1, niveau PAU	a priori, un premier PL est arrêté au niveau du PAU et déclenche une première alarme DAI au sein du PC.
t = -1m	t = -1m	*00:25:48*	fiche expl.	N	PC	N	N	active la macro "panne" avise les personnels concernés	N	suite à l'alarme DAI, le REG et l'OP mettent en œuvre les procédures conformes à l'événement détecté.
t = -1m	t = -1m	00:26:14	fiche macro	1	tunnel	N	N	mise en marche des SAV	N	N
t = -1m	t = -1m	00:26:22	fiche macro	1	tunnel	N	N	fermeture de la barrière	N	N
t = 0	t = 0	00:26:32	PAU	1	PLD warnings	N	N	passage	dégagement de fumée sur l'avant gauche du véhicule	N
t = 0	t = 0	00:26:32	PAU	2	PLA	N	N	passage croise le PLD	N	entre la détection de la fumée, le moment où il comprend qu'il se passe quelque chose et où il croise le PLD, le conducteur n'a pas le temps de s'arrêter.
(+) 10s	00:00:12	00:26:44	PAU et PAU	1 et 2	tunnel	N	N	alarme DAI terrain	N	N
(+) 20s	00:00:21	00:26:53	PAU	2	VLB	N	N	passage	N	N
(+) 20s	00:00:27	00:26:59	PAU	1	PLD warnings	N	N	passage	dégagement de fumée (noire?). plus de visibilité sur la caméra.	la fumée paraît plus noire que dans d'autres évènements. au niveau du PC, il n'y a plus d'image vidéo.

- **Annexe 2-E : Le profil des usagers (1/4)**

événeme		véhicule					
n°évnmt	n° tmgg	origine	type	marque	modèle	chargement	occupants * nb (y/c interviewé) * descript° passagers
E1	T1	oui	PL	volvo	semi	néant	néant
	T2	non	VL	renault	laguna	néant	1
	T3	non	VL	néant	utilitaire	néant	1
	T4	non	PL	néant	néant	matière dangereuse	néant
	T5	non	PL	néant	néant	matière dangereuse	néant
E2	T6	non	VL	audi	néant	néant	1
E3	T7	non	PL	mercedes	semi	matériau	néant
E8	T8	oui	PL	iveco	néant	électricité	1
E10	T9	oui	PL	scania	semi 164L	transformateurs	1
E11	T10	non	PL	mercedes	semi 1841	pots en plastique vide	1
	T11	non	PL	mercedes	semi	blé	1
	T12	non	VL	audi	A4 break	néant	* 2 * conducteur: 38ans, directeur administratif
	T13	non	VL	porsche	néant	néant	* 3 *passager avant: 40ans, associé ; passager arrière: 66ans, père
	T14	non	VL	citroën	néant	néant	* 2 * passager avant: 66ans, épouse
	T15	non	VL	citroën	607	néant	1

- **Annexe 2-E : Le profil des usagers (2/4)**

événeme		**véhicule**					
n°évnmt	**n° tmgg**	**origine**	**type**	**marque**	**modèle**	**chargement**	**occupants * nb (y/c interviewé) * descript°passagers**
E12	T16	non	néant	néant	néant	bovins	1
	T17	non	PL	Daz	semi XF 95 481	acier	1
E13	T18	non	PL	volvo	néant	féraille	1
	T19	non	PL	renault	semi	flacons plastiques	1
	T20	non	VL	renault	néant	néant	* 3 * famille
E14	T21	non	PL	néant	néant	néant	1
	T22	oui	PL	daz	semi	néant	* 2 * passager avant: mari

- **Annexe 2-E : Le profil des usagers (3/4)**

événeme		usager											
n° évnmt	**n° tmgg**	**place dans véhicule**	**nationalité**	**genre**	**age**	**métier**	**expce condte * VL * PL**	**raison déplacement**	*** départ (lieu,…) * arrivée (lieu,…)**	**pause (moment,...)**	**adjectif * avant * après**	**frqce utilisat° * tunnels * tunnel.évé**	**autre expce évnmt**
E1	T1	conducteur	néant	H	57	chauffeur routier	néant	professionnelle	néant	néant	néant	* néant * très fréquente	néant
	T2	conducteur	française	H	58	maire	néant	domicile/travail	néant	néant	néant	* néant * très fréquente	néant
	T3	conducteur	NR	H	26	technicien en oxygène	néant	professionnelle	néant	néant	néant	* néant * fréquente	néant
	T4	conducteur	NR	H	néant	chauffeur routier	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
	T5	conducteur	NR	H	néant	chauffeur routier	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
E2	T6	conducteur	française	H	59	directeur général	néant	professionnelle	néant	néant	néant	* néant * très fréquente	néant
E3	T7	conducteur	française	H	31	chauffeur routier	néant	professionnelle	néant	néant	néant	* néant * très fréquente	néant
E8	T8	conducteur	française	H	51	chauffeur routier (27 ans)	* >20ans * >20 ans	professionnel	* Italie * grenoble, France	néant	* dangereux * néant	* très fréquente * très fréquente	non
E10	T9	conducteur	turque	H	26	chauffeur routier (6)	* 5<10 * 5<10	professionnelle	* Madrid, Espagne * Foggia, Italie	oui (jusqu'à 14h, 9h, prévue)	* sécurité * moins sécurisant	* fréquente * fréquente	non
E11	T10	conducteur	française	H	48	chauffeur routier (25ans)	* >20 * >20	professionnelle	* hôtel, La Chambre, France * travail, alba, Italie	oui (nuit, prévue)	* peu sécurisant * encore moins sécurisant	* très fréquente * très fréquente	non
	T11	conducteur	française	H	45	chauffeur routier (25ans)	* >20 * >20	professionnelle	* domicile, La rochette, France * travail, Genda?, Italie	oui, nuit, prévue	* indifférent * indifférent	* très fréquente * très fréquente	non
	T12	passager avant	française	H	57	transporteur (30 ans)	* >20 * néant	professionnelle	* travail, albertville, France * travail, Italie	non, prévue	cf observations	* très fréquente * très fréquente	oui
	T13	conducteur	française	H	40	profession de l'automobile (7ans)	* >20 * néant	professionnel	* travail, bourg en bresse, France * travail, turin, Italie	oui, après péage, 15 min, prévue	* indifférent * indifférent	* très fréquente * très fréquente	non
	T14	conducteur	française	H	70	retraité	* >20 * néant	privé	* domicile, st julien mont denis, France * néant	oui	* indifférent * moins sécurisant	* très fréquente * peu fréquente	non
	T15	conducteur	française	H	néant	directeur entreprise (NR)	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant

- **Annexe 2-E : Le profil des usagers (4/4)**

événement		**usager**											
n°évnmt	**n° tmgg**	**place dans véhicule**	**nationalité**	**genre**	**age**	**métier**	**expce condte * VL * PL**	**raison déplacement**	*** départ (lieu,…) * arrivée (lieu,…)**	**pause (moment,...)**	**adjectif * avant * après**	**frqce utilisat° * tunnels * tunnel.évé**	**autre expce évnmt**
E12	T16	conducteur	française	H	38	chauffeur routier	* > 20ans * >20 ans	professionnelle	* entreprise, 71, france * livraison, vérone, Italie	non	* rien de particulier * rien de particulier	* très fréquente * très fréquente	non
	T17	conducteur	italienne	H	44	chauffeur routier (>20ans)	* > 20ans * >20 ans	professionnelle	* entreprise, chambéry, France * livraison, Italie	oui (chambéry, 50min)	* appréhension (souvenir du Mt Blanc) * un peu plus d'appréhension	néant	non
E13	T18	conducteur	française	H	62	chauffeur routier (22ans)	* > 20ans * >20 ans	professionnelle	* entreprise, commentry (03), France *livraison, lesigno, Italie	oui (chambéry, 15 min, prévue)	* indifférent * indifférent	* très fréquente * fréquente	oui
	T19	conducteur	française	H	52	chauffeur routier (32ans)	* > 20ans * >20 ans	professionnelle	* entreprise, bourg en bresse, France, * livraison, bressian, Italie	oui (chambéry, 15min, prévue)	* indifférent * indifférent	* très fréquente * fréquente	oui
	T20	conducteur	écossaise	F	60	retraité	* > 20ans * néant	privé	* aéroport, genève * domicile	oui	néant	néant	néant
E14	T21	conducteur	française	H	34	chauffeur routier (16 ans)	* 11-20ans * 11-20 ans	professionnelle	* client, Italie * entreprise, Italie	néant	* aucun * aucun "c'est impressionnant"	* très fréquente * très fréquente	non
	T22	conducteur	française	F	50	chauffeur routier (>20ans)	* >20ans * >20 ans	professionnelle	* livraison, grèce * domicile, auvergne, France	oui, asti Italie, 45 min, prévue changmt tte ls 4 h	* rien je suis quand même précautionneuse * NR	* très fréquente * très fréquente	non

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (1/16)**

n° évnmt	n° tmgg	1) avant arrêt
E1	T1	"Je n'ai pas eu de signe annonciateur. Le turbo a cassé au milieu du tunnel, j'ai ralenti pour essayer de sortir puis je me suis arrêté sur le côté à l'extérieur. Avec la fumée, j'ai dégagé le tunnel"
	T2	"J'ai vu, à environ 100m avant le premier tunnel, une file de véhicules arrêtés."
	T3	néant
	T4	néant
	T5	néant
E2	T6	"J'ai été étonné des barrières, ça ne prévient pas et ça tombe dessus. A la vitesse où on roule, j'ai vu les feux et tout de suite la barrière est descendue, je suis passé de justesse. À mon avis il faut laisser le feu 1 minute pour prévenir. J'ai vu le feu et la barrière, je me suis dit qu'il devait y avoir quelque chose donc j'ai attendu juste après la barrière. J'ai été surpris par la brutalité de la barrière. "
E3	T7	néant
E8	T8	"Je n'ai peut être pas bien réagi mais il n'y a pas eu de conséquences. C'est comme un match de foot à la TV, de l'extérieur on critique et quand on est confronté à la situation c'est plus difficile. Je connais la réglementation mais on n'y pense pas. On ne sait pas ce qui se passe dans le camion. Aucun voyant ne s'est allumé. On peut penser que ça s'est arrêté. A l'intérieur du véhicule on ne voit pas les problèmes que ça peut poser à l'extérieur. On voit la fumée. Elle était blanche, on ne se rend pas compte. Je pensais qu'il était plus sûr de s'arrêter à l'extérieur. Je fais parti des gens qui ont critiqué le chauffeur du Mont-Blanc, on pense qu'il est préférable de sortir du tunnel car il est difficile d'éteindre un incendie en tunnel. Je ne savais pas que c'était le turbo qui était cassé. Il n'y a pas de bruit, pas de voyant qui s'allume. J'ai descendu la vitre pour voir si ça sentait le gasoil mais rien donc j'ai continué sur 2 kms."
E10	T9	"Je n'ai eu aucun signe alarmant. A un moment donné, mes freins se sont bloqués."

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (2/16)**

n° évnmt	n° tmgg	1) avant arrêt
E11	T10	"J'ai vu le camion et les gyrophares de sécurité au loin devant (à 200/300m environ). J'étais le premier camion derrière celui qui fumait. Avec mon collègue qui était derrière, on a vite senti la température augmenter. J'avais la radio allumé, j'ai entendu le message de sécurité mais au début je croyais que c'était un exercice. Ce n'était pas clair. Le message demandait de « s'arrêter au feu rouge » mais comme cela est expliqué ce n'est pas clair. Je roulais quand même doucement mais je ne voyais rien. Quand j'ai écouté le message pour la deuxième fois, j'ai commencé à comprendre qu'il se passait vraiment quelque chose. Je me suis arrêté au premier feu rouge que j'ai vu. Cependant il était peu visible car il y a beaucoup d'autres panneaux et on a tellement l'habitude de passer dans le tunnel qu'on ne les voit pas. Le problème c'est que le message radio ne donne pas la nature de l'événement. Avec les autres messages radio qui passent en boucle en temps normal on est noyé dans les informations. Le message d'alerte passe dans la routine. Il n'y a pas d'intensité dans l'alerte, il faudrait être plus explicite dans le message. Les bouches d'air se sont mis en marche. On a suivi les consignes données à la radio : on a garé le véhicule à droite, on a coupé le moteur et on a mis les warnings."
	T11	"J'ai vu les feux rouges des warnings, j'ai stoppé le véhicule et mis les warnings. J'étais derrière le premier camion arrêté derrière le camion qui fumait. Les feux sont difficiles à voir car ils sont cachés derrière l'issue. Elle clignotait juste devant le feu. Je n'avais pas la radio. Le feu rouge n'est pas bien voyant, il faudrait mettre un gyrophare rouge qui tourne ou clignote au dessus de l'issue. Des usagers en face on fait des appels de phare. D'autres usagers ne se sont pas arrêté aux feux. "
	T12	"J'ai vu le feu rouge, je n'étais pas le conducteur, j'ai dit à mon collègue de garder ses distances avec le véhicule de devant. On s'est arrêté et je lui ai fait allumer la radio. Mon collègue avait mis le limiteur, je l'ai prévenu de se tenir à distance. Le plus important c'est l'information. Un autre véhicule a respecté la distance et a reculé pour augmenter la distance. Les ralentissements sont fréquents, on y fait donc moins attention."
	T13	"Par rapport à l'habitude, il y avait les feux de signalisation rouge mais on n'y fait pas très attention. Il faut quasiment 2 à 3 feux avant de réagir, on se demande si c'est normal ou pas normal. On n'a pas vu de fumée. Après on s'arrête quand on voit d'autres voitures arrêtées devant. C'était le matin de bonne heure, il y a peu de fréquentation à cette heure-là.
	T14	"La radio a annoncé qu'il fallait s'arrêter au feu rouge et aller dans un abri. On a suivi les consignes. Heureusement nous étions arrêté pas très loin d'un abri, à 100-150 mètres. On n'a pas vu de fumée."
	T15	néant

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (3/16)**

n° évnmt	n° tmgg	1) avant arrêt
E12	T16	néant
	T17	néant
E13	T18	"J'étais le 2° camion après celui qui a eu un probl ème. J'ai eu des appels des gens qui arrivaient en face. Ça s'est mis au rouge, je me suis arrêté et j'ai mis les warnings avec la distance de sécurité ». « J'ai vu de la fumée, ça m'a incité à m'arrêter. "
	T19	"Les véhicules en face ont fait des appels de phares. J'ai écouté le camion exploser, j'ai vu de la fumée. Ça ne dure pas longtemps. Il y avait deux camions entre le camion à l'origine et moi."
	T20	"Je n'ai pas vu de fumée, ni de croix. J'étais après le camion. "
E14	T21	"Rien de particulier, c'était comme d'habitude. J'ai vu une estafette qui faisait des appels de phare. Devant moi il y avait le patrouilleur dans son véhicule. La fumée m'a incité à m'arrêter. La fumée est arrivée très rapidement sur moi. La fumée fait penser à un incendie, il y avait aussi l'odeur de fumée/de brûlé."
	T22	« Avant l'entrée du tunnel il y avait un panneau qui indiquait qu'il y avait un véhicule en panne, et qui demandait de rouler à 70 km/h. C'est pas cohérent car c'est déjà limité à 70 km/h pour les PL. On est rentré dans le tunnel, il n'y avait rien de particulier. Puis à 500 mètres, il y avait un brouillard épais, plus j'avançais plus il y avait du brouillard."

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (4/16)**

n° évnmt	n° tmgg	2) à partir de l'arrêt
E1	T1	"L'exploitant et les pompiers étaient déjà arrivés"
	T2	"J'ai attendu 50 minutes à 1 heure sans savoir ce qui c'était passé, j'ai vu passer les pompiers. Il me semble qu'il n'y avait pas de PMV vers moi. Je ne suis pas allé voir à pied ce qui se passait (comme d'autres l'ont fait), je suis resté dans mon véhicule. Je n'ai pas été inquiet. J'aurai aimé avoir des informations. En dehors on a pas l'impression d'étouffement, ça rassure beaucoup d'être à l'extérieur. On patiente plus facilement avec des informations, ça aide à admettre de patienter. Je n'étais pas loin du péage et je me suis demandé si je ne faisais pas une marche arrière."
	T3	"J'étais bloqué derrière les barrières. J'ai attendu 1/2 heure avant que les gendarmes arrivent, 20min. avant les personnels exploitant sont arrivés. On avait aucune information en dehors du PMV incendie. On s'est posé sur le côté et on a discuté avec d'autres usagers."
	T4	"J'étais sur l'aire de la régulation au niveau du péage. Le pompier est parti en intervention, il n'y avait plus personne sur l'aire. On a eu quelques informations sur 107.7. Une fois sur 3, lors du stock des matières dangereuses il y a des probèmes de rétention. Il manque un PMV au niveau de l'aire pour prévenir les usagers."
	T5	"Jétais bloqué au niveau de la régulation du trafic sur l'aire puis j'ai été rebloqué au tunnel du Fréjus, sans savoir pourquoi. Il manque de l'information, on a besoin d'un peu plus d'informations. En TMD on perd des heures pour passer en convoi, même les pompiers se plaignent. Le sens Italie/France ça va mieux que France/Italie (c'est rare quand on passe bien). On perd du temps et du coup on a beaucoup d'heures supplémentaires et on doit payer une amende quand on se fait contrôler par la DDE."
E2	T6	"On a aucune information sur ce qui s'est passé à l'intérieur alors qu'on a besoin d'en avoir. Je suis allé voir une personne des secours qui m'a dit d'attendre. La gendarmerie nous a dit quand on a pu repartir. C'est étonnant de voir la barrière fermée et le feu qui clignote. Les feux sont restés au vert un bon moment."
E3	T7	"Il y avait de la fumée puis ça s'est intensifié, à 500m puis à 300m. Je suis resté arrêté, au début je n'ai rien vu puis tout s'est mis à clignoter et je me suis arrêté près des issues de secours. J'ai vu une personne de l'autoroute."
E8	T8	"J'ai vu les pompiers sortir, je me suis arrêté à l'intérieur à 4 kms de la sortie. A cette distance je pensais pouvoir sortir. On se demande est-ce que la fumée va s'arrêter?."
E10	T9	"Le véhicule voyageait sous escorte, au moment où le véhicule s'est arrêté. J'ai enfilé mon gilet réfléchissant de sécurité et je suis sorti du véhicule. L'escorte a avisé les secours ."

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (5/16)**

n° évnmt	n° tmgg	2) à partir de l'arrêt
E11	T10	"Je suis resté dans le camion car l'agent de sécurité nous a dit de le faire. Au début on n'a pas eu le bon réflexe de rester dans le véhicule, l'agent nous a dit que l'on aurait du rejoindre un abri. J'avais vu qu'il y avait un abri dans la direction du camion. Il était dans la fumée je n'y suis donc pas allé. Par la CB, je communiquais avec mon collègue de la même entreprise et il y avait un abri loin derrière lui. On a attendu de voir si la température augmentait. En cas de besoin, je serai parti à pied le rejoindre pour aller à l'abri. On avait ouvert les vitres, il fait chaud quand on a pas la climatisation, et il y avait une odeur de brûlé. On était loin du problème donc on n'a pas rejoint l'abri. Une fois que l'on est arrêté, le problème est qu'il n'y a plus de message de consignes. Les pompiers sont intervenus rapidement. Leur présence sécurise, d'autant plus que l'on ne sait pas ce qui se passe. Il faudrait donner la nature de l'événement au début et à la fin et également donner des consignes au fur et à mesure."
	T11	"J'ai attendu dans le véhicule, c'est ce que le pompier nous a dit de faire. Il n'y avait pas une grosse fumée. J'ai vu les pompiers et les ambulances, je ne suis donc pas sorti, j'attendais que l'on me prenne en charge. Je voyais l'abri, je pensais y aller mais j'ai attendu car mon collègue me disait d'attendre."
	T12	"On a écouté le message de sécurité. D'après moi, il n'est pas assez frappant car on est axé sur sa discussion personnelle, on est détaché de ce qui se passe. On s'est concentré sur les messages visuels et la radio, mais on ne sait pas ce qui se passe. On est resté à l'écoute. Hormis l'alerte, on a surveillé l'augmentation de température. On ne s'est donc pas précipité pour sortir. Le message n'est pas assez répété, il faut donner un minimum d'informations pour faire sortir les gens de leur véhicule. Les pompiers ont dit au chauffeur que nous aurions du sortir. Mais on ne quitte pas son véhicule comme ça, c'est un objet qui a de la valeur pour les gens. On a attendu dans le véhicule. Il n'y avait pas d'opacité, la température n'augmentait pas, j'ai donc jugé bon de ne pas sortir. J'ai expliqué et montré à mon collègue qu'il y a des issues, il a été étonné d'apprendre ça."
	T13	" Après j'ai eu le réflexe d'allumer le poste de radio pour savoir ce qui se passait. La présence du feu rouge seul ne suffit pas, avec l'habitude on ne sait pas si c'est normal ou non. Le message radio suffit pour comprendre ce qui se passe, il met en alerte par rapport à l'incident détecté. Le degré de message est plus inquiétant que rassurant pour respecter les consignes. Au début, on a la volonté de sortir du tunnel, on se dit qu'on a une connaissance par rapport au tunnel, on sait comment ça se passe. Le premier réflexe que l'on peut avoir, comme certains le font, c'est de faire demi-tour et de revenir d'où l'on vient. Pour rassurer il faudrait donner la nature de l'événement. Beaucoup de véhicules ont attendu pour repartir d'où ils venaient. On ne sait pas si c'est tout le tunnel qui brûle, on a besoin de connaître le niveau de gravité pour réagir. Lorsque l'on a le message, il y a toujours un delta temps de 10 minutes, on attend, on reste à côté de son véhicule, on regarde ce qui se passe et on se dirige vers un abri. quand rien ne se passe, on attend. Il faudrait peut-être des messages avec 2 ou 3 types de degré d'alerte différents, avec la longueur du temps d'attente. Plus c'est inquiétant et alarmiste plus on a tendance a vouloir partir car dans l'abri on peut se sentir coincé. Le message d'information devrait préciser qu'il est interdit de faire demi-tour et quel type de problème le camion rencontre. Une des premières réactions que l'on peut avoir c'est de faire demi-tour, c'est une réaction naturelle de tout le monde car on voit que dans l'autre sens c'est dégagé, qu'il n'y a pas de véhicule, c'est facile de faire demi-tour."
	T14	néant
	T15	"Un événement ! On peut plutôt parler d'un non-événement ! C'est dommage d'être garé à 500 ou 700 mètres de l'abri. Dans le refuge, il faisait une chaleur à mourir, tout le monde se plaignait. Compte tenu du prix que l'on paye et du désagrément occasionné, il faudrait des distributeurs de boissons !. Il y a quelqu'un qui a sorti une bouteille d'eau d'on ne sait où pour la donner à quelqu'un mais ça ne suffit pas. Heureusement que je suis pas claustrophobe, ça aurait été ma belle-sœur à ma place vous l'auriez fait paniquer avec les pompiers et les ambulances qui passent à fond avec leur sirène. L'annonce faite à la radio est alarmiste, ce n'est pas nécessaire. Il faudrait une navette qui vienne nous récupérer dans notre véhicule. Le pompier nous a ramené à notre véhicule, c'est gentil. J'étais en train d'écouter des cassettes et heureusement que j'ai mis la radio."

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (6/16)**

n° évnmt	n° tmgg	2) à partir de l'arrêt
E12	T16	"J'étais le 3° PL après celui qui était à l'origin e. J'ai vu de la fumée, des flammes. Le camion s'est arrêté devant, je me suis aussi arrêté. J'ai pensé à rien de spécial, je n'ai pas paniqué. C'était surtout pour les animaux. Les pompiers m'ont rassuré, ils m'ont dit que j'étais en sécurité dans la cabine. Je n'ai pas eu le temps de réagir, les pompiers sont arrivés rapidement. Ils étaient là en 5 minutes."
	T17	"J'ai vu un bouchon de fumée, on ne voyait plus clair. On se suivait à une interdistance réglementaire de 40 à 50 mètres. J'ai vu la fumée bien après les autres. Le temps de m'arrêter. Ça sentait le feu. Je suis descendu. J'ai compris qu'il se passait quelque chose avec la fumée et l'odeur. Après les pompiers sont arrivés. Je tiens à souligner que les pompiers ont été très efficaces. La fumée était très épaisse, ça m'a piqué les yeux et 2 jours après encore. Ma bâche en a encore l'odeur."
E13	T18	"A 300 mètres d'où je voyais la fumée, j'étais tranquille, il n'y avait pas d'odeur, ni rien. La fumée s'est vite dissipée. On pense quand même à un incendie, quand les personnels sont sur les lieux on est plus tranquille. Les issues sont visibles facilement, les feux clignotants permettent de les repérer dans la fumée. Si il y avait eu plus de fumée, je serai allé vers une issue."
	T19	"J'ai attendu sagement. L'agent routier nous a dit qu'ils laissaient refroidir 1/2h après on pourrait redémarrer. Je n'ai rien vu, pas de feu. Qu'est-ce que vous voulez que je vous dise."
	T20	"J'ai vu les issues, mais c'était rapide. Après quelques minutes, l'homme de la sécurité est arrivé et nous a dit que le camion était en panne. 10 minutes après, nous continuions notre route. "
E14	T21	"Il y avait un gros brouillard de fumée et le patrouilleur a mit les gyrophares. Il n'y avait aucune signalisation. Ça venait d'arriver, il n'y a pas eu d'alarme, rien ne disait de s'arrêter. La fumée c'est pas très bon, c'est impressionnant on ne voyait plus à 5 mètres."
	T22	"Après on ne voyait plus rien. On s'est arrêté avant le deuxième camion qui arrivait en face. Le chauffeur nous a demandé si c'était notre camion qui fumait. On ne voyait plus rien, on a été intoxiqués. Mon mari est allé appeler à la borne, on nous a dit « allez tout de suite dans un refuge et amenez les gens qui sont avec vous ou que vous croisez . Quand on a croisé le pompier, il nous a montré par où il fallait évacuer. Toute seule, j'aurai fait la même chose. J'ai mis les warnings car j'avais peur que l'on me rentre dedans."

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (7/16)**

n° évnmt	n° tmgg	3) compréhension situation (danger)
E1	T1	néant
	T2	*"J'ai attendu 50 minutes à 1 heure sans savoir ce qui c'était passé."*
	T3	"Je n'avais pas de sentiment de danger. Je ne suis pas une personne d'un naturel inquiét, j'étais assez loin on ne risquait rien."
	T4	néant
	T5	néant
E2	T6	néant
E3	T7	"Je ne me sentais pas trop en danger près des issues. J'attendai de voir si la fumée devenait plus épaisse, je n'ai pas vu de flammes. J'ai eu des informations sur la situation avec les clignotements, des usagers de véhicules légers m'ont prévenus, la personne de l'autoroute."
E8	T8	"Je n'étais pas stressé. Le problème est que je n'avais pas du tout peur, il faudrait avoir peur."
E10	T9	"Quand le camion s'est arrêté."
E11	T10	"Après 10-15 minutes, le camion de pompiers est arrivé et on nous a demandé de rester à l'intérieur du véhicule. Sur le moment on a vu un pneu a 50 mètres, mais je ne savais pas." *"Quand j'ai écouté le message pour la deuxième fois, j'ai commencé à comprendre qu'il se passait vraiment quelque chose."*
	T11	"Il y a un véhicule en face qui a fait des appels de phare. Je l'ai dit à mon collègue. L'odeur de fumée, l'arrêt aux feux rouge et les feux de détresse du camion de devant."
	T12	néant
	T13	néant
	T14	"A la radio quand ils ont dit qu'il fallait s'arrêter. Mais on ne voyait rien."
	T15	néant
E12	T16	néant
	T17	"J'ai compris qu'il se passait quelque chose avec la fumée et l'odeur."
E13	T18	néant
	T19	néant
	T20	néant
E14	T21	néant
	T22	"C'est la fumée qui m'a incité a m'arrêter. On a été intoxiqué. On a roulé la fenêtre ouverte car on avait mal à la tête. On a était pas bien jusqu'au lendemain en fin de matinée".

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (8/16)**

n° évnmt	n° tmgg	4) événement
E1	T1	néant
	T2	néant
	T3	*"PMv incendie"*
	T4	néant
	T5	néant
E2	T6	néant
E3	T7	néant
E8	T8	néant
E10	T9	néant
E11	T10	"On nous a dit que c'était un pneu éclaté. J'ai senti l'odeur."
	T11	néant
	T12	néant
	T13	néant
	T14	« C'était impeccable, on nous a expliqué que les pneus étaient en feu mais qu'il n'y avait pas de problème. Ça s'est bien passé. »
	T15	néant
E12	T16	"Il y a dû y avoir un incendie, un truc comme ça. Je crois que c'est un pneu qui a éclaté et ça a pris feu. Je crois que c'était une bétaillère."
	T17	"Il y a eu un problème mécanique. Un incendie."
E13	T18	"Un problème de turbo. Je l'ai demandé à la personne de la SFTRF qui me l'a dit."
	T19	néant
	T20	" C'était un incident en tunnel, un camion en panne."
E14	T21	"Le patrouilleur m'a dit que c'était un problème de turbo.C'était un camion en panne."
	T22	"On pensait à un incendie, ça faisait peur, avec le Mont-Blanc."

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (9/16)**

n° évnmt	n° tmgg	5) évacuation
E1	T1	néant
	T2	néant
	T3	néant
	T4	néant
	T5	néant
E2	T6	néant
E3	T7	néant
E8	T8	néant
E10	T9	néant
E11	T10	néant
	T11	néant
	T12	néant
	T13	"Nous on a rejoint l'abri. les gens sont arrivés petit à petit. On a attendu 1 heure environ et nous étions 7 personnes en tout."
	T14	"La porte de l'abri était facile à ouvrir. On nous a parlé dans le haut-parleur. On nous a demandé combien nous étions et si ça allait. Les pompiers sont arrivés rapidement, au bout de 10-15 minutes. Ils nous ont donné à boire. On était sept dans l'abri. On se demandait ce qui arrivait. Au haut-parleur on a entendu qu'il y avait un camion en feu. Les pompiers sont restés avec nous, ça rassure. Ils ont expliqué que c'était les pneus d'un camion qui avait un problème. Ma femme a été impressionnée, elle a eu peur. C'est impressionnant. Le pompier lui a expliqué que si elle avait besoin, il pouvait l'évacuer vers l'extérieur avec un quad qui est en haut dans la galerie."
	T15	"J'ai dû marcher 500 mètres avec ma sacoche, ma veste (…). Vous imaginez, il y avait un chauffeur belge qui faisait 140 kgs il est arrivé tout essoufflé."
E12	T16	néant
	T17	"Après les pompiers nous ont amené à l'extérieur, on est resté environ 1h. Puis ils nous ont ramené à l'intérieur."
E13	T18	"C'est impressionnant de se faire évacuer."
	T19	néant
	T20	néant
E14	T21	"Je suis descendu du véhicule puis on est rentré dans le SAS d'évacuation. J'étais tranquille. Puis les pompiers sont arrivés. On ne sait pas combien de temps ça va durer. Pendant l'attente on a pas d'information, c'est flippant. Le patrouilleur partait des fois, c'est surtout quand on est seul."
	T22	"On a vu qu'il y avait quelqu'un dans la cabine du PL qui était arrêté. On lui a dit de venir en sécurité. Dans l'abri on a rappelé, on nous a demandé combien de personnes on était et on nous a dit d'aller chercher le chauffeur. Quand on est allé le chercher, il nous a demandé si c'était nous qui avions provoqué tout ça. Il nous a expliqué que c'était pas lui, il voulait repartir. Les pompiers sont arrivés, ils l'avaient vu redémarrer, ils se sont occupés de lui. On était 3 chauffeurs dans l'abri ; l'opérateur était rassurant, il nous a dit de ne pas s'inquiéter. Les informations étaient suffisantes. On avait peur que ça prenne feu mais on se sentait en sécurité."

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (10/16)**

n° évnmt	n° tmgg	6) sortie du tunnel
E1	T1	néant
E2	T2	"J'ai commencé à m'énerver puis le trafic a recommencé."
	T3	néant
	T4	néant
	T5	néant
	T6	néant
E3	T7	néant
E8	T8	néant
E10	T9	"Avec mon camion qui a été réparé sur place dans le tunnel."
E11	T10	"On nous a dit de sortir, on est sorti doucement. Cela m'a un peu perturbé."
	T11	"On m'a dit de sortir. Je n'ai pas été perturbé"
	T12	néant
	T13	"De manière classique, on a démarré."
	T14	"Les pompiers nous l'ont dit. Ils nous ont amené dans leur véhicule et nous ont chacun raccompagné à notre véhicule. C'était bien."
	T15	néant
E12	T16	"On est remonté dans la cabine puis ils nous ont amené vers l'extérieur."
	T17	"Oui on y pense. On a discuté avec les autres. Quand on passe dans le tunnel du Mt Blanc ou du Fréjus on repère les issues mais dans les autres tunnels on ne les repère pas car on pense que ça ne peut pas arriver."
E13	T18	néant
	T19	néant
	T20	"Je n'ai pas été perturbé sur la suite du trajet. "
E14	T21	"Le patrouilleur nous a fait évacuer. Je suis remonté dans mon véhicule puis j'ai attendu le retour du patrouilleur et nous sommes sortis du tunnel. Pendant la suite du trajet, on y pense. C'était chaud. J'ai pensé à ceux qui étaient morts dans d'autres incendies, ça peut aller très vite."
	T22	"Un pompier est venu nous chercher, il nous a raccompagné jusqu'à notre véhicule. Une personne de la société nous a dit qu'il allait venir nous chercher, il fallait attendre le signal puis on sortirait."

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (11/16)**

n° évnmt	n° tmgg	7) risques événement
E1	T1	néant
	T2	néant
	T3	néant
	T4	néant
	T5	néant
E2	T6	néant
E3	T7	néant
E8	T8	néant
E10	T9	néant
E11	T10	"Je pensais qu'il n'y avait pas de risque alors qu'il y en avait. Il y avait un risque d'étouffement mais sur le moment on ne connaissait pas la nature de l'évènement."
	T11	"Je n'ai pas vu de risque car j'étais trop loin. Il faisait très chaud, la température augmentait, le moteur était arrêté. J'ai mesuré la température dans le tunnel, il faisait 48℃. Je sentais la fumé e puis il y a eu de l'air froid qui est arrivé."
	T12	néant
	T13	"Le pompier dans l'abri nous a dit que c'était un incident sur un camion, les pneumatiques avaient éclaté, il y avait un risque d'incendie, c'est quelque chose de classique. Il y a besoin de temps pour sécuriser le tunnel. On mesure mal les délais pour lesquels on est dans le tunnel alors que c'est banal et si c'est important il y en a pour la journée. Les gens restent dans l'abri avec l'incertitude sur le délai, sur ce qui se passe. On était peu nombreux mais si on avait été plus nombreux il aurait fallu plus d'informations pour attendre."
	T14	néant
	T15	néant
E12	T16	"C'était pour les animaux surtout que j'avais peur. Je ne me suis pas senti en danger. L'air poussait vers la sortie."
	T17	"L'asphyxie."
E13	T18	néant
	T19	néant
	T20	néant
E14	T21	"La fumée c'est pas très bon, c'est impressionnant on ne voyait plus à 5 mètres."
	T22	néant

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (12/16)**

n° évnmt	n° tmgg	8) actions différentes
E1	T1	néant
	T2	néant
	T3	néant
	T4	néant
	T5	néant
E2	T6	néant
E3	T7	néant
E8	T8	néant
E10	T9	"Rien."
E11	T10	néant
	T11	"Rien."
	T12	néant
	T13	néant
	T14	néant
	T15	néant
E12	T16	néant
	T17	"S'il n'y avait pas eu les pompiers j'aurai regardé si y'avait besoin de secourir quelque chose. J'aurai peut être fait une marche arrière si possible ou je me serai dirigé vers l'extérieur à pied, vers une porte coupe feu mais on ne les voyait plus."
E13	T18	néant
	T19	néant
	T20	néant
E14	T21	"Non"
	T22	"Non"

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (13/16)**

n° évnmt	n° tmgg	9) dispositifs de sécurité
E1	T1	néant
	T2	"Si ça fume devant moi dans le tunnel, je cherche à sortir, je cherche les abris. Il me semble que dans une situation de stress, à l'échelle piéton, la distance entre les abris est grande."
	T3	néant
	T4	néant
	T5	néant
E2	T6	"Si j'avais été arrêté à l'intérieur, j'aurai essayé d'évacuer mais je ne sais pas comment"
E3	T7	néant
E8	T8	"Il y a le téléphone, l'extincteur. Même si il y a un incendie, la personne a le temps de s'en aller, de se déplacer à pieds jusqu'à l'extérieur du tunnel. Je ne pensais pas qu'on n'avait pas le temps, par rapport à la fumée."
E10	T9	"L'escorte et les secours routiers (pompiers/croix rouge)."
E11	T10	"Les abris, l'extincteur, les pompiers en tunnel." Après lui avoir parlé des PAU où l'on est pas en sécurité, il cite ces derniers et rajoute "Cela se voit bien que l'on est pas en sécurité."
	T11	"Les extincteurs, une pompe à incendie."
	T12	néant
	T13	"On a des informations en passant, il y a les abris qui sont suffisamment bien signalé pour les rejoindre. On sait qu'il y a des abris mais on ne sait pas comment on va pouvoir en sortir."
	T14	"Ce que les pompiers nous ont expliqué : les machins de sécurité, les abris, les pompiers et le quad."
	T15	néant
E12	T16	"Les issues et les refuges."
	T17	néant
E13	T18	"Les issues de secours avec les prospectus qu'on nous donne."
	T19	néant
	T20	néant
E14	T21	"Le poste d'appel."
	T22	néant

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (14/16)**

n° évnmt	n° tmgg	10) infos
E1	T1	néant
	T2	néant
	T3	néant
	T4	néant
	T5	néant
E2	T6	néant
E3	T7	néant
E8	T8	"On nous donne des documents d'information sur la plate-forme du Rieu Sec, (…). J'y porte de l'intérêt car j'ai été pompier."
E10	T9	"Non."
E11	T10	"Au péage on nous en donne régulièrement. On ne les prend plus car ce sont toujours les mêmes. Tout est marqué dessus mais on réagirait différemment si il donnait les risques encourus (augmentation de la température,…) quand le camion brûle."
	T11	"On nous donne un document en plusieurs langues. C'est clair, on s'arrête au feu rouge."
	T12	"Les informations données au péage. Je suis transporteur, il faudrait donner de l'information à tous les passagers qui sont présents dans le bus."
	T13	"Quand on traverse le Fréjus, il donne un dépliant (environ 5 fois par an), ce n'est pas quelque chose qu'on lit, surtout quand on est seul. Peut-être le passager en vacances peut le lire."
	T14	"A la télévision, surtout avec l'événement du Mont-Blanc et un peu avec l'événement du Fréjus."
	T15	néant
E12	T16	"On a des informations en formation (tous les 5 ans avec la FIMO) où il nous passe la vidéo du tunnel du Fréjus. On apprend l'attitude à adopter, à ne pas paniquer, à rejoindre les issues."
	T17	"On nous en donne au tunnel du Fréjus et au Mt Blanc, je les ai. On les connaît par cœur."
E13	T18	"Les papiers qu'ils donnent au tunnel du Fréjus (côté italien et français). Ca donne des précautions, ça mobilise l'attention. Je ne me souviens pas qu'en formation (Fimo) ils nous en aient parlé."
	T19	"En formation on nous forme à la distance de sécurité. C'est comme dans les bâteaux, il y a des couloirs échappatoires et on est pris en charge par des agents. J'y serai allé de moi-même si il y avait eu un incendie. 30 secondes après que j'ai vu le turbo cassé, l'agent routier était sur place, ça ne fait pas de flamme quand c'est le turbo."
	T20	néant
E14	T21	"Les dépliants. Depuis le temps, je connais les tunnels. Suite au Mont-Blanc, il y a eu beaucoup d'informations. Il y a les feux, …"
	T22	"En formation on a des informations et dans les dépliants qu'on nous donne à l'entrée des tunnels".

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (15/16)**

n° évnmt	n° tmgg	11) apprentissage
E1	T1	néant
	T2	néant
	T3	néant
	T4	néant
	T5	néant
E2	T6	néant
E3	T7	néant
E8	T8	« A faire attention et à ne pas toujours faire confiance à ce que l'on voit. Mieux suivre la réglementation même si on croit que c'est pas trop bien fait ». « J'ai averti mes collègues de ce qui s'est passé et de ce qu'il fallait faire. Un était au courant et les deux autres non »
E10	T9	"Rien."
E11	T10	"Aujourd'hui je suis conscient qu'il faut s'arrêter à côté d'un abri. La prochaine fois on va dans un abri. L'agent de sécurité nous a dit qu'ils viendraient nous récupérer dans les abris avec la navette."
	T11	"Rien du tout."
	T12	néant
	T13	"Au début, la sécurité on l'ignore totalement. J'ai appris qu'il y avait une évacuation parallèle, on sort à pied… On sait que c'est sécurisé, on est dans le flou. Ce qu'on apprend, c'est les formalités : pour les abris on sait ce qu'il faut faire quand il y a un problème de fumée, le type de fonctionnement : les pompiers nous ont expliqué que l'on peut évacuer par la gaine avec un quad, il y a également leurs véhicules. De façon informelle, il nous a donné les consignes, la personne a été rassurante dans l'intervention, il y a toujours le problème du délai qui n'est pas facile à donner."
	T14	"A suivre les consignes à la radio, si elle marche. Si il y a un feu rouge, on s'arrête, j'étais au courant avec la radio."
	T15	néant
E12	T16	néant
	T17	"A être plus vigilant, regarder, être attentif à l'événement."
E13	T18	néant
	T19	néant
	T20	néant
E14	T21	néant
	T22	néant

- **Annexe 2-F : Les témoignages des usagers (16/16)**

n° évnmt	n° tmgg	12) sur propre véhicule
E1	T1	néant
	T2	néant
	T3	néant
	T4	néant
	T5	néant
E2	T6	néant
E3	T7	néant
E8	T8	néant
E10	T9	néant
E11	T10	néant
	T11	"J'aurais pris un torchon que j'aurais mouillé et j'aurais marché en baissant la tête."
	T12	néant
	T13	néant
	T14	néant
	T15	néant
E12	T16	« Si ça m'était arrivé je me serais arrêté ou j'aurais essayé de continuer si j'étais près de la sortie. C'est difficile à dire. »
	T17	« Si ça m'arrivait, ça dépend, selon la situation. J'essaierai de sortir avec le véhicule ».
E13	T18	« J'ai jamais eu de problème. On doit stationner avec les warnings, se garer en étant le moins gênant, alerter avec les boutons poussoirs (explication différence tunnel type fréjus/mont blanc et les autres). Pour n'importe quel problème on éteint le moteur, la batterie »
	T19	« Si j'avais eu un problème de turbo, j'aurais mis les feux de détresse puis je me serais garé au milieu ».
	T20	néant
E14	T21	"Si ca m'étais arrivé, j'aurai appelé à une borne SOS, j'aurais mis les warnings et j'aurais attendu dans un abri."
	T22	"si ça m'étais arrivé, j'aurais fait la même chose. J'aurais coupé le moteur, appelé les secours, utilisé un extincteur et je me serais mise à l'abri ."

- **Annexe 2-G : Extrait de la base de données (1/2)**

	contexte								tunnel						évènement							
n° fiche	date	mois	jour	début	fin	moment	durée	météo	cd.météo	tunnel	PR	canton	sens	voie	type	cause(s)	détail	mode dét.	procédure	activation	délai
	10/01/	janvier	ma	07:10	07:37	06h-20h	00:27	beau	bonne			B	2	VL	panne	crevaison	néant	PAU	macro	07:11	00:01
	20/02/	février	ma	03:48	05:49	20h-06h	02:01	beau	bonne			A	1	*les 2*	obstacle	roue de PL	néant	tph	pdf, pmv	03:50	00:02
	31/03/	mars	je	11:22	11:32	06h-20h	00:10	éclaircie	bonne			C	1	BAU	panne	crevaison	arrière gauche	vidéo	pdf, pmv	11:23	00:01
	14/04/	avril	ve	12:37	13:02	06h-20h	00:25	beau	bonne			A	2	VR	panne	carburant	néant	vidéo	*pdf*	12:38	00:01
	18/04/	avril	lu	12:15	12:42	06h-20h	00:27	éclaircie	bonne			A	1	BAU	panne	carburant	néant	DAI	pdf, pmv	12:17	00:02
	21/04/	avril	je	17:53	18:50	06h-20h	00:57	beau	bonne			C	2	les 2	incendie	mécanique	turbo (rupture)	vidéo	macro	17:54	00:01
	03/06/	juin	me	15:51	17:01	06h-20h	01:10	beau	bonne			A	1	VL	panne	mécanique	NR	*NR*	macro	15:51	00:00
	23/06/	juin	me	19:09	20:08	06h-20h	00:59	beau	bonne			A	2	VA	panne	crevaison	gauche médian + 2 poumons d'air	vidéo	pdf, pmv	19:11	00:02
	25/06/	juin	ve	23:14	23:23	20h-06h	00:09	averse	mauvaise			B	1	VL	*arrêt*	néant	néant	DAI	pdf	23:14	00:00
	01/07/	juillet	sa	13:42	14:30	06h-20h	00:48	beau	bonne			B	1	VL	panne	mécanique	NR	DAI	*macro*	13:43	00:01
	03/08/	août	ve	11:13	12:05	06h-20h	00:52	NR	NR			B	1	VL	panne	carburant	néant	DAI	macro	11:13	00:00
	18/11/	novembre	sa	09:36	11:35	06h-20h	01:59	NR	NR			C	2	VL	panne	crevaison	néant	PAU	macro	09:38	00:02
	03/01/	janvier	lu	09:48	09:55	06h-20h	00:07	beau	bonne			B	1	VR	obstacle	débris de pneu	néant	AR	pdf, pmv	09:50	00:02
	20/02/	février	lu	19:46	20:30	06h-20h	00:44	beau	bonne			A	1	VL	*obstacle*	fut plastique	néant	COG	pdf, pmv	19:47	00:01
	09/03/	mars	ma	06:05	07:24	06h-20h	01:19	eclaircie	bonne			B	1	VL	panne	mécanique	boîte de vitesses	*PAU*	macro	06:05	00:00
	10/03/	mars	me	11:29	12:12	06h-20h	00:43	beau	bonne			A	1	BAU	panne	mécanique	NR	COG	pmv, pdf	11:30	00:01
	12/03/	mars	ve	09:05	09:56	06h-20h	00:51	beau	bonne			C	1	*VR*	*obstacle*	bidon	VL percute bidon	infra	pmv, pdf	09:07	00:02

															temps attente et modes d'évacuation des usagers																	
véhicule			usagers					dépannage							tunnel			têtes tunnel				péage			aire			délestage		
type	marque/modele	chargement	nationalité	dptmt	type appel	heure appel	délai	mode	appel	arrivée	départ	tps arrivée	durée	qui	heure	délai	ouvertureS1	duréeS1	ouvertureS2	duréeS2	fermeture	ouverture	durée	fermeture	ouverture	durée	début	fin	durée
VL	audi	néant	française	73	PAU	07:10	00:00	seul	néant	néant	07:31	néant	00:21	AR	07:17	00:07	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
PL	iveco	bois	italienne	néant	*tph*	03:48	00:00	néant	néant	néant	néant	néant	néant	AR	04:40	00:52	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
VL	toyota	néant	italienne	néant	néant	néant	néant	seul	néant	néant	11:32	néant	00:10	CE	11:22	00:00	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
VL	fiat punto	néant	française	7	PAU	12:40	00:03	garage	12:46	12:57	13:02	00:11	00:05	AR	12:42	00:05	néant	néant	12:44	00:06	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
VL	nissan primera	néant	française	73	PAU	12:16	00:01	garage	12:24	12:37	12:41	00:13	00:04	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
VL	fourgonnette	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	CE	18:01	00:08	18:44	00:50	18:44	00:50	17:56	18:45	00:49	néant	néant	néant	néant	néant	néant
PL	iveco 440E42	néant	italienne	néant	néant	néant	néant	seul	néant	néant	15:54	néant	00:03	CE	16:27	00:36	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
PL	renault magnum	NR	belge	néant	néant	néant	néant	seul	19:38	néant	19:26	néant	00:17	AR	19:18	00:09	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
VL	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
VL	bmw 318 TOS	néant	française	60	PAU	13:48	00:06	garage	13:53	14:18	14:24	00:25	00:06	CE	13:59	00:17	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
VL	bmw	néant	française	91	PAU	11:14	00:01	sur place	11:28	11:54	11:59	00:26	00:05	AR	11:27	00:14	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
VL	renault scénic	néant	française	73	PAU	09:36	00:00	garage	10:22	11:01	11:12	00:39	00:11	AR	09:46	00:10	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
PL	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	aucun	néant	néant	néant	néant	néant	AR	09:49	00:01	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
PL	néant	néant	néant	néant	tph	néant	00:00	aucun	néant	néant	néant	néant	néant	AR	20:15	00:29	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
VL	renault kangoo	résine liquide	française	64	PAU	06:05	00:00	sur place	06:33	07:16	07:23	00:43	00:07	AR	06:21	00:16	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
VL	ford focus	néant	française	62	tph	néant	00:00	garage	11:31	12:04	12:11	00:33	00:07	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
VL	volkswagen	néant	française	73	néant	néant	néant	aucun	néant	néant	néant	néant	néant	AR	09:09	00:04	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant

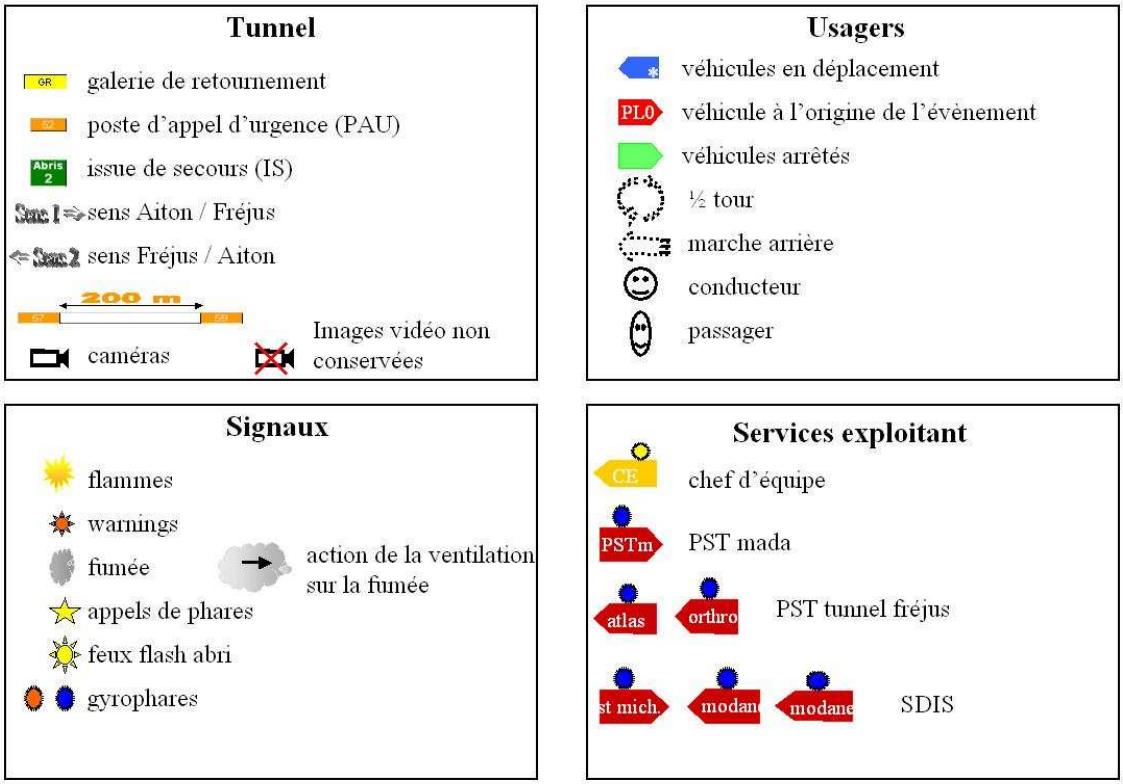
- **Annexe 2-G : Extrait de la base de données (1/2)**

intervention personnels exploitant													
nb agents terrain					délai arrivée GN			délai arrivée SP					
AR	PA	CE	infra	total	appel	arrivée	délai	appel	arrivée	délai	Cons.Hum.	Cons.Mat.	REX
2	néant	1	néant	3	07:12	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
2	néant	néant	néant	2	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
1	néant	1	néant	2	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
2	néant	1	néant	3	12:40	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
2	néant	1	néant	3	17:55	18:12	00:17	17:54	18:15	00:21	8 SP	néant	*témoignages usagers.*
néant	néant	1	néant	1	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
1	néant	1	néant	2	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
néant	néant	1	néant	1	13:46	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
2	néant	1	néant	3	11:15	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
2	néant	1	néant	3	09:41	10:13	00:32	néant	néant	néant	néant	néant	néant
1	néant	néant	néant	1	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
1	néant	néant	néant	1	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
1	néant	1	néant	2	06:06	06:25	00:19	néant	néant	néant	néant	néant	*témoignages usagers.*
néant	néant	néant	néant	0	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
1	néant	1	néant	2	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	Dégats: calandre cassée VL usager. Constat société/usager.	néant

- **Annexe 2-H : Extrait du tableau de relevé des signaux faibles**

opérateur	date	heure	tunnel, PR, sens	description succinte	fiche d'incident d'exploitation	à approfondir
	22/01/2008	13:45		Changement de conducteur	non	non
	22/01/2008	19:25		Téléphone	non	oui
	01/02/2008	08:44		Coupure	non	oui
	03/02/2008	18:58		PL qui faisait sa coupure	non	non
	05/02/2008	10:31		PL à l'arrêt sans précision	Non	Non
	25/02/2008	18:11		Téléphone ?	non	non
	01/03/2008	15:57		Arrêt en voie médiane, vérification mécanique	Oui - Fiche N° 712689	Non
	12/03/2008	17:50		Telephone	non	non
	14/03/2008	14/45		Motards GN qui coupent les zebras pour refuge	non	non
	17/03/2008	14:25		PL arrêt de 3 minutes pour raison inconnu	non	non
	17/03/2008	15:03		PL arrêt de 1 minutes pour raison inconnu	non	non
	21/03/2008	11:15		VL , chainages	non	non
	26/03/2008	16:50		VL à l'arrêt plusieurs minutes	non	oui
	27/05/2008	13:05		Téléphone	non	non
	16/09/2008	08:20		PL arrêt de 2 minutes pour soif	non	non

- **Annexe 2-I : La légende des images du chronogramme**



Annexe 3 : Les exercices

- **Annexe 3-A : La charte d'utilisation des enregistrements multimédia**

Objet
La présente charte définit les obligations réglementaire et éthique imposées aux participants de l'exercice de sécurité qui se déroule le_____ dans le _____. Ces obligations concernent les enregistrements audio, vidéo et photo que les participants pourront être amenés à réaliser dans le cadre de leurs observations.

Obligations réglementaire et éthique
Concernant les enregistrements audio, vidéo et photo qui auront pu être pris, chaque participant s'engage à :
· garantir la confidentialité des informations recueillies ;
· transmettre ces éléments à _____ ainsi que l'éventuel compte rendu d'observations qui aura été réalisé avant le ____, afin de les compiler sur un support approprié et de les transmettre à l'exploitant _____ ;
· détruire ces enregistrements une fois que le compte rendu d'observations sera remis.

Il est interdit aux participants de diffuser ou d'utiliser les enregistrements audio, vidéo et photo pour un autre usage que l'analyse de l'exercice et dans quelque cadre que ce soit.
Si un participant a besoin d'un des éléments à d'autres fins que celles initialement prévues (communication personnelle), il s'engage à en demander l'autorisation à _____.
Chaque participant s'engage à détruire tout enregistrement audio, vidéo ou photo susceptible de porter atteinte au respect de la personne.

Je, soussigné(e) _____, avoir pris connaissance de la présente charte et m'engage à respecter ces obligations.

Signature

- **Annexe 3-B : La grille de recueil d'informations sur le terrain pour les exercices**

Heure	Lieu	Service(s) et/ou personne(s) concerné(es)	Observation (actions, communication, ...)	Commentaire(s)

Annexe 4 : Exercice du tunnel d'Orelle

- **Annexe 4-A : La grille d'entretien avec les usagers**

PARTIE A : Profil des usagers

N° véhicule : _____

Nom :_____ ***Prénom*** : _____

Sexe : Homme ☐ ***Femme*** ☐

Age : _____ ***Nationalité*** : _____

Quelle est votre fréquence d'utilisation des tunnels ?
Très fréquente (tous les jours ou une à plusieurs fois par semaine) ☐
Fréquente (une ou plusieurs fois par mois) ☐
Peu fréquente (une ou quelques fois par an) ☐
Rare (moins d'une fois par an) ☐
C'est la première fois ☐

Quelle est votre fréquence d'utilisation du tunnel d'Orelle ?
Très fréquente (tous les jours ou une à plusieurs fois par semaine) ☐
Fréquente (une ou plusieurs fois par mois) ☐
Peu fréquente (une ou quelques fois par an) ☐
Rare (moins d'une fois par an) ☐
C'est la première fois ☐

Vous traversez un tunnel. Quel adjectif utilisez-vous pour qualifier cette traversée ?
_____

Avez-vous déjà vécu un événement inattendu en tunnel ?
Non ☐
Oui ☐ ***Pouvez-vous décrire succinctement cet événement ?***
_____
_____
_____

Quelle expérience en avez-vous tirée ?
_____
_____
_____

PARTIE B : Comportement des usagers

N° véhicule : _____
Nom : _____ ***Prénom :*** _____
Quelle place occupiez-vous dans le véhicule ?
Conducteur ☐ Passager avant ☐ Passager arrière ☐
Etiez-vous blessé ? Non ☐
Oui ☐ ***Quelle type de blessure ?*** _____

GRILLE D'ENTRETIEN

1) « En partant du moment où vous avez été arrêté dans le tunnel, décrivez ce que vous avez vécu… »
_____
a) Qu'avez-vous fait ?
_____
- Alerte ?
_____
- Phase d'évacuation ?
_____
- Evacuation par les gaines ?
_____
_
b) A quel moment et comment avez-vous compris la réalité de la situation ?
_____

2) Pouvez-vous préciser quel type d'événement s'est produit dans le tunnel ?
_____
_____

3) Qu'auriez-vous fait différemment ?
_____
_____
Qu'est-ce que vous feriez différemment après l'interview ?
_____
Qu'avez-vous appris à l'issue de cette manœuvre ?
_____
Observations de l'usager
_____
Observations de l'interviewer
_____
Merci pour votre participation

- **Annexe 4-B : Le profil des usagers (résultats bruts)**

véhicule	usager	genre	age	nationalité	uti°tunnel	uti°orelle	traversée	évé.	blessé	type
PL TMD	S1	H	25	française	F	1°	classique	N	N	néant
VL A	S2	H	30	chinoise	PF	1°	rapide	N	N	néant
	S3	H	47	française	TF	F	rapidité	N	O	intoxication- douleur dorsale
	S4	H	25	française	TF	1°	monotone	N	N	néant
VL B	S5	F	37	française	PF	PF	curiosité	N	N	néant
	S6	F	24	chinoise	R	1°	sécuritaire et rapide	N	N	néant
	S7	H	24	française	TF	PF	oppressant	N	N	néant
	S8	H	25	française	TF	TF	long	O*	O	intoxication
VL C	S9	H	23	chinoise	PF	1°	rapide	N	O	mal au dos
	S10	H	45	française	TF	F	tendue- tension	N	N	néant
	S11	H	24	française	TF	TF		N	N	néant
VL D	S12	F	24	chinoise	PF	1°	classique	N	N	néant
	S13	H	47	française	F	PF		N	N	néant
	S14	F	32	française	F	TF	endormissement	N	N	néant
Bus	S15	H	49	française	F	F	sécurité	N	N	néant
	S16	F	25	française	F	F	oppressante	N	N	néant
	S17	H	51	française	TF	F		N	N	néant
	S18	H	26	française	TF	1°	hostile	N	N	néant
	S19	F	41	française	F	PF	attentionné	N	N	néant
	S20	F	47	française	F	F	angoissant et étouffant	N	N	néant
	S21	F	49	française	TF	TF	angoissant et étouffant	N	N	néant
	S22	H	46	française	TF	F	une traversée de tunnel	N	O	intoxiqué-inconscient
	S23	F	31	française	TF	TF	angoissante	N		néant
	S24	F	30	française	TF	TF	espace fermé	N	N	néant
	S25	H	26	française	TF	1°	oppressante	N	O	intoxiqué
	S26	F	53	française	PF	PF	angoissante	N	N	néant
	S27	F	23	chinoise	R	1°	sécuritaire	O	O	mal au dos-intoxiqué
	S28	F	40	française	F	F	sombre	N	O	trauma crânien
	S29	F	27	française	TF	TF	long et étouffant	N	N	néant
	S30	F	46	française	TF	TF	désagréable	N	N	néant
	S31	H	23	chinoise	R	1°	sécurité	N	O	intoxiqué
	moyenne âge		*34*							

légende:
observateurs "anonymes"

- **Annexe 4-B : Le profil des usagers (résultats transformés)**

genre	nb	%
femme	15	**48,39**
homme	16	**51,61**
total	*31*	*100*

age	nb	%
20-29	14	**45,16**
30-39	5	**16,13**
40-49	10	**32,26**
50-59	2	**6,45**
total	*31*	*100*

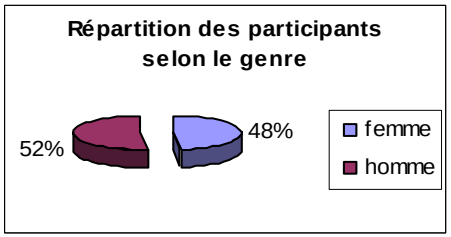
nationalité	nb	%
française	25	**80,65**
chinoise	6	**19,35**
total	*31*	*100*

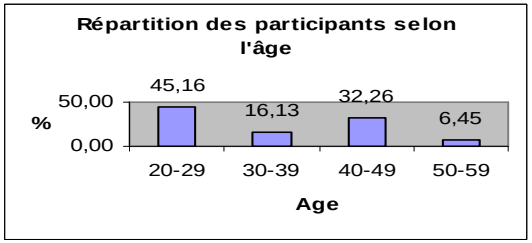
uti°tunnel	nb	%
très fréquente	15	**48,39**
fréquente	8	**25,81**
peu fréquente	5	**16,13**
rare	3	**9,68**
1°fois	0	0,00
total	*31*	*100*

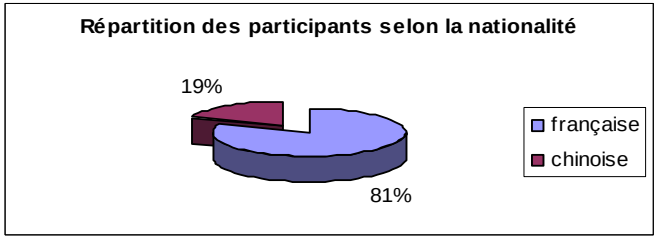
uti°Orelle	nb	%
très fréquente	8	**25,81**
fréquente	8	**25,81**
peu fréquente	5	**16,13**
rare	0	0,00
1°fois	10	**32,26**
total	*31*	*100*

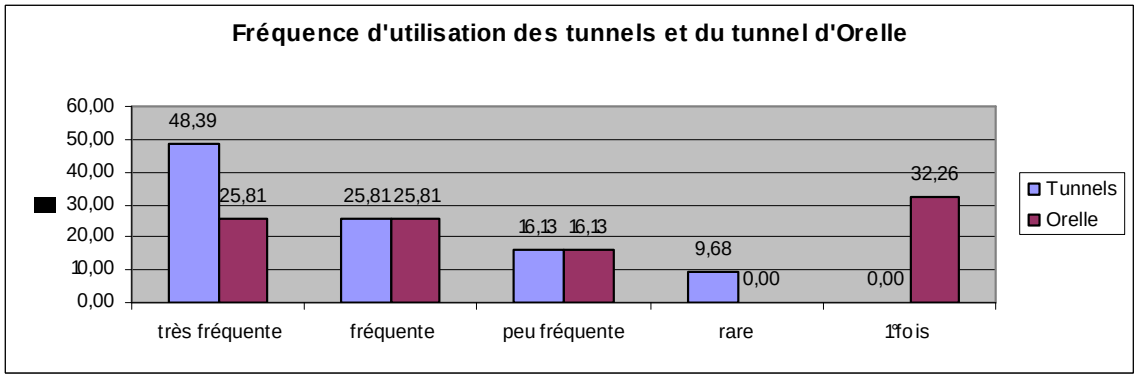
traversée	nb
classique	3
rapide	4
monotonie	1
endormissement	1
curiosité	1
sécurité	4
long	2
oppressant	3
tension	1
hostile	1
angoissant	3
étouffant	3
sombre	1
désagréable	1
attentionné	1

	nb	%
neutre	4	**13,33**
>0	8	**26,67**
<0	18	**60**
total	*30*	*100*









- **Annexe 4-C : Les témoignages des usagers (1/5)**

véhicule	usager	1)a	alerte	phase évacuation	1)b	2)	3)a	3)b	observations de l'usager
PL TMD	S1	parti vers *abri n°2* (100m), au début 2 puis 5 personnes.	appel PC par la borne.	arrivée rapide 1°pompiers (5 min) puis attente 2°équipe plus long (20min) pour aller dans gaine.	fumées sur camion	?	partir plus vite	les gestes à faire, prévenir le nb de blessés et nb de personnes qui ont évacués, infos sur la situation	
	S2	fumée, rejoint *abri n°2* avec difficulté: pas de visibilité ni lumière (manque signalisation)	a donné alerte (?).	attente (20min), SP tardent à venir. 4 personnes à être évacuées. gaine: froid, inconfortable.	fumées	?	rien. Tout va très vite. Attente à l'abri.	risques et difficultés d'accès dans un tunnel	délai pour donner alerte et réponse + délai secours longs
VLA	S3	danger: trouver rapidement la solution, la sortie. attend qqs min, descend pour chercher ce qui se passe: marche et se rapproche du PL. rencontre d'autres personnes (d'abord 1 puis 2 puis 1 autre). Qq'un de la sécurité a montré l'abri.	par 2 autres personnes rencontrées	attente pompiers (20 min).	PL avec fumées	incendie?	rester ac les personnes du même véhicule et ne pas se séparer	rester calme et pas agir seul	
	S4	bcp d'attente. Inquiet, un peu de fumée mais pas complétement venu dessus. Pas paniqué au point de se dire faut-il partir ou non. très sombre. on a rien fait, on comprend pas bien ce qui se passe.		pompier emmène passager valide dans abri, reste seul (stress), puis amené par pompier dans *abri n°2* (en sécurité, bien ventilé, éclairé) attente SP (30min). Gaine:rustique avec blessure. Quad: rustique. Prise en charge à sortie par SP jusqu'au PMA.	pas bien compris ce qui se passait, savait que qqch mais pas de réaction, réflexe ni panique	?	réagir plus rapidement, être moins laxiste par rapport à ce qui arrivait.	traverser un tunnel n'est pas si anodin que ça	
	S5	attend dans véh. avec 1 autre passager (2 autres sont sortis, pas de concertation) que pompier prenne en charge et donne consigne (=ce qu'il y a de + sur) . voyait la fumée mais pas la peine de sortir. SP donne abri plus proche (50m). Dans abri 3 autres personnes.		attente retour SP (10/15min). Puis attente autres SP (10min) pour évacuer. Puis attente à sortie gaine (10/15min) que quad arrive.	arrêt véhicule, fumée, voiture à 1 centaine mètres sans personne.	? Fumée.	on a agit de la bonne façon (rester dans le véhicule), on ne savait pas ce qui se passait.	système sécurité tunnel, détail procédures, connaissances sur les abri	

- **Annexe 4-C : Les témoignages des usagers (2/5)**

véhicule	usager	1)a	alerte	phase évacuation	1)b	2)	3)a	3)b	observations de l'usager
VLB	S6	sort du véhicule, part dans sens opposé des fumées. Abri n°1.	attente réponse (3min). PC: pas de délai donné.	attente SP (25min). SP: hésitation sur mode d'évacuation. Gaine: froid.	arrêt véhicule	oui pompier l'ont dit	rien	besoin d'information, le temps paraît long.	connaissance tunnel. bizarre de voir pompiers passer dans tunnel sans qu'ils s'arrêtent.
	S7	inquiétude modérée. sort véhicule, quel sens?, sens opposé fumées. Se dirige vers abri ou niches(?)	4 niches impossible à ouvrir dans abri avecRAU, attente réponse (3min)	attente arrivée des pompiers (20min).	quand vu véhicules arrêtés. quand pompier leur ont dit.	camion avec fuite azote	ne pas se séparer avec les personnes même véh.	attente longue dans abri sans avoir d'infos.	manque infos
	S8	descend (suit les autres), marche longtemps pour voir ce qui se passe (fumées). aide à sortir blessés dans VLC. *Abri n°3* .	donne alerte (?), rappele 2 fois.	attente SP (30min). présence des pompiers sécurise. Gaine: vent et fumées, fatigue.	quand vu passager d'un autre véhicule	incendie	aurait cherché la cause des fumées	connaissance sur stratégie (savoir quoi faire). Trouvera un abri sans être trop curieuse.	arrivée longue évacuation rapide des blessés sortie trop vite voiture (pas de lumière)
	S9	sorti du véhicule, *abri n°2* (3 autres personnes). à réfléchi que dans abri	chauffeur PL en ligne avec PC	quad: peur (grande taille)	en sortant véhicule immobilisation véhicules, fumées	? Fumées.	ne pas se séparer des personnes dans même véhicule et se diriger ensemble dans même abri	difficulté dans le choix du sens d'évacuation	ça paraît long. vision différente du tunnel.
VL C	S10	attend dans véhicule (blessé). trajet long (15min). *Abri n°3.*	autres passagers	attente (25min). Pas d'évacuation par gaine (?).		?			attente trop longue des secours.
	S11	fumée épaisse obscursit tunnel. Arrêt véhicule. a fumé une cigarette en attendant *abri n°3* puis retour véhicule chercher les autres ont trouvé 2 chinois seuls	appel niche. Appel abri.			?			
	S12	camion (fumée), arrêt véhicule. décision individuelle de sortir, à l'opposé de la fumée *abri n°3* (5 personnes).	appel PC réponse immédiate	5 min entre voiture et abri attente trop longue dans abri (30min)	pas d'info	?	faire demi-tour. bonne réaction. Éviter de laisser une personne partir seul (sans info). Manque de collaboration et de confiance.		bonne réaction. comportement normal. Intéressant. Formateur sur comportement à tenir.

- **Annexe 4-C : Les témoignages des usagers (3/5)**

véhicule	usager	1)a	alerte	phase évacuation	1)b	2)	3)a	3)b	observations de l'usager
VLD	S13	fumée, arrêt, sort du véh. On est 4, décision collective de partir et de changer de sens en fonction fumée. Court, cherche et trouve *abri n°5* .	Appel PC dans abri.	attente sans info (3/4h).	on sait pas. Vu fumée et bus devant.			prendre la décision de partir, prendre le temps de lire les consignes.	PC pas d'info sur rester ou partir. Pas d'info sur action à prendre.pas d'ordre d'évacuer mais évacuation sans attendre car = exercice.
	S14	moment d'hésitation (sortir?quel côté?), direction abri le plus loin des fumées. On est sorti vite (attente long en réel). Pas trop vu fumée derrière bus. Passager avant décision de sortir (pas de concertation)		suivi consigne. on s'est rassuré et avertit PC (panneau). attente (3/4h) pompiers sans nouvelle. Hésitation à rappeler. Temps paraît long. Manquait peut être un banc (personne âgée).	aucun moment. On a évacué pour rien? Sait pas ce qui ce passe. Écoute que sirènes pompiers.	? Fumées.	on a suivi les consignes et attendu.	rester suivre les consignes, rester le + calme possible. Faire confiance. Comme dans une salle d'attente, on attend des résultats, on se sent inutile.	
Bus	S15	petit moment de flottement. On imagine les scénarios. Descend bus et entre dans abri.	autre personne bus. Pas de réponse immédiate.	rassurant d'être dans les gaines (froid), éloignement du danger.	fumée. Froid donc vite partir. Départ précipité, chacun pour soi.	? Accident?	sorti moins rapidement, aurait regarder les blessés avant d'essayer de les sauver.	système d'évacuation. Apprend à faire face.	manque de coordination. savait que fallait évacuer rapidement
	S16	le noir, la fumée. des gens blessés. on ne savait pas quoi faire. Vers *abri n°4*	appel PAU	par propres moyens dans gaine (retour d'un usager pour prévenir par PAU). Utilisation civière, chaise et couverture chauffante pour personnes blessées. Arrivée SP. Regroupés dans gaine puis 2 groupes: un avec civière et un autre après.	dès que le tunnel est dans le noir.	? azote donc -25°C	? Mais on est bien resté groupé, solidaire.	pas d'abri de chaque côté du tunnel. Personne n'a vu consignes à entrée abri. Dans panique, on peut ne pas trouver la clé pour ouvrir la 2°porte de l'abri.	

- **Annexe 4-C : Les témoignages des usagers (4/5)**

véhicule	usager	1)a	alerte	phase évacuation	1)b	2)	3)a	3)b	observations de l'usager
Bus	S17	on a attendu qqs instants dans bus, BA à droite du car. après qqs instants 1 partie groupe est partie vers le refuge (pas de concertation) resté ac personnes blessées, transporté vers refuge. Reste chauffeur et 1 personne blessée dans bus.	pas de réponse du PC	Attente trop longue donc part par propres moeyns à opposé accident. À sortie bronso. ont vu SP (>3/4h). froid.	à arrêt + borne fonctionne pas (pas d'info). Qd pompiers l'ont dit.	fuite azote.	groupe a pris option d'ouvrir la porte de la gaine. Idem.	il y a des comportements… il faut un meneur qui connaît la chose sinon danger.	si on avait attendu on serait mort de froid. Des personnes partaient du côté de l'incident.
	S18	arrêt. chauffeur non meneur. 30s niche. 30s attente. Abri (23 personnes). Décision de partir intentionnelle.	PAU pas ok. Alerte rapide. Appel PC dans abri.	décision intentionnelle de partir. attente secours dans abri. T°C chute, décision? arrivée gaine 10min. blessés à porter.	pas d'info sur incident, difficile à observer. Pb blessés: transport et pas d'infos.	?	chauffeur bus donne pas consigne, pb situation géographique d abris (PAU pas ok)		à refaire, intéressant. Pas si simple. Sensibilité différente, manque de repère. Exo efficace, formateur.
	S19	fumée. Chauffeur demande descendre. Suivi personnes vers NA qui était un abri	personne ne répond.	sorti pour marcher sur trottoir dans tunnel vers une autre niche. PC demande attendre, on commence à avoir froid. Attente en haut dans les gaines mais très froid, marche vers la sortie.	fumée et froid.	azote?	aurait couru, pris + d'initiative. Là a suivi groupe. Réaction différente car a appris comment ça marche.	quand circule dans tunnel regarder signalisation et repérer les niches.	chose contradictoire. PC se rendent pas compte de la situation.
	S20	sortie rapide du bus. Attendu les secours dans abri. Instruction = -25°C donc naturellement sont sortis de l'abri.	pas de réponse 1°PAU. Collègues	sorti par gaine. Panneau indicateur. Instruction d'attendre. Gaine: sécurisant (air frais)	faisait noir.	azote	aurait attendu un instant. Éloigné le + vite des lieux de l'accident.		un peu de lenteur dans l'arrivée des secours incohérence dans les coomportements à tenir.
	S21	bcp fumées. *abri n°1* . De ++ froid dans la gaine. Air libre +++.	Appel par PAU abri.		infos SP t°C.	azote	attendre la réaction des autres, bcp d'hésitation. Même chose mais + vite.	avoir un pouvoir de discernement rapide. Bien lire les panneaux, rapidité d'action.	info contradictoire après appel secours. Abri mais ++ froid. Il ne faut pas trop écouter agir tant pis pour les instructions.
	S22	2 personnes ont bien réagit, 1 femme a essayé de me sortir avec le chauffeur, après inconscient.		1 personne l'a aidé à sortir					panique chez pompiers. Pb C2. Discorde. Manque de coordination.

- **Annexe 4-C : Les témoignages des usagers (5/5)**

véhicule	usager	1)a	alerte	phase évacuation	1)b	2)	3)a	3)b	observations de l'usager
Bus	S23	pas prise de conscience immédiate accident. Resté dans bus avec conducteur, 4 blessés et 2 valides. Pas possible laisser blessés mais on en a laissé un. Rejoint les autres dans *abri n°4* (les ont vu partir dans meme direction) où 15 personnes.	Certains sont descendus pour appeler. sans réponse. Sont aller vers abri pour appeler.	attente longue (1/4h, difficile à estimer). Envie d'aller chercher les autres dans bus mais pompiers ont orientés le choix en précisant azote. 1°personnes ont sortis les couvertures qd vu arriver les blessés. 2 pompiers observateurs ont donné consigne azote et d'aller voir en haut. 2 autres pompiers arrivés du tunnel pour dire de pas bouger. Tout le monde pas d'accord pour partir mais majorité ok, "tt le monde a pris la décision" , 1 personne redecendu pour dire aux pompiers que partait.	qd personnes descendues, pas compris tout de suite que ça commencait.	azote	"panique", un peu de stress mais calme.	en groupe on est désorganisé, comment s'imposer chef d'une équipe qu'on ne connaît pas (responsable), prendre les bonnes décisions.	quand groupe prend décision différente pompier, comment on fait? Signalétique pas ok, personne vu panneau car tout le monde devant.
	S24	panique ambiante dans groupe bus. Hésitation, contradiction dans conduite à tenir. Chauffeur l'a transporté dans *abri n°4* .		gros temps d'hésitation dans abri: faut-il le quitter?on reste. Pas d'hésitation dans sens évacuation par rapport au bus.	dans abri.	azote	si pas intoxiqué, j'aurai été leader pour m'imposer et gérer le groupe et réduire le temps d'hésitation et l'évacuation du bus, sans oublier les 2 personnes. Canaliser les gens, organiser les choses (évacuation des blessés…)	sans meneur et dans un groupe sans connaissance, c'est ingérable et c'est l'anarchie.	manque de solidarité.
	S25	fumées, arrêt.	secours ne vient pas vite.	transfert sur un brancard. 400m vers sortie puis médecin est arrivé et emmené dans ambulance.	le bus a eu un pb	un incendie	rien	besoin de personnes pour diriger les autres. Certains doivent rester avec les blessés	il faut nous dire la réalité. Il n'est pas bon que blessé reste pdt que personnes ok évacuées.
	S26	fumées, personnes descendent. D'autres personnes l'ont ammené dans l'abri (froid).		Évacuation par propre moyen par la gaine.	fumée.	azote.	rien car blessé. Si personne aide, restée dans car.	de notre propre initiative du groupe, on est parti pour sauver notre vie.	pompiers ont tardé mais on perd la notion du temps.
	S27	BA à côté pas de réponse. a traversé le tunnel avec une autre personne pour appeler mais ps de réponse. appel avec portable pas de réponse. Puis réponse à la borne. Rejoind abri sur consigne PC. Essayé sortir brancard et chaise. Utilisation couverture survie pour aller dans les gaines.	pas réponse NA.	suivi instruction panneau pour prendre chemin le plus court.	fumée. Rester ou sortir? +/- Panique.	azote mais en réel?	en réel, évacuation plus rapide avec froid.	impression d'être seul, infos PC pas forcément écoutées. Prévenu PC que sortait mais personne attendait à sortie bronsonnières.	secours arrivent pas vite. long mais pas regardé l'heure.
	S28	SOS marchait pas, pas de réponse. Parti sens inverse des fumées pour trouver autre SOS, tjs pas ok. Autre abri où trouvé d'autres personnes. Froid. partie dans gaine puis redescendue prévenir PC qui a donné consigne inverse. A suivi le groupe.	SOS pas de réponse idem portable. Puis autre borne et portable ok.	sortie pas gaine et pris en charge à la sortie bronso par pompiers.	quand réponse PC compris que ça pouvait être grave.	fumées. Incendie.	seule serait rester dans abri en suivant consigne.	on se pose bcp de question. Difficile imaginé quelles réactions en réel car exercice.	
	S29	fumées. on s'est protégé dans abri suite dires chauffeur.	1°alerte marchait pas, marché 1500m	pompiers sont arrivés dans l'abri et questionnés. Ok mais long et difficile avec les blessés.	?	froid.	rien, aurait eu très peur.	a aider. Après on sait comment sortir en cas de pb dans un tunnel	bonne organisation, prise en charge.

- **Annexe 4-D : Le circuit de l'information (1/3)**

Heure	Qui à qui	Source	Informations usagers (nombre et état de santé)	Informations véhicules et position	Informations nature événement	Consignes sécurité
23h03	NA58 - PC(rég)	PAU		arrêt S2	PL ADR (MADA?) fuite cuve azote 20000L fort dégagement vapeur	rejoindre abri avec personnes recontrées
23h05	PA - PC	radio			fuite MADA	
	PC(op+reg) - PA - PST MADA - CTA CODIS - PCCI				fuite MADA	
23h06	PA ou prépa.? -PC	tél		PR 182.900		
23h07	MADA - PC	radio				
23h08	NA62 - PC(op) A2 -	PAU	4 pers. Intérieur			
23h10	**PANNE SUPERVISION**					
23h11	A2 - PC(op)	PAU	3 pers. Intérieur		incendie sur PL	ne pas sortir, secours arrivent
	A3 et A4 - PC	PAU	3 pers. + ?blessés intérieur			ne pas bouger, secours envoyés
	NA57 - PC	PAU				pas en sécurité
	NA65 - PC	PAU				pas en sécurité
	PC-CTA CODIS	**POINT VICTIMES (A2, 3/4 et NA 57, 65)**				
	PC - COG			sens 2		
23h14	A5 - PC	PAU	2 pers. + 1 blessé (malaise). Intérieur			
23h15	NA65? - PC	PAU				pas en sécurité, rejoindre abri proche
23h16	A4 - PC	PAU	15 personnes intérieur 4 dans bus (dont 2 intox.?)	bus		
23h17	A1? - PC	PAU	2 pers. Intérieur			attendre les secours
23h18	NA??? - PC	PAU				rejoindre abri à 200m
23h20	CDPFréjus - PC					
23h23	***PC***		***A2 (1 pers.)*** ***A3 (2 pers.)*** ***A4 (15 pers. + 4 dans bus:2 intox. Et 2 immobiles)***			
	RAU mode normal					
	PST MADA - PC	radio	2 intox. (imp.?)	VL	PR 182.900	
23h24	***CA-PC***	***point situation***				
	CA (liaison?)	activation CCO				
	PST MADA - PC	radio	1 blessé transporté vers A2 1 vict. Intransport.	VL	PR 182.900	
23h28	A3 - PC	PAU	4 pers. + 1 blessé. Intérieur			rassure secours arrivent
23h29	**DAI saturée**					
23h32	MADA? - PC	radio	reco. A4			
	PC	radio	1 pers.	bus		
23h35	A??? - PC	PAU				pompiers arrivent
23h36	*GN - PC*				*code danger PL?*	
23h37	A?? - PC	PAU				attendre secours, ne vont pas tarder
	PC - A2 (CPU??)		2 pers. + 2 blessés			
23h37	Titan?? - PC		1 pers. Prise charge par titan	bus		
23h42	**PC(rég) - A1**	**tél**	**2 pers. + 1 blessé (malaise). Intérieur??**			**ne pas bouger** **rappeler si problème**

Légende:
- moment important
- *info échangée au sein du PC*
- point de situation
- échange d'informations usagers/PC

- **Annexe 4-D : Le circuit de l'information (2/3)**

Heure	Qui à qui	Source	Informations usagers (nombre et état de santé)	Informations véhicules et position	Informations nature événement	Consignes sécurité
23h03	NA58 - PC(rég)	PAU		arrêt S2	PL ADR (MADA?) fuite cuve azote 20000L fort dégagement vapeur	rejoindre abri avec personnes recontrées
23h05	PA - PC	radio			fuite MADA	
	PC(op+reg) - PA - PST MADA - CTA CODIS - PCCI				fuite MADA	
23h06	PA ou prépa.? -PC	tél		PR 182.900		
23h07	MADA - PC	radio				
23h08	NA62 - PC(op) A2 -	PAU	4 pers. Intérieur			
23h10	**PANNE SUPERVISION**					
23h11	A2 - PC(op)	PAU	3 pers. Intérieur		incendie sur PL	ne pas sortir, secours arrivent
	A3 et A4 - PC	PAU	3 pers. + ?blessés intérieur			ne pas bouger, secours envoyés
	NA57 - PC	PAU				pas en sécurité
	NA65 - PC	PAU				pas en sécurité
	PC-CTA CODIS	**POINT VICTIMES (A2, 3/4 et NA 57, 65)**				
	PC - COG			sens 2		
23h14	A5 - PC	PAU	2 pers. + 1 blessé (malaise). Intérieur			
23h15	NA65? - PC	PAU				pas en sécurité, rejoindre abri proche
23h16	A4 - PC	PAU	15 personnes intérieur 4 dans bus (dont 2 intox.?)	bus		
23h17	A1? - PC	PAU	2 pers. Intérieur			attendre les secours
23h18	NA??? - PC	PAU				rejoindre abri à 200m
23h20	CDPFréjus - PC					
23h23	***PC***		***A2 (1 pers.)*** ***A3 (2 pers.)*** ***A4 (15 pers. + 4 dans bus:2 intox. Et 2 immobiles)***			
	RAU mode normal					
	PST MADA - PC	radio	2 intox. (imp.?)	VL	PR 182.900	
23h24	***CA-PC***	***point situation***				
	CA (liaison?)	activation CCO				
	PST MADA - PC	radio	1 blessé transporté vers A2 1 vict. Intransport.	VL	PR 182.900	
23h28	A3 - PC	PAU	4 pers. + 1 blessé. Intérieur			rassure secours arrivent
23h29	**DAI saturée**					
23h32	MADA? - PC	radio	reco. A4			
	PC	radio	1 pers.	bus		
23h35	A??? - PC	PAU				pompiers arrivent
23h36	*GN - PC*				*code danger PL?*	
23h37	A?? - PC	PAU				attendre secours, ne vont pas tarder
	PC - A2 (CPU??)		2 pers. + 2 blessés			
23h37	Titan?? - PC		1 pers. Prise charge par titan	bus		
23h42	**PC(rég) - A1**	**tél**	**2 pers. + 1 blessé (malaise). Intérieur??**			**ne pas bouger** **rappeler si problème**

légende:
- moment important
- infos échangées au sein du PC
- point de situation
- échange d'informations usagers/PC

- **Annexe 4-D : Le circuit de l'information (3/3)**

Heure	Qui à qui	Source	Informations usagers (nombre et état de santé)	Informations véhicules et position	Informations nature événement	Consignes sécurité
23h43	**PC(rég) - A3**	**tél**	**3 pers. + 1 blessé. Intérieur**			
23h43	Titan?? - PC		1 blessé (incst) mis en sécurité dans A1	bus		
23h45	**PC(reg) - A4 (binôme navette)**	**tél**	**1 blessé bus intérieur**			
23h47	***PC***		***A1(2 pers.+1 incst) A4(15pers.ou plus pers.?) A3(5pers.) A5(4pers.+1blessé)***			
23h47	**SP?**	**radio**	**A2(5pers.) A4(1blessé) A5(3pers.)**			
23h51	***GN à PC***		***A4(15pers.)?***			
23h57	**A3(pompier) - PC**	**PAU**	**5pers.**		**code matière1977**	
23h58	pompiers - PC	radio		bus contrôlé		
23h59	***GN - hierarchie***	***point situation***				
00h00	pompier - PC	radio	A3(1vict.)	VL NA58 (vide) bus NA60 (vide)	code matière1977	
	PC - CA??				code matière1977	
	A3(pompier) - PC	PAU	1 blessé			conduite à tenir avec victime
00h02	*PC - officier pompier Cesam*		*A3(1vict.)*		*code danger*	*avise de la demande pompier*
	OPC - A3	*PAU*	*évacuation victime*			
00h09	***PC***	***caméras***	***A1 (vide) A2 (vide) A3 (1incst.+1pompier)***			
	ORTHROS - PC	radio	A4(1incst.) récup. Par ORTHROS + vérif. A5,A6,A7,A8 S1			
00h14	***PC - CA***	***caméras***	***A1 et A2(vide) A3 en cours évacuation ac pompiers***			
00h16	**pompiers? - PC**	**radio**	**A1(vide) A2(5pers.) A3(2pers.) A4(1incst.) A5(vide) A6(vide) A7(vide) A8(vide)**			
	pompiers? - PC	radio	A4(1pers.évacuée)			
00h17	pompiers?-PC	radio	abris vides			
00h28	***PC***	***caméras***	***abris vides***			
	GN? - PC		17pers.à Bronso., et +/- dans gaines et ORTHROS			
00h53	CA - PC			demande intervention dépanneurs astreinte pour évacuation VL + PL		
01h35	CTA - PC		hébergement?			
01h36	PC - CTA		CA: pas d'hébergement			
01h49	**fin exercice**					

Annexe 5 : Exercice du tunnel de la Défense

- **Annexe 5-A : La grille d'entretien avec les usagers (1/2)**

QUESTIONNAIRE « USAGER »

Objectif et consignes

Ce questionnaire a pour objectif de recueillir votre point de vue sur la situation que vous venez de vivre.

Vos réponses seront traitées de manière statistique et anonyme. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, répondez simplement et librement selon VOS opinions.

Répondez dans l'ordre aux questions posées. Ne tournez pas une page avant d'avoir répondu à toutes les questions de la page précédente.

Nous vous remercions de votre participation

Renseignements généraux

1. **N° d'identification :** _____
2. **Vous êtes** *(cocher la case correspondante)* : un homme ☐ une femme ☐
3. **Quelle est votre nationalité ?** _____
4. **Quelle âge avez-vous ?** _____
6. **Quelle est votre profession ?** _____
   Depuis combien de temps environ exercez-vous cette profession ? : _____
8. **Vous avez le permis B** *(cocher la case correspondante)* **:** oui ☐ non ☐
   Si oui, depuis combien de temps environ ? *(cocher la case correspondante)*
   Moins de 5 ans ☐
   Entre 5 et 10 ans ☐
   Entre 11 et 20 ans ☐
   Plus de 20 ans ☐
7. **Vous utilisez les tunnels de manière …** *(cocher la case correspondante)*
   Très fréquente (tous les jours ou une à plusieurs fois par semaine) ☐
   Fréquente (une ou plusieurs fois par mois) ☐
   Peu fréquente (une ou quelques fois par an) ☐
   Rare (moins d'une fois par an) ☐
   C'est la première fois ☐
8. **Avant cet exercice, avez-vous déjà été confronté(e) à une situation d'évacuation lors d'un incendie en tunnel ou autre (lieu de travail, magasin…) ?** *(cocher la case correspondante)*
   non ☐
   oui ☐
   Si oui, décrivez succinctement cet événement et précisez ce que vous en avez appris ?
   _____

Témoignage sur l'exercice du 30/06/08

EN PARTANT DU MOMENT OU VOUS AVEZ ETE ARRETE(E) DANS LE TUNNEL

1. **D'après vous, quel événement a été simulé dans le tunnel ?**
   _____
2. **A partir de quel moment avez-vous compris qu'il y avait un problème ? Quels signaux ou indices vous ont aidé à le comprendre ?**
   _____
3. **Quelles informations avez-vous recherché ?**
   _____
   Avez-vous trouvé ces informations ? *(cocher la case correspondante)* non ☐ oui ☐
   Pour quelle(s) raison(s) ? _____
4. **Qu'avez-vous ressenti à ce moment-là ?**
   _____
6. **Qu'avez-vous décidé de faire ?**
   _____
8. **Décrivez ce qui s'est passé dans le véhicule jusqu'à cette étape (échange avec les autres passagers …)**
   _____

- **Annexe 5-A : La grille d'entretien avec les usagers (2/2)**

Si vous êtes sorti(e) du véhicule, répondez aux questions 7 à 9 puis aux questions 13 et 14.
Si vous êtes resté(e) dans le véhicule, répondez aux questions 10 à 14.

7. **Décrivez ce que vous avez fait après être sorti(e) du véhicule**

8. **Quelles informations avez-vous recherché ?**

Avez-vous trouvé ces informations ? *(cocher la case correspondante)* non ☐ oui ☐

Pour quelle(s) raison(s) ? _____

9. **Qu'avez-vous ressenti à ce moment-là ?**

10. **Qu'est-ce qui vous a amené à la décision de rester dans le véhicule ?**

11. **Décrivez ce qui s'est passé dans le véhicule**

12. **Donnez vos impressions**

13. **Avez-vous eu des doutes sur le choix que vous avez fait ?** *(cocher la case correspondante)*

non ☐ oui ☐

Expliquez : _____

14. **Selon vous, qu'est-ce qui devrait être mis en place pour vous aider à agir ?**

Remarques

- **Annexe 5-B : La grille d'entretien avec les observateurs (1/2)**

QUESTIONNAIRE « OBSERVATEUR »

Objectif et consignes

Ce questionnaire a pour objectif de recueillir vos observations concernant le ou les usagers que vous aviez en charge.

Vos réponses seront traitées de manière statistique et anonyme. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, répondez librement selon VOS opinions.

Répondez dans l'ordre aux questions posées. Ne tournez pas une page avant d'avoir répondu à toutes les questions de la page précédente.

Nous vous remercions de votre participation

Observations sur l'exercice du 30/06/08

1. **N° d'identification du ou des usager(s)** _____

En partant du moment où les véhicules ont été arrêté dans le tunnel

2. **D'après vous, l'usager a t-il compris qu'il se passait quelque chose d'anormal ?** *(cocher la case correspondante)*

non ☐ oui ☐

Si oui, à partir de quel moment l'a t-il compris et quels indices l'ont aidé à le comprendre ?

_____

3. **D'après vous, quelles informations a t-il recherché dans le tunnel ? Les a t-il trouvé ?**

_____

4. **Décrivez ce qui s'est passé dans le véhicule**

_____

5. **Décrivez l'ambiance dans le véhicule à ce moment-là**

_____

6. **Précisez comment les décisions ont été prises (rester/sortir du véhicule)?D'après vous, qu'est-ce qui a conduit à ce choix**

_____

Si l'usager est sorti du véhicule, répondez aux questions 7 à 9 puis aux questions 13 et 14.
Si l'usager est resté dans le véhicule, répondez aux questions 10 à 14.

7. **Décrivez ce que l'usager a fait après être sorti du véhicule**

_____

8. **Quelles informations a t-il recherché ?**

_____

D'après vous, a t-il trouvé ces informations ? *(cocher la case correspondante)* non ☐ oui ☐

Pour quelle(s) raison(s) ? _____

9. **D'après vous, qu'a t-il ressenti à ce moment-là ?**

_____

- **Annexe 5-B : La grille d'entretien avec les observateurs (2/2)**

10. **Selon vous, qu'est-ce qui a conduit l'usager à prendre la décision de rester dans le véhicule ?**

11. **Décrivez ce qui s'est passé dans le véhicule**

12. **D'après vous, qu'a t-il ressenti à ce moment-là ?**

13. **D'après vous, l'usager a t-il eu des doutes sur le choix qu'il a fait ?** *(cocher la case correspondante)*
non ☐ oui ☐
Expliquez : _____

14. **Selon vous, qu'est-ce qui pourrait être mis en place pour aider les usagers à agir ?**

Remarques

QUESTIONNAIRE « OBSERVATEUR TUNNEL »

Objectif et consignes

Ce questionnaire a pour objectif de recueillir vos observations concernant le ou les usagers.

Vos réponses seront traitées de manière statistique et anonyme. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, répondez librement selon VOS opinions.

Répondez dans l'ordre aux questions posées. Ne tournez pas une page avant d'avoir répondu à toutes les questions de la page précédente.

Nous vous remercions de votre participation

Observations sur l'exercice du 30/06/08

1. **N° d'identification du ou des usagers** _____

2. **Décrivez ce que vous avez vu**

3. **Précisez votre impression sur le déroulement de l'exercice**

- **Annexe 5-C : Le profil des usagers (1/2)**

renseignements généraux												
n° QR	lieu de résidence	1. n°ide nt.	2. sexe	3. nationalié	4. âge	5.1. profession	5.2. durée	6.1. permis	6.2. durée	7. f(uti) tunnel	8.1. vécu incendie	8.2. description
1	levallois	VLA-2	H	française	55	retraité (police nat.)	450	O	>20	PF	O	incendie volontaire dans locaux vide-ordure, avec mes voisins nous avons formé une chaîne pour transporter les sceaux d'eau en attente de l'arrivée des SP.
2	nanterre	VLA-3	H	française	61	retraité (taxi)	240	O	>20	PF	N	néant
3	colombes	VLB-2	F	française	46	assistante commerciale	72	O	<11-20>	TF	N	néant
4	nanterre	VLB-3	H	française	46	employé LS	0,5	N	néant	pf	N	néant
5	NR	VLC-2	F	française	18	étudiant	NR	N	néant	F	N	néant
6	la garenne colombes	VLC-3	F	française	50	assistante direction	96	O	>20	PF	O	mise en situation (sur le lieu de travail) pour évacuation des locaux sans stress avec maîtrise des trajets à effectuer (un peu récurrent car s'effectue assez régulièrement).
7	nanterre	VLD-2	F	française	21	ELS	2	N	néant	TF	O	exercice au collège, il a fallu sortir le plus vite possible dans la cour de récré.
8	nanterre	VLD-3	H	congolaise	48	manut/chauf VL	NL	O	<5	TF	O	exercice sur lieu de travail (magasin), on (les vigiles) a fait sortir tous les gens et on les a fait rassembler sur un lieu, et ont les a fait rentrer dans le magasin, on a vérifié les cabines.
9	NR	VLE-2	F	française	19	étudiant	NR	N	néant	F	O	exercices incendie en établissement scolaire.
10	villeneuve la garenne	VLE-3	H	française	20	étudiant	NR	N	néant	PF	N	néant
11	nanterre	VLF-2	H	algérienne	18	aide électricien	4	N	*néant*	F	N	néant
12	paris	VLF-3	F	française	30	assistante	84	O	<5-10>	F	O	au travail, exercice incendie. évacuation des lieux le plus rapidement possible. Si l'on est représentant (que l'on a le brassard) on doit vérifier qu'il n' y a plus de personne dans les locaux et après on évacue en dernier les lieux.
13	NR	BUS-1	H	française	30	conducteur de bus	84	O	<11-20>	TF	N	néant
14	nanterre	BUS-2	F	française	34	employée administrative	néant	N	néant	TF	O	j'ai appris que dans une situation dangereuse est la prévention s'écarter de tout danger, ou moi qui a l'AFS si nous trouvons d'autres personnes en danger nous pouvons les évacués d'une voiture et prévention toujours présente.

- **Annexe 5-C : Le profil des usagers (2/2)**

renseignements généraux												
n° QR	lieu de résidence	1. n°ident.	2. sexe	3. nationalié	4. âge	5.1. profession	5.2. durée	6.1. permis	6.2. durée	7. f(uti) tunnel	8.1. vécu incendie	8.2. description
15	nanterre	BUS-3	H	française	37	manutentionnaire	NR	O	<11-20>	F	*O*	j'ai appris comment évité l'incendie et comment faire pour appeler les pompiers.
16	nanterre	BUS-4	F	française	40	agent de conditionnement	3	O	<11-20>	R	N	néant
17	nanterre	BUS-5	F	française	53	agent de conditionnement	18	O	>20	PF	N	néant
18	nanterre	BUS-6	F	française	75	retraitée	NR	*N*	*néant*	pf	N	néant
19	nanterre	BUS-7	F	française	19	étudiant	NR	O	<5	TF	N	néant
20	la garenne colombes	BUS-8	H	marocaine	33	manut/ancien chauf VL	12	N	néant	TF	N	néant
21	colombes	BUS-9	H	française	19	étudiant	NR	N	*néant*	F	N	néant
22	suresnes	BUS-10	H	française	28	employé administratif	60	O	<5-10>	F	N	néant
23	clichy	BUS-11	F	française	19	étudiant	NR	N	néant	F	O	seulement des exercices d'évacuation dans différents établissements scolaires.
24	nanterre	BUS-12	H	française	56	sans	néant	N	néant	pf	O	j'ai appris a éteindre un feu
25	paris	BUS-14	H	française	62	conducteur de travaux	NR	O	>20	TF	O	incendies en raffineries
26	villeneuve la garenne	BUS-15	F	française	27	assistante	48	O	<5	PF	N	néant
27	nanterre	BUS-17	H	algérienne	63	agent de fabrication	6	N	néant	pf	N	néant

- **Annexe 5-D : Les témoignages des usagers (1/8)**

n° QR	1. événement	2. compréhension, signaux	3.1. infos recherchées	3.2. trouvées	ΣΣ annexes
1	incendie d'un véhicule	la fumée, le véhicule sur 2 voies, les SP	la sortie de secours la plus proche	O	
2	un accident avec incendie ou un incendie	les pompiers déjà sur les lieux, la fumée	sortir du véhicule, me diriger vers la sortie de secours, trouver une borne téléphonique pour prévenir les pompiers ou le PC si les secours n'étaient pas arrivés.	O	
3	un feu	les girophares des pompiers et la fumée dans le tunnel.	savoir ce qui se passe.	O	NR
4	incendie avec une fumée toxique	le camion de pompiers et le chauffeur qui s'est mis sur le bas côté pour le laisser passer.	je me suis imaginé qu'il y avait une simulation d'accident et que ça a pris feu.	N	NR
5	un accident de voiture à dû provoquer un incendie.	la fumée, nous avons ralenti et vu le camion de pompiers.	ce qui a provoqué ce problème, où nous étions situés, les éventuelles sorties.	O	
6	véhicule qui aurait pris feu d'où dégagement de fumée intense.	la fumée et le brouillard important, odeurs. Mais avant cela l'arrivée du véhicule de secours (sirène).	s'extraire du véhicule, un boitier pour prévenir et la sortie d'urgence.	O	
7	il y avait de la fumée	la fumée et les véhicules qui étaient à l'arrêt	quand il fallait sortir du véhicule	O	
8	il y avait de la fumée dans le tunnel et il faut sortir du camion.	le signal des pompiers.	la sortie de secours.	O	
9	un incendie	la fumée	où était le véhicule incendié et les issues de secours	O	
10	un feu a été simulé dans le tunnel	la fumée, les voitures à l'arrêt et les personnes allant vers la sortie de secours.	l'issue de secours la plus proche de mon véhicule.	O	
11	de la fumée	la fumée	s'il y avait du feu	N	NR
12	feu-incendie	les voitures à l'arrêt, plus aucune visibilité-fumée	d'où ça pouvait provenir, est-ce que mon véhicule est loin ou non de l'incendie	N	
13	incendie	le véhicule se trouvant en face sur la voie de gauche en feux de détresse	l'attitude à adopter face à cette situation et savoir ce qui se passe devant	N	
14	une voiture en feu	le véhicule de pompier.	partir vers une porte d'issue de secours.	O	
15	une voiture en feu	la fumée, le brouillard qui m'a aidé à le comprendre	le danger	NR	NR
16	de la fumée cela peut provenir d'un incendie	la brume, brouillard	les pompiers	O	NR
17	un incendie	la fumée	la sortie de secours	O	

- **Annexe 5-D : Les témoignages des usagers (2/8)**

n° QR	1. événement	2. compréhension, signaux	3.1. infos recherchées	3.2. trouvées	3.3. raisons
18	un incendie	l'arrivée des pompiers mais ensuite cette fumée un peu suffocante	une sortie de secours pour sortir, une bouche d'aération pour pouvoir respirer normalement.	NR	NR
19	un incendie et un accident de voiture	la fumée	la sortie de secours	O	le panneau et la porte de couleur
20	un incendie	la fumée	qu'est-ce qu'il se passe	néant	personne ne le savait
21	un incendie	la fumée puis les véhicules précédents le bus se sont arrêtés, enfin les personnes étant dans les véhicule sont sortis, les pompiers étaient également présents.	l'origine du problème puis le meilleur moyen d'être en sécurité	O	j'ai vu de la fumée et j'ai utilisé les portes de secours pour être en sécurité.
22	un incendie	la fumée, les voitures à l'arrêt, les girophares des véhicules de pompiers	la cause de l'incendie, la sortie de secours la plus proche	O	la sortie de secours était située juste à côté de notre véhicule.
23	un incendie	la fumée et les véhicules stoppés	où était la sortie de secours et les passagers des autres véhicules	O	nous étions juste à côté de la sortie.
24	fumée, incendie	l'arrêt du moteur du bus	la sortie dans le tunnel	O	de nombreuses sorties
25	incendie, barrage de circulation, évacuation de gaz toxique	la fumée importante, les véhicules stoppés en catastrophe.	la sortie munie de porte coupe feu, la longueur restant dans le tunnel (inscrite au mur)	O	la visibilité le permettait encore
26	un carembollage de plusieurs voitures devant le bus ou un incendie dû à un dysfonctionnement du système électronique.	quand le bus a commencé à ralentir, la fumée, la file de voiture n'était plus en file indienne et les voitures actionnaient les warnings et la sirène des pompiers	les sortie des secours	O	elles étaient allumées
27	soudain il y avait de la fumée, il y avait des pompiers, des voiture en travers, je me suis évacué par la sortie de secours en abandonnant le bus	les pompiers	NR	NR	NR

- **Annexe 5-D : Les témoignages des usagers (3/8)**

n° QR	4. ressenti	5. décision(s)	6. description véhicule	7. description après sortie du véhicule
1	de la curiosité, quitter les lieux	quitter les lieux, aviser les autres	curiosité, chercher à comprendre	issue de secours la plus proche, aviser les autres intervenants par des signes
2	le réflexe de sortir rapidement et de me diriger rapidement vers la 1°sortie de secours la plus proche.	idem 4.	le même réflexe, sortir du véhicule et se diriger vers la sortie de secours.	je me suis dirigé vers la sortie de secours étant donné qu'il y a une sortie de secours tous les 200 mètres.
3	étonné mais pas paniqué.	sortir avec les personnes qui étaient avec moi dans le véhicule.	échanges, questions sur savoir si tous le monde allait bien.	j'ai regardé si toutes les personnes qui m'accompagné étaient bien autour de moi et ensuite nous sommes sortis par une sortie de secours calmement.
4	aucune panique ni stress.	de faire comme tout le monde, sortir par les sorties de secours.	on a tous pensé que le camion de pompiers était dans la simulation et que notre chauffeur nous a dit non.	prendre la sortie la plus proche et rester dans l'excalier.
5	de l'incompréhension	observer dans un premier temps, puis nous avons décidé de sortir de la voiture.	nous nous sommes interrogé, concerté et sommes sortis de la voiture.	nous sommes allé au devant des autres voitures pour ensuite tous nous guider vers la sortie.
6	soulagement pour moi-même mais questionnement sur la conduite exacte que j'aurai du adopter.	sortir du tunnel principalement par les prtes d'accès.	conviviale. J'étais la plus âgée du véhicule et j'ai plutôt interrogé les autres passagers afin de les découvrir un peu.	chercher une borne d'urgence pour signaler. Prévenir le chauffeur du bus qui nous suivait de mettre les warnings. Sortir du tunnel par une porte d'accès.
7	j'ai ressenti qu'il y avait quelque chose d'anormal.	de sortir de la voiture.	on a discuté et on s'est poser des questions sur ce qui allait se passer.	je me suis dirigé vers la sortie de secours ensuite on a monté des marches pour respirer le moins possible de fumée.
8	la fumée	sortir du camion et se diriger vers la sortie de secours.	il y avait mon collègue qui était stressé et moi à mon tour je le calme. Quand tu fais des choses et que vous êtes stressé je me sens pas bien.	j'ai pris la sortie de secours et de la j'ai vu un messieur qui me filmait et il m'a dit que pour moi l'exercice se termine et rester là.
9	j'ai compris que je devais aller vers les issues de seocurs	je suis entrée et j'ai monté les escaliers.	nous avons décidé de nous réfugier pour nous protéger de la fumée.	je me suis dirigé vers l'issue de secours
10	lorsque j'ai vu l'issue de secours à proximité, je me suis senti rassuré.	j'ai décidé de sortir du véhicule et de me réfugier dans l'issue de secours.	au début, on ne comprennait pas ce qu'il se passait puis quand nous avons vu que les passagers des autres véhicules se dirigaient vers l'issue de secours, nous avons fait de même.	après être sorti du véhicule, je me suis dirigé vers l'issue de seocurs. Ensuite, je suis monté pour me mettre à l'abri.
11	rien	de sortir de la voiture.	j'ai demandé au chauffeur si on pouvait descendre de la voiture il m'a dit c'est à vous de voir après je suis descendu.	je me suis dirigé vers une issue de secours.
12	rien de particulier car il s'agissait d'un exercice et je n'ai pas réussi à rentrer dedans. Était en plus le dernier véhicule.	sortir du véhicule au plus vite.	pas d'échange juste la décision de sortir du véhicule.	on a pris la sortie de secours et on a monté l'escalier.
13	rien de particulier	en 1°lieu ne surtout pas s'enfoncer dans la fumée qui a été très dense et cherché un moyen de quitter le tunnel.	les passagers sont restés calmes et ça a facilité l'évacuation vers la ortie de secours.	j'ai rejoint l'issue de secours pour éviter d'avaler top de fumée.
14	je me suis senti en sécurité	de s'éloigner le plus loin possible de l'accident	j'appréhendais et quand j'ai vu de la fumée il fallait sortir du bus.	je me suis dirigé vers une issue de secours.
15	la peur, l'angoisse.	de sortir de la voiture et d'éviter le danger.	on s'est protéger et on s'est mis à l'abri jusqu'à l'arrivée des pompiers.	en sortant du véhicule je me suis mis à l'abri et j'ai évité le danger jusqu'à l'arrivée des pompiers.
16	qu'il fallait évacuer et sortir du véhicule pour se rendre à une sortie d'urgence	de sortir et d'aller à une sortie	on a aperçu de la fumée venant du tunnel et il fallait sortir	nous sommes sorti du véhicule et nous nous sommes dirigés à une sortie, nous sommes montés dans les escaliers en poursuivant le tunnel.
17	rien	sortir	oui	nous nous sommes dirigés à la porte de secours

- **Annexe 5-D : Les témoignages des usagers (4/8)**

n° QR	4. ressenti	5. décision(s)	6. description véhicule	7. description après sortie du véhicule
18	pas paniqué.	NR	oui	je suis sorite calmement.
19	rien (aucune surprise)	marcher vers la sortie de secours	j'ai bavardé avec la personne qui était à côté de moi (de tout et de rien)	je suis sortie du véhicule puis j'ai marché jusqu'à la sortie de secours. Ensuite j'ai monté les escaliers et la sonnerie à retentit.
20	la peur	sortir du véhicule	discussion sur la vie de chacun.	boucher mon nez et me diriger vers la première sortie de secours.
21	je me suis senti en sécurité car je savais où était la sortie de secours	j'ai décidé de suivre le mouvement et d'utiliser les portes de secours.	dans le véhicule, il y avait plusieurs échanges entre les passagers, les passagers écoutaient également la radio.	après être sorti du véhicule j'ai suivi les autres passagers et j'ai utilisé la sortie de secours. Je me suis éloigné le plus possible de la fumée.
22	le réconfort d'être à l'abri des fumées.	de monter les escaliers situés au sein de cette sortie de secours pour éloigner le plus possible du tunnel	nous nous sommes demandés ce qui était en train de se passer.	je me suis dirigé vers la sortie de seocurs la plus proche
23	j'étais rassurée de savoir et de voir où se trouvait la sortie de secours.	suivre la sortie de secours.	NR	j'ai attendu quelques autres passagers et je suis allée dans l'entrée de la sortie de secours.
24	de réagir	on n'est descendu l'un après l'autre	monter dans l'escalier de sortie de secours	NR
25	ne pas s'affoler, réagir vite, ne pas chercher à faire 1/2 tour avec le véhicule	la sortie immédiatement, lumière verte	ambiance qympa, aucune appréhension d'un grave accident futur	en temps réel aider les personnes handicapées, les diriger rapidement vers les sorties matérialisées en vert
26	un soulagement d'voir trouvé la sortie de secours et de pouvoir y accéder rapidement mais aussi une angoisse de ne pas savoir où cette sortie pouvait m'emmener.	j'ai décidé de prendre la sortie et d'interpeller les gens qui n'aurait pas compris que la sortie de secours se trouvait à cet endroit.	j'ai travaillé aujourd'hui et j'avoue m'être mis à l'écart des autres sans oublier ma mission et j'écoutais les bouts de conversation en pensant à tous types de situations qui nous étaient réservés.	j'ai essayé de voir ce qui s'était passé et d'où provenait la fumée. J'ai ensuite cherché mon petit frère qui était dans un autre véhicule derrière et dès que nous étions ensemble, nous nous sommes vite dirigés vers la sortie.
27	NR	je me suis évacué par la sortie de secours	les passagers m'ont suivi à la sortie de secours	je me suis évacué ainsi que les passagers avec moi

- **Annexe 5-D : Les témoignages des usagers (5/8)**

n° QR	8.1. infos recherchées	8.2. trouvées	8.3. raisons	9. ressenti	11. description dans véhicule	12. impressions
1	issue de secours	O	indications lumineuses	le désir de rester sur place par simple curiosité	néant	néant
2	l'issue de secours	NR	NR	NR	néant	néant
3	à savoir par où on sortait.	O	NR	un soulagemetn pour tous.	néant	néant
4	attendre que l'on nous dise de remonter dans les véhicules.	NR	NR	NR	on a tous rigolé parce qu'on s'attendait à quelque chose de plus dur.	néant
5	la cause de cet accident, la sortie la plus proche./	NR	NR	de l'opression, un peu d'appréhension.	néant	néant
6	borne. Peu échangé avec les autres (si ce n'est le conducteur du bus)	O	était vraiment proche d'une issue de sortie (signalétique lumineuse verte avec dessin escalier)	un doute sur la conduite à tenir à l'égard des autres véhicules.	néant	néant
7	aucune	néant	néant	honnêtement vu que c'était un exercise, je me suis sentie à l'aise.	néant	néant
8	trouver là où était mon chauffeur.	O	c'est avec lui que je dois faire la route.	NL. J'ai senti quelque chose de rassurant.	NL	tout était bon pour moi.
9	lumières, indications de sortie de secours	O	elles sont voyantes.	le besoin de me protéger de la fumée.	néant	néant
10	les informations que j'ai recherché sont l'endroit vers lequel menait le SAS.	N	il n'y avait aucune indication.	je me suis dit qu'il fallait aller le plus loin possible et que cela me menerait à l'abri.	néant	néant
11	NR	NR	NR	pas grand chose	néant	néant
12	aucune. Juste prendre l'escalier et sortir au plus vite de ce tunnel.	NR	NR	rien de particulier	néant	néant
13	les panneaux verts indiquant l'issue de secours.	O	elle était à proximité du bus.	quitter vite le tunnel.	avant d'évacuer le bus il faut bien regarder si il y a des véhicules qui arrivent derrière moi et une fois que je sent que je peux faire descendre mes passagers en toute sécurité, j'ouvre les portes pour évacuer.	néant
14	NR	NR	NR	j'ai senti beaucoup de fumée en sortant on ne voyait plus rien.	néant	en fait, je pense que j'aurai du rester dans le véhicule pour éviter de prendre de la fumée, jusqu'à ce que les secours éteignent le feu.
15	je voulai savoir comment ça brulait	NR	la raison c'est l'incendie	la peur, l'angoisse	néant	néant
16	qu'il y avait des sorties bien signalées	O	pour la sécurité des personnes en danger	j'étais calme, pas stressé. Il faut être logiqsue et prendre l'initiative assez rapidement.	nous étions calme et nous sommes sorti calmement sans être affolés.	néant
17	aucune	néant	néant	rien	néant	néant

- **Annexe 5-D : Les témoignages des usagers (6/8)**

n° QR	8.1. infos recherchées	8.2. trouvées	8.3. raisons	9. ressenti	11. description dans véhicule	12. impressions
18	NR	NR	NR	NR	néant	néant
19	les pompiers et la sortie.	O	la sortie était à ma droite et les pompiers devant moi.	rien (pas d'effet de surprise)	néant	néant
20	NR	NR	NR	de la peur	néant	néant
21	j'ai recherché quel était le meilleur moyen de s'éloigner de la fumée.	O	j'ai utilisé la sortie de secours donc j'étais éloigné de la fumée.	je me suis senti en sécurité	néant	néant
22	j'ai recherché le moyen adéquat pour me sortir de la fumée provoquée par l'incendie.	O	le panneau indiquant la sortie pour évacuer était visible.	un soulagement mélé à de la curiosité sur la cause de cette fumée (incendie)	n	néant
23	NR	NR	NR	qu'il fallait que je prenne la sortie de secours et que je monte les escaliers pour ne pas gêner les personnes qui arrivent derrière moi.	néant	néant
24	NR	NR	NR	NR	bonne conduite du chauffeur	bonne impression
25	sortie et porte coupe feu. La distance parcourue dans le tunnel (inscrite sur le mur de gauche)	O	grâce aux nouvelles normes et la motivation, dès que l'onpénètre dans un tunnel	pas d'affolement, agir rapidement	certainement en réalité un affolement et des cris qui ralentissent l'évacuation du véhicule	test bien organisé, convaiquant pour la réalité.
26	j'ai essayé de voir les pompiers n'étaient pas loin au cas où et si il y avait d'autres issues de secours au cas où.	N	j'ai vu les pompiers à proximité mais je n'ai pas pu trouver les autres issues de secours à cause de la fumée (manque de visibilité et fatigue)	j'étais plus ou moins rassurée.	néant	néant
27	NR	NR	NR	j'ai aspiré de la fumée.	néant	néant

- **Annexe 5-D : Les témoignages des usagers (7/8)**

n° QR	13.1. doutes	13.2. explication	14. aides pour agir	15. apprentissage	remarques
1	N	le plus sage était de quitter les lieux par les moyens de secours mis à disposition	intervention des SP sur les lieux. C'est normal, mais l'un d'entre eux aurait pu nous guider vers l'issue de secours au moyen d'une lampe.	le temps de réaction perdu par la curiosité.	un ou plusieurs SP auraient dû nous guider vers l'issue de secours et nous empêcher d'approcher le sinistre.
2	NR	NR	NR	NR	NR
3	N	il fallait sortir du véhicule.	une route pour les PL, bus.	à rester calme et vigilante.	néant
4	N	NR	voir un accident en simulation avec des mannequins.	la méfiance, le courage et le calme/	néant
5	N	en voyant la fumée, il est normal de devoir partir au plus vite pour se trouver en sécurité.	une prévention auprès de tous pour pouvoir effectuer des évacuations plus rapidement possible et plus d'indications au niveau des sorties d'évacuation dans les tunnels.	qu'il faut réagir vite.	néant
6	O	aurait du me sentir solidaire des autres passagers. (bien que nous avions plutôt élaboré un départ en congés avec les enfants à l'arrière, d'où la mère va voir, le père reste au volant)	exercice pas trop significatif car nous étions trop en attente de quelque chose de plus surprenant.	NR	néant
7	N	j'ai vu de la fumée j'ai tout de suite compris qu'il y avait qulque chose d'anormal. Ensuite je suis sortie de la voiture puis je me suis dirigé vers l'issue de secours.	NR	NR	néant
8	N	dans ma vie j'ai toujours fait de la sécurité.	le signal sonore des pompiers.	être pressant.	néant
9	N	je devais sortir du véhicule pour me protéger, je n'ai pas songer à rester à l'intérieur.	panneaux qui indiquent l'attitude à avoir en cas de danger.	la bonne attitude à avoir ainsi que les emplacements des sorties de secours et leur fonctionnement.	néant
10	N	le fait de rester dans le véhicule serait une erreur car j'y serai moins à l'abri. j'ai donc décidé de rejoindre l'issue de secours.	la mise en place d'un signal sonore serait un bon moyen pour m'aider à réagir. Celui-ci mettrait plus en alerte les personnes se situant dans le tunnel.	NR	néant
11	N	j'ai vu que tout le monde se dirigeait vers l'issue de secours	rien l'issue de secours était bien visible	qu'une issue de secours était importante.	néant
12	N	NR	peut-être plus de signalétique dans les tunnels pour n'importe quel problème.	malheureusement par rapport à l'exercice rien. Je reste un peu frustrée.	néant
13	N	par ma formation de conducteur de bus on a appris par exemple à la FIMO ce qu'il faut faire en cas d'incendie dans un tunnel.	plus de sortie de secours pas trop éloignées.	surtout à garder son calme, couper le moteur et évacuer le tunnel le plus rapidement possible.	néant
14	O	NR	des bornes de sécurité, des personnes qui nous guide vers l'issue de secours. Des téléphones sur le périphériques pour alerter les secours ou des voitures qui mettent les feux de détresse pour nous vertir qu'il y a un danger.	être préventif soi-même et ne pas émettre de danger envers les autres conducteurs.	je pense que dans n'importe quelle situation, il faut s'entraider face à un danger.
15	O	j'ai eu des doutes que l'incendie allait faire des dégâts	NR	NR	néant
16	N	j'étais sûr de moi, une certaine confiance puisque cela c'est passé avec de la sécurité autour de nous.	dans le bus il faut mettre les ceintures aussi pour les enfants.	ne pas s'affoler, rester calme, rester à l'écoute et on sera en sécurité.	il devrait faire ceci plus souvent et faire peur aux jeunes pour qu'ils fassent plus attention.
17	N	c'est une situation de logique	sortir au plus vite du véhicule pour rejoindre la sortie.	qu'il ne faut pas paniquer.	néant

- **Annexe 5-D : Les témoignages des usagers (8/8)**

n° QR	13.1. doutes	13.2. explication	14. aides pour agir	15. apprentissage	remarques
18	NR	NR	NR	NR	que la fumée est vraiment et surement affolant, l'on sait que c'est un incendie qui peut durer des heures sans savoir si l'on peut s'en sortir vivant de ce tunnel. Je crois qu'il faut prendre sur soi-même et rester lucide et attendre avec sans froid l'aide de nos pompiers qui nous srtent toujours sains et saufs de ces moments très pénibles. merci pour cette démonstration.
19	N	je n'ai pas envie de brûler vive dans un bus.	plus d'informations (couleurs, panneaux) informant l'emplacement des sorties de secours.	rien	moins d'information sur l'exercice pratiqué pour plus d'effet de surprise et donc un réel résultat.
20	N	ayant vu de la fumée je n'avais qu'une envie c'est de sortir de la voiture et du tunnel le plus rapidement possible.	des masques à oxygène	de ne pas paniquer et d'être vigilant sur la route.	néant
21	N	le meilleur moyen de s'éloigner et donc d'être en sécurité était de descendre du véhicule et d'utiliser la sortie de secours.	des consignes de sécurité dans les tunnels en cas de problème	j'ai appris à agir en cas d'incendie.	néant
22	N	j'ai eu une réaction humaine en essayant de me mettre à l'abri et de me protéger face à un danger.	des hauts-parleurs indiquant la marche à suivre.	NR	néant
23	N	la sortie étant à mes côtés, les autres passagers allant dans la même direction je n'ai pas eu de doute.	du moment que la sortie de secours est visible et que des explications sont fournies dans celle-ci je pense que tout est mis en place.	qu'il faut d'office repérer la sortie de secours la plus proche.	néant
24	N	NR	NR	NR	néant
25	N	on a pas le temps de peser le pour et le contre, action.	briefer les gens avant de pénétrer dans un tunnel, du bon sens, rapidité.	rapidité face au danger.	il manquait l'évacuation des gazs par les turbines en haut du plafond.
26	N	je pense que rester dans le véhicule ne m'aurai pas aidé, la meilleure solution est de sortir du véhicule et de trouver refuge aux endroits adaptés.	il faudrait un genre de machine qui puisse évacuer la fumée pour améliorer la visibilité des autres issues de secours. Et un signal sonore, une voix qui nous guiderait dans le noir.	les tunnels font peur et que si je me trouvai dans cette situation je serai angoissée.	très bonne expérience, à renouveler.
27	NR	NR	NR	NR	néant

Annexe 6 : Etude des représentations mentales

- **Annexe 6-A : Extrait de la grille d'analyse (1/3)**

LE PROFIL DES PARTICIPANTS

n°sujet	date	moment	age	genre	profession	exp. prof.	autre exp.	nature	permis B	exp.conduite
1	2007-02	après-midi	22	h	opérateur	17				
4	2006-06	après-midi	26	h	opérateur	42		péager		
5	2006-06	matin	26	h	opérateur	49				
47	2006-08	après-midi	42	h	responsable d'exploitation	72	132	pompier fréjus et régulateur		
48	2006-08	après-midi	43	h	responsable d'exploitation	48	10	chef poste et PST		
49	2006-08	matin	48	h	responsable d'exploitation	3	132	chef district		
54	2006-11	après-midi	35	h	agent routier	120				
55	2006-11	matin	36	h	agent routier	72				
56	2006-11	matin	42	h	agent routier	42	9	VH		
67	2006-09	après-midi	32	h	pompier tunnel	75				
68	2006-11	après-midi	32	h	pompier tunnel	1		cdd		
69	2006-09	matin	33	h	pompier tunnel	36				
78	2007-06	matin	27	h	concepteur (ingénieur)	48				
81	2007-06	après-midi	38	h	concepteur (ingénieur)	24		ingénieur		
82	2007-07	après-midi	40	f	concepteur (ingénieur)	13		ingénieur		
94	2007-09	après-midi	45	h	technicien	204	324	technicien/conduite PL	27	>20000
95	2007-06	après-midi	53	f	adjointe administratif	360				
96	2007-10	après-midi	56	h	technicien	432			37	10-20000
101	2008-01	après-midi	24	f	étudiants master	72			4	<5000
103	2008-01	après-midi	26	h	étudiants master	84			9	10-20000
107	2008-01	après-midi	34	f	étudiants master	6	120	architecte	non	non

- **Annexe 6-A : Extrait de la grille d'analyse (2/3)**

LES ELEMENTS DE CONTEXTE

n°sujet	nom tunnel	prise vue	fonction	élé.description
1	Monaco	a	1	
4	Fréjus	a	1	1
5	Orelle	c		1
47	Orelle	a		1
48	Fréjus	b		
49	Orelle	a		1
54	Orelle	a		1
55	Orelle	b		
56	Orelle	a		
67	Fréjus	a		1
68	Fréjus	a+b		1
69	Fréjus	a	1	1
78		b		
81		c		
82		c		1
94	tunnel idéal, long	b		1
95		c	1	
96		c		
101		c		
103		c		
107		a		

LES EQUIPEMENTS

	EQUIPEMENTS																		
	Construction	Remontée d'infos			Usagers										Ventilation	Pompiers			
					Statiques							Dynamiques							
n°sujet	génie civil	caméras	DAI	autres	signa° police	garage	NA (PAU)	issues	plots balisage	éclairage	PMV	SAV	barrière	radio	ventilation	bouche incendie	ligne vie	autres	nb d'éléments dessinés
1							1	1			1	1	1		1				7
4		1			1	1	1	1			1						1		9
5							1	1				1	1		1				6
47		1	1				1	1		1					1	1		1	9
48											1	1			1			1	4
49					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	13
54					1	1	1	1	1			1				1			8
55					1	1	1		1			1			1	1		1	8
56					1		1			1		1	1						5
67					1		1	1		1					1		1		7
68							1	1						1	1	1		1	7
69						1	1	1							1				6
78								1			1	1			1	1			5
81							1	1					1		1				4
82					1		1	1	1			1			1				7
94					1		1			1		1			1				6
95								1		1				1					4
96					1		1	1				1			1				5
101								1											1
103					1		1	1		1	1	1			1				7
107	1				1										1			1	4

- **Annexe 6-A : Extrait de la grille d'analyse (3/3)**

AUTRES EQUIPEMENTS ET AUTRES ELEMENTS DESSINES

n°sujet	**Autres équipements technologiques**	**Autres éléments**
1	marquage au sol	
4		personnels exploitant (SP)
5		
47	local technique	
48		intervenants, sociétés, PC
49	local technique	
54	trottoir	
55	plots guide, trottoir, voute	
56		
67	trottoir	
68		
69		personnels exploitant (SP)
78		usagers + véhicules
81		
82	trottoir	
94	trottoir, revêtement	
95	revêtement, terre plein central	
96		
101		véhicules
103		
107	extincteur	

- **Annexe 6-B : Résultats transformés (1/2)**

LE PROFIL DES PARTICIPANTS

Groupe	moment journée (nb)			moment journée (%)		
	matin	après-midi	TOTAL	matin	après-midi	TOTAL
opérateurs de supervision	20	24	44	45,45	54,55	100,00
responsables d'exploitation	5	1	6	83,33	16,67	100,00
agents routiers	7	5	12	58,33	41,67	100,00
pompiers tunnel	5	7	12	41,67	58,33	100,00
concepteurs	8	2	10	80,00	20,00	100,00
usagers non sensibilisés	8	6	14	57,14	42,86	100,00
usagers sensibilisés	0	12	12	0,00	100,00	100,00
professionnels	***45***	***39***	84	***53,57***	***46,43***	100,00
usagers	***8***	***18***	26	***30,77***	***69,23***	100,00

Groupe	âge (nb)				âge (%)			
	18-29 ans	30-49 ans	> 50 ans	TOTAL	18-29 ans	30-49 ans	> 50 ans	TOTAL
opérateurs de supervision	7	31	6	44	15,91	70,45	13,64	100
responsables d'exploitation	1	4	1	6	16,67	66,67	16,67	100
agents routiers	0	10	2	12	0,00	83,33	16,67	100
pompiers tunnel	4	8	0	12	33,33	66,67	0,00	100
concepteurs	4	6	0	10	40,00	60,00	0,00	100
usagers non sensibilisés	3	7	4	14	21,43	50,00	28,57	100
usagers sensibilisés	8	4	0	12	66,67	33,33	0,00	100
professionnels	***16***	***59***	***9***	84	***19,05***	***70,24***	***10,71***	100
usagers	***11***	***11***	***4***	26	***42,31***	***42,31***	***15,38***	100

Groupe	genre (nb)			genre (%)		
	femme	homme	TOTAL	femme	homme	TOTAL
opérateurs de supervision	2	42	44	4,55	95,45	100,00
responsables d'exploitation	0	6	6	0,00	100,00	100,00
agents routiers	0	12	12	0,00	100,00	100,00
pompiers tunnel	0	12	12	0,00	100,00	100,00
concepteurs	2	8	10	20,00	80,00	100,00
usagers non sensibilisés	7	7	14	50,00	50,00	100,00
usagers sensibilisés	4	8	12	33,33	66,67	100,00
professionnels	***4***	***80***	***84***	***4,76***	***95,24***	100,00
usagers	***11***	***15***	***26***	***42,31***	***57,69***	100,00

Groupe	expérience professionnelle			expérience professionnelle		
	exp. prof. moy. (mois)	autre exp. prof. (nb)	autre exp. prof. moy. (mois)	exp. prof. moy. (ans)	autre exp. prof. (%)	autre exp. prof. moy.
opérateurs de supervision	76,68	18	81,50	6,39	40,91	6,79
responsables d'exploitation	62,50	6	111,67	5,21	100,00	9,31
agents routiers	89,67	2	10,50	7,47	16,67	0,88
pompiers tunnel	34,75	0	0,00	2,90	0,00	0,00
concepteurs	50,40	0	0,00	4,20	0,00	0,00
usagers non sensibilisés	141,77			11,81		
usagers sensibilisés	46,50	5	148,80	3,88	41,67	12,40
professionnels	***68,40***	***26***	***68,69***	***5,70***	***30,95***	***110,15***

Groupe	statut professionnel (nb)				statut professionnel (%)			
	cadre	employé	étudiant	TOTAL	cadre	employé	étudiant	TOTAL
usagers non sensibilisés	4	7	3	14	***28,57***	***50,00***	***21,43***	100

Groupe	expérience de la conduite (nb)						expérience de la conduite (%)			
	permis B	nb années	< 5000 kms/an	5 à 10000 kms/an	10 à 20000 kms/an	> 20000 kms/an	< 5000 kms/an	5 à 10000 kms/an	10 à 20000 kms/an	> 20000 kms/an
usagers non sensibilisés	7	22,72	0	0	5	2	0	0	71	29
usagers sensibilisés	10	10,50	3	3	1	3	30	30	10	30
usagers	***17***	***33***	***3***	***3***	***6***	***5***	***17,65***	***17,65***	***35,29***	***29,41***

- Annexe 6-**B : Résultats transformés (2/2)**

LES ELEMENTS DE CONTEXTE

Groupe	prise de vue (nb)					fonction (nb)	élé.description (nb)	génie civil (nb)
	plan	coupe	3D	plan+coupe	plan+3D			
opérateurs de supervision	23	3	5	10	3	8	27	0
responsables d'exploitation	2	2	1	1	0	0	3	0
agents routiers	8	2	1	1	0	0	8	0
pompiers tunnel	8	0	0	4	0	1	9	0
concepteurs	1	4	5	0	0	0	2	5
usagers non sensibilisés	2	3	9	0	0	2	2	0
usagers sensibilisés	3	0	8	1	0	1	4	1
professionnels	***42***	***11***	***12***	***16***	***3***	***9***	***49***	***5***
usagers	***5***	***3***	***17***	***1***	***0***	***3***	***6***	***1***

Groupe	prise de vue (%)					fonction (%)	élé.description (%)	génie civil (%)
	plan	coupe	3D	plan+coupe	plan+3D			
opérateurs de supervision	52,27	6,82	11,36	22,73	6,82	18,18	61,36	0,00
responsables d'exploitation	33,33	33,33	16,67	16,67	0,00	0,00	50,00	0,00
agents routiers	66,67	16,67	8,33	8,33	0,00	0,00	66,67	0,00
pompiers tunnel	66,67	0,00	0,00	33,33	0,00	8,33	75,00	0,00
concepteurs	10,00	40,00	50,00	0,00	0,00	0,00	20,00	50,00
usagers non sensibilisés	14,29	21,43	64,29	0,00	0,00	14,29	14,29	0,00
usagers sensibilisés	25,00	0,00	66,67	8,33	0,00	8,33	33,33	8,33
professionnels	***50,00***	***13,10***	***14,29***	***19,05***	***3,57***	***20,24***	***54,76***	***5,95***
usagers	***19,23***	***11,54***	***65,38***	***3,85***	***0,00***	***11,54***	***3,85***	***3,85***

LES EQUIPEMENTS

Groupe	EQUIPEMENTS (nb)																
	Remontée d'infos			*Usagers*											*Pompiers*		
				Statiques							Dynamiques						
	caméras	*DAI*	*autres*	*signa° police*	*garage*	*NA (PAU)*	*issues*	*plots balisage*	*éclairage*	*PMV*	*SAV*	*barrière*	*radio*	***Ventilation***	*bouche incendie*	*ligne vie*	*autres*
opérateurs de supervision	20	6	4	18	14	37	33	4	17	19	28	17	3	37	11	4	12
responsables d'exploitation	3	2	0	3	1	5	5	2	3	2	4	2	3	6	3	1	5
agents routiers	2	1	1	8	9	10	8	6	3	2	8	4	0	4	4	1	3
pompiers tunnel	0	0	0	4	5	9	11	1	1	0	0	0	1	10	4	1	1
concepteurs	0	0	0	3	0	5	8	2	2	1	3	1	0	9	2	0	0
usagers non sensibilisés	0	0	0	10	2	5	7	1	11	1	7	0	1	9	0	0	1
usagers sensibilisés	2	0	0	7	2	9	9	2	7	2	2	0	1	8	0	0	5
professionnels	***25***	***9***	***5***	***36***	***29***	***66***	***65***	***15***	***26***	***24***	***43***	***24***	***7***	***66***	***24***	***7***	***21***
usagers	***2***	***0***	***0***	***17***	***4***	***14***	***16***	***3***	***18***	***3***	***9***	***0***	***2***	***17***	***0***	***0***	***6***

Annexe 7 : Exemples d'outils pour le retour d'expérience

- **Annexe 7-A : L'échelle d'évaluation de la gravité d'un événement en tunnel**

Pour exemple : un usager, accompagné de 2 passagers, fait un malaise cardiaque mortel au volant de son véhicule qui percute le piédroit de l'ouvrage. Quatre véhicules de la société ont dû intervenir et certains dégâts aux installations ont dû être réparés immédiatement. Cet événement a engendré plus de 4 kms de bouchon et a duré plus de 2 heures.
Le niveau de gravité de l'événement s'obtient de la manière suivante (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) :

❶ entourer le seuil de gravité de chaque paramètre (à partir de l'exemple donné, entourer « 0-9 » pour le nombre d'impliqués, …),

❷ additionner le nombre de cases entourées pour chaque conséquence de niveau faible, moyen ou fort et multiplier réciproquement par 1, 2 ou 3 pour obtenir la somme des conséquences,

❸ additionner les trois sommes pour obtenir le total des conséquences,

❹ ajouter, au total des conséquences, le nombre de points qui correspond à la famille de l'événement,

❺ le total de points obtenus donne le niveau de gravité de l'évènement.

❶

		niveau de gravité	*faible*	*moyen*	*fort*
Conséquences humaines	Usagers	nb impliqués (véhicules)	0-9	10-19	≥20
		nb blessés légers	0	1-3	≥4
		nb blessés graves	0	néant	≥1
		nb tués	0	néant	≥1
	Intervenants (SFTRF, autre)	nb blessés légers	0	1-3	≥4
		nb blessés graves	0	néant	≥1
		nb tués	0	néant	≥1
Conséquences matérielles	nb de véhicules société intervenus		1-3	4-6	≥7
	dégâts matériels d'intervention		aucun	remplacement ultérieur	remplacement immédiat ou remplacement immédiat et ultérieur
	dégâts constatés au domaine		aucun	remplacement ultérieur	remplacement immédiat ou remplacement immédiat et ultérieur
Conséquences sur l'exploitation	temps de fermeture (h)		0-1	1-2	≥2
	bouchon (km)		0-3	4-6	≥7
❷	somme des conséquences		7 (7x1)	4 (2x2)	9 (3x3)
❸	total des conséquences				20

famille de l'événement	nb points
Incident	1
Accident	5
Incendie	10

❹ 20 + 5 = 25 ❺

niveau de gravité	total points
faible	<12-23>
moyen	<24-35>
fort	> 36

- **Annexe 7-B : Les tableaux de bord d'indicateurs**

LE TABLEAU DE BORD D'INDICATEURS DE SUIVI DU REX

2007								
nombre de fiches main courante	nombre de notes de synthèse	nombre de rapports d'événement	nombre d'interviews	nombre de réunions miroir	POINT DE SITUATION AU			
					27-mars	24-juin	30-sept	01-déc

LE TABLEAU DE BORD D'INDICATEURS DE SUIVI DES ACTIONS DE PROGRES REPEREES DANS LE REX

	2007								
REFERENCES	AXES DE PROGRES	POINTS D'INTERVENTION		OBJECTIFS	INDICATEURS	POINT DE SITUATION AU			
						27-mars	24-juin	30-sept	01-déc
Notes de synthèse n° Rapports de gestion n°	communication avec l'usager	⁍ formation des agents ⁍ mise en place d'une procédure		⁍ sensibiliser et former à la communication ⁍ sensibiliser et former à la	⁍ fiches signalement agents ⁍ fiches réclamation				
Notes de synthèse n° Rapports de gestion n°	gestion du stress	⁍ formation des agents		⁍ faciliter la gestion d'événement	…				
Notes de synthèse n° Rapports de gestion n°	…	…		…	…				
Notes de synthèse n° Rapports de gestion n°	…	…		…	…				

- **Annexe 7-C : La fiche main courante**

Références

Fiche n° 2007-17	**Auteur**	
Date de création	**Niveau de REX** 3	
Date de validation	**Enregistrement(s) vidéo** oui	**audio** ☐
Date d'archivage		

Evènement

Catégorie situation dangereuse **Type** incendie **Cause(s) (hypothèse)** accident d'un VL qui percute le piédroit de l'ouvrage et s'enflamme. Le conducteur, seul a bord du véhicule, a fait un malaise cardiaque mortel.	**Date et heure de début** 05/02/2008 08h05 **Date et heure de fin** 05/02/2008 14h30 **Mode de détection** DAI

PR de début **PR de fin**
Site tunnel **Voie** droite (VL) **Sens de circulation** France / Italie

Véhicule(s) à l'origine(s)	nombre	n°immatriculation	chargement
VL	2		
PL/BUS			
moto			

Conséquences éventuelles
- **Usagers, nb:** 1 véhicules ; 6 blessés légers (BL) . 3 blessés graves (BG) . 1 tués
- **Intervenants (exploitant, autres), nb:** 8 véhicules société intervenus . 0 BL . 1 BG . 0 tués
- **Dégâts matériels d'intervention:** nature remplacement immédiat
- **Dégâts au domaine : nature** **remplacement** ultérieur
- **Temps de fermeture (h):** 6h

Actions engagées

heure	qui	action(s)
08h05	opérateurs	activation procédure
09h00	agent routier	en place pour le délestage des véhicules
....	.....	....
....	.....	....

Actions refusées

heure	qui	action(s)

Autre(s) événement(s) rattaché(s) (n° fiche)
accident usager/véhicule d'intervention ( )
délestage des véhicules ( )
...

Remarques
lors de l'intervention des agents sur le terrain, l'un d'entre eux est victime d'un accident de la route.

- **Annexe 7-D : La note de synthèse d'événement**

Références	
Note n°2007-2	**Auteur**
Date de création	**Fiche main courante associée n°** 2007-17
Date de validation	**Date d'archivage**

Evènement

Description succinte de l'événement
le conducteur d'un véhicule léger fait un malaise cardiaque mortel au volant de son véhicule qui percute le piédroit de l'ouvrage et provoque un incendie.
c'est un matin de départ en vacances, de nombreux véhicules sont présents dans l'ouvrage. plusieurs personnes ont été légérements intoxiqués, 3 d'entre elles le sont plus gravement. Lorsque les premiers véhicules d'intervention se rendent sur les lieux, l'un d'entre eux est percuté par un véhicule léger. l'agent routier est gravement blessé.

Description succinte des décisions et actions (moyens mis en œuvre, ...)
procédure de fermeture du tunnel, de mise en place d'annonces d'avertissement par les PMV, rappel des usagers dans les sorties de secours, délestage des véhicules, ...

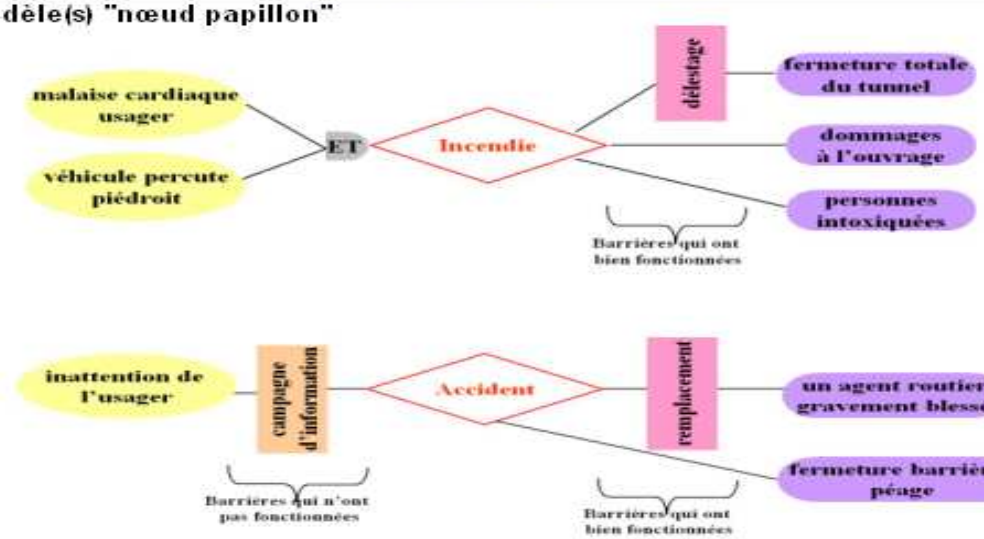
Conséquences
un usager décédé et plusieurs autres intoxiqués, un agent gravement blessé.
Plusieurs heures de fermeture de l'ouvrage et de l'autoroute, de nombreux usagers bloqués dans les embouteillages.

Conséquences évitées (potentielles)

Circonstances:
- **aggravantes** (points négatifs)
jour de départ en vacances, la survenue d'un 2° accident
- **atténuantes** (points positifs)
les effectifs sont nombreux ce jour-là (plan hivernal, jour de départ en vacances)

Ressources et acteurs impliqués
- **internes :** 8 véhicules agents routiers
- **externes :** 10 véhicules sapeurs-pompiers, 2 véhicules gendarmerie....

Modèle(s) "nœud papillon"



Gravité réelle: 29 **Potentiel de danger:**
Gravité potentielle:

Document(s) à mettre à jour

Suite à donner

Table des matières

Remerciements ---------- I
Index des abréviations ---------- III
Index des illustrations ---------- V
Sommaire ---------- IX

Introduction ---------- 1

PREMIERE PARTIE

Chapitre 1 . Le fondement du comportement humain ---------- 13

1. Point de vue de la psychologie cognitive ---------- 13

1.1. Présentation ---------- 13

1.1.1. De la psychologie en général … ---------- 13
1.1.2. … A la psychologie cognitive en particulier ---------- 14

1.2. Principaux concepts ---------- 15

1.2.1. La mémoire humaine ---------- 15
1.2.1.1. Le modèle d'Atkinston et Shiffrin (1968, 1972) ---------- 15
1.2.1.2. Evolution du modèle ---------- 16
1.2.2. Les représentations ---------- 17
1.2.2.1. Eléments de définition ---------- 17
1.2.2.2. Principales distinctions ---------- 18
1.2.3. La perception ---------- 19
1.2.4. L'attention ---------- 20
1.2.5. La communication ---------- 21
1.2.6. Les émotions ---------- 22

1.3. Un modèle général du fonctionnement cognitif de l'être humain ---------- 23

2. Point de vue de l'ergonomie cognitive ---------- 25

2.1. Présentation ---------- 25

2.1.1. De l'ergonomie en général… ---------- 25
2.1.2. … A l'ergonomie cognitive en particulier ---------- 26

2.2. Principaux concepts ---------- 27

2.2.1. Distinction entre travail prescrit et travail réel ---------- 27
2.2.2. La charge de travail mental ---------- 28
2.2.3. Notion d'opérativité ---------- 29

2.2.4. Assistance à l'activité 30
2.2.5. L'approche de l'« erreur » humaine et des « facteurs humains » 31
2.2.5.1. La notion d'« erreur » humaine ---------- 31
2.2.5.2. L'approche « facteurs humains » ---------- 33
3. Bilan sur les approches psychologique et ergonomique ---------- 34

Chapitre 2. Comportement de conduite et comportement d'évacuation 37

1. L'activité de conduite automobile ---------- 37
1.1. Conduire : une activité complexe ---------- *37*
1.2. Les modèles de l'activité de conduite ---------- *39*
1.2.1. Evolution des modèles 39
1.2.2. Quelques exemples 40
1.3. La lisibilité de la route et la transgression des règles ---------- *41*
1.3.1. Logique d'itinéraire et lisibilité 41
1.3.2. Le rapport au temps et le rapport aux normes 42
2. Le comportement humain en situation de danger ---------- 43
2.1. La prise de décision ---------- *44*
2.1.1. Une idée préconçue : la panique 44
2.1.2. Adaptation des mécanismes psychologiques 45
2.2. Dans les incendies ---------- *47*
2.2.1. Le modèle du temps d'évacuation 47
2.2.1.1. Présentation du modèle ---------- 47
2.2.1.2. Les patterns comportementaux ---------- 48
2.2.2. Systèmes d'aide à l'évacuation 49
2.2.2.1. Systèmes audio : l'alarme et les communications vocales ---------- 49
2.2.2.2. Autres moyens ---------- 51
2.2.3. Modélisation informatique et base de données 51
3. Prise en compte du comportement humain en tunnel routier ---------- 52
3.1. Un constat : le comportement observé des usagers est différent de celui attendu *52*
3.1.1. Pendant les incendies 52
3.1.2. En situation courante 53
3.1.3. Bilan 53
3.2. Les actions menées auprès des usagers ---------- *54*
3.2.1. Action menée par les sociétés française et italienne du tunnel du Fréjus (SFTRF et SITAF) 54

3.2.2. Les contrôles-sanctions : vitesse et inter-distance 55
3.2.3. L'information et la communication auprès des usagers 55

3.3. Travaux concernant notre étude ---------- *56*
3.3.1. L'expérience du TNO..... 56
3.3.1.1. Présentation ---------- 56
3.3.1.2. Principaux enseignements ---------- 57
3.3.2. Le projet ACTEURS 58
3.3.2.1. Présentation ---------- 58
3.3.2.2. Lot 1---------- 58
✴ Etude n°1---------- 58
✴ Etude n°2---------- 59
✴ Etude n°3---------- 59
3.3.2.3. Lot 2---------- 60
✴ Améliorer la prise en compte de l'usager dans la gouvernance des tunnels 60
✴ Améliorer la prise en compte de l'usager dans la définition des stratégies de sécurité des tunnels---------- 61
✴ Améliorer la formation et l'information des usagers sur les particularités de la sécurité en tunnel ---------- 61
✴ Aider les usagers à mieux comprendre l'environnement des tunnels et favoriser l'apparition des comportements attendus ---------- 61
3.3.3. Le projet « auto-évacuation » (DIRIF) 61

4. Bilan sur les comportements de conduite et d'évacuation ---------- 63

Chapitre 3. Gestion des risques et système tunnel ---------- 67

1. Les cindyniques et la gestion des risques---------- 67

1.1. Les cindyniques : une science pluridisciplinaire ---------- *67*
1.1.1. Définition..... 67
1.1.2. Evolution dans le temps : prise en compte des facteurs humains et organisationnels..... 68
1.1.2.1. Approche technologique ---------- 68
1.1.2.2. Approche individuelle---------- 68
1.1.2.3. Approche organisationnelle ---------- 69

1.2. Quelques concepts ---------- *70*
1.2.1. Du danger au risque..... 70
1.2.1.1. Eléments de définition---------- 70
1.2.1.2. Perception et acceptabilité des risques ---------- 71
1.2.2. Pour une définition des évènements..... 72
1.2.2.1. Crises ---------- 73

1.2.2.2. Les accidents et incidents ---- 74
1.2.2.3. Des signaux faibles, précurseurs et presque-accidents ---- 74
1.2.3. La culture de sécurité ... 75
1.2.4. L'apprentissage organisationnel ... 76
1.2.5. La résilience ... 77
1.3. Modèles pour la compréhension des situations cindyniques et l'intervention ---- 78
1.3.1. La défense en profondeur ... 78
1.3.1.1. Le modèle « nœud papillon » ---- 78
1.3.1.2. Le modèle « tranches de gruyère » ---- 79
1.3.2. La gestion des risques : une boucle de progrès ... 80
2. La sécurité et les risques en tunnel routier ---- 82
2.1. Gestion et réglementation des tunnels routiers ---- 82
2.1.1. Des organisations diverses en évolution constante ... 82
2.1.2. Principaux éléments de réglementation ... 84
2.1.2.1. Le contexte réglementaire ---- 84
2.1.2.2. Les principes réglementaires ---- 85
✷ Les procédures ---- 85
✷ Les responsabilités ---- 86
✷ Les dispositions d'exploitation ---- 86
✷ Les dispositions techniques ---- 87
2.2. Les risques en tunnel routier ---- 87
2.2.1. L'incendie : principal risque ... 87
2.2.2. Conséquences éventuelles pour l'être humain (usagers et personnels d'intervention) ... 88
2.3. La stratégie de sécurité (auto-évacuation des usagers) ---- 89
2.3.1. Le comportement attendu ... 89
2.3.1.1. La phase d'auto-évacuation des usagers ---- 89
✷ Alarme et réaction de l'opérateur ou du service de permanence ---- 89
✷ Utilisation des extincteurs ---- 90
✷ Auto-évacuation à pied des personnes présentes dans le tunnel vers les issues de secours ---- 90
2.3.1.2. La phase d'intervention des services d'incendie et de secours ---- 90
✷ L'évacuation aidée ---- 90
✷ La lutte contre le feu ---- 90
2.3.2. Les dispositions de sécurité ... 91
3. Le système tunnel ---- 92
3.1. L'approche systémique ---- 92
3.1.1. Présentation ... 92

3.1.2. Application à différents domaines 93

3.2. Un tunnel routier : un système complexe ouvert ---------- *94*

3.2.1. Présentation du système tunnel 94

3.2.2. Pourquoi un système « ouvert » ? 95

3.3. Présentation du terrain de recherche ---------- *96*

3.3.1. Le poste de contrôle du CESAM 96

3.3.1.1. Le fonctionnement général ---------- 96

3.3.1.2. La formation des opérateurs ---------- 97

3.3.2. Les tunnels du champ d'observation 98

3.3.3. Les procédures et les consignes d'exploitation 99

4. Bilan ---------- 100

Chapitre 4. Retour d'expérience et méthode de recherche ---------- 103

1. Les conceptions du retour d'expérience ---------- 103

1.1. Le retour d'expérience : outil ou démarche de management ? ---------- *103*

1.1.1. Evolution du REX : prise en compte des facteurs humains et organisationnels 103

1.1.2. Eléments de définition 104

1.2. Des approches propres aux besoins de l'organisation ---------- *106*

1.2.1. Dans le domaine industriel : le BARPI 106

1.2.2. Dans le domaine des transports 107

1.2.2.1. Les Etudes Détaillées d'Accidents ---------- 107

1.2.2.2. A la RATP ---------- 109

1.3. Principes fondamentaux ---------- *109*

1.3.1. Approche globale du processus de REX 109

1.3.1.1. Présentation ---------- 109

1.3.1.2. Détection des évènements et collecte des informations ---------- 110

1.3.1.3. Analyse des informations ---------- 110

1.3.1.4. Stockage des informations ---------- 110

1.3.1.5. Exploitation des données et partage des connaissances ---------- 111

1.3.2. Niveaux de gravité et types de retour d'expérience 112

1.4. Principaux écueils liés à une démarche de retour d'expérience ---------- *114*

1.4.1. Les limites 114

1.4.2. Leviers d'action 115

1.5. La méthode REXAO ---------- *115*

1.5.1. Origine et organisation 115

1.5.2. Formalisme général 116

2. Le retour d'expérience en tunnel routier ---------- 117

2.1. Le cadre réglementaire ---------- *117*

2.2. Diagnostic des pratiques ---------- *118*

2.2.1. Le retour d'expérience réglementaire 118

2.2.2. Les pratiques locales 119

2.2.2.1. Pratiques courantes ---------- 119

2.2.2.2. Exemple d'un exploitant ---------- 120

2.2.3. Le retour d'expérience sur les exercices 121

2.2.4. Bilan et perspectives 121

3. Hypothèses et méthode de recherche ---------- 123

3.1. Les hypothèses de recherche ---------- *123*

3.1.1. Rappel 123

3.1.2. Nos hypothèses 124

3.2. Une méthode qualitative plutôt que quantitative ---------- *125*

3.2.1. Présentation générale 125

3.2.2. L'observation 127

3.2.2.1. Au quotidien au poste de contrôle ---------- 128

3.2.2.2. Pendant les exercices de sécurité (simulation) ---------- 128

3.2.2.3. Pour l'étude des représentations mentales ---------- 129

3.2.2.4. A partir des images vidéo ---------- 130

3.2.3. L'interview 131

3.2.3.1. Point sur les méthodes existantes ---------- 131

3.2.3.2. Objectifs et outil pour notre recherche ---------- 132

3.2.3.3. Déroulement ---------- 133

- Présentation ---------- 133
- Conduite de l'entretien ---------- 133

3.2.4. Analyse des données 134

4. Point d'étape ---------- 135

DEUXIEME PARTIE

Chapitre 5. Analyse d'évènements d'exploitation ---------- 141

1. Procédures expérimentales ---------- 141

1.1. Le recueil de témoignages (interview) ---------- *141*

1.1.1. Pour les usagers 141

1.1.1.1. La fiche d'autorisation de contact ---------- 141

1.1.1.2. L'entretien et sa grille ---------- 142
1.1.2. Pour les opérateurs 143
1.2. Autres supports pour le retour d'expérience ---------- 143
1.2.1. Les images de vidéosurveillance..... 143
1.2.2. Le chronogramme 144
1.2.3. La réunion de « REX » ou réunion « miroir » 145
1.2.3.1. Présentation ---------- 145
1.2.3.2. Organisation et préparation ---------- 145
1.3. Récapitulatif des évènements analysés ---------- 147
1.4. Base de données à partir de quatre tunnels autoroutiers ---------- 148
1.4.1. Incidents, accidents et situations de danger 148
1.4.2. Les signaux faibles..... 149
2. Comportement des usagers à la suite d'incendies ---------- 149
2.1. Etude de cas n°1 ---------- 150
2.1.1. Description de l'évènement..... 150
2.1.2. Profil des usagers interrogés 151
2.1.3. Témoignages des usagers..... 151
2.1.4. Conclusion..... 153
2.2. Etude de cas n°2 ---------- 154
2.2.1. Description de l'événement à partir du chronogramme..... 154
2.2.2. Témoignage des usagers..... 160
2.2.2.1. Profil des participants ---------- 160
2.2.2.2. Usagers arrêtés dans le tunnel ---------- 160
✷ Avant l'arrêt du véhicule ---------- 160
✷ A partir de l'arrêt ---------- 160
✷ La nature de l'événement ---------- 161
✷ L'évacuation ---------- 161
✷ Connaissance des dispositifs de sécurité et information ---------- 161
✷ Comportement auto-déclaré (réaction sur propre véhicule) ---------- 161
2.2.3. Observations et hypothèses sur le comportement des usagers 162
2.2.3.1. Usagers à l'origine ---------- 162
2.2.3.2. Autres usagers impliqués ---------- 162
✷ Usagers qui poursuivent leur route ---------- 163
✷ Usagers qui font demi-tour ---------- 163
2.2.4. Conclusion..... 164
3. Résultats pour la base de données ---------- 165

3.1. Les facteurs exogènes ---------- *165*
3.1.1. Nature des évènements 165
3.1.2. Véhicules impliqués 167
3.1.3. Contexte d'apparition des événements 168
3.1.4. Position de l'évènement dans le tunnel 168
3.1.5. Nationalité des usagers et utilisation des postes d'appel d'urgence 170

3.2. Les facteurs endogènes ---------- *170*
3.2.1. Mode de détection 170
3.2.2. Procédure 171
3.2.3. Durée de l'évènement 171
3.2.4. Mesures d'exploitation 171
3.2.5. Intervention du dépanneur 172
3.2.6. Intervention des personnels « exploitant » 172

4. Bilan de l'analyse des évènements d'exploitation ---------- 173

4.1. Sur le comportement des usagers ---------- *173*
4.1.1. Eléments de typologie et de compréhension 173
4.1.1.1. Profil des usagers ---------- 173
4.1.1.2. Analyse des témoignages ---------- 174
4.1.2. Axes de vigilance 175
4.1.2.1. Pour l'auto-évacuation des usagers ---------- 175
4.1.2.2. Pour le retour d'expérience ---------- 176

4.2. Sur la base de données ---------- *177*

Chapitre 6. Instrumentation d'exercices de sécurité ---------- 179

1. Procédure expérimentale ---------- 179

1.1. Exercices de sécurité et observations de terrain ---------- *179*
1.1.1. Présentation générale 179
1.1.2. Eléments liminaires sur les exercices de sécurité « instrumentés » 180
1.1.2.1. Conditions particulières ---------- 180
1.1.2.2. Déroulement ---------- 181

1.2. Expérience dans le tunnel d'Orelle ---------- *182*
1.2.1. Présentation du scénario et des objectifs 182
1.2.2. Procédure expérimentale 183
1.2.2.1. Pour les usagers ---------- 183
1.2.2.2. Pour les observateurs ---------- 184

1.3. Projet RDT et exercice dans le tunnel de la Défense ---------- *185*
1.3.1. Présentation 185
1.3.2. Procédure expérimentale 186
1.3.2.1. Objectifs et scénario ---------- 186
1.3.2.2. Pour les usagers ---------- 187
1.3.2.3. Pour les observateurs ---------- 187

1.4. Récapitulatif des autres exercices ---------- *189*
1.4.1. Exercices avec observations et/ou interviews des usagers 189
1.4.2. Exercices « divers » 191

2. Le comportement des usagers au cours des exercices de sécurité ---------- 192

2.1. Enseignements de l'exercice d'Orelle ---------- *192*
2.1.1. Le profil des participants 192
2.1.2. Le modèle du temps d'évacuation 193
2.1.2.1. A bord du véhicule ---------- 193
2.1.2.2. Dans le tunnel ---------- 194
2.1.2.3. Dans l'abri ---------- 195
2.1.2.4. Dans la gaine d'évacuation ---------- 195
2.1.2.5. Au PRV et au PMA ---------- 195
2.1.2.6. Bilan : un premier modèle du comportement des usagers -------- 196
2.1.3. Le circuit de l'information 197

2.2. Enseignements des exercices réalisés avec la DIRIF ---------- *199*
2.2.1. Exercice dans le tunnel de la Défense 199
2.2.1.1. Profil des participants ---------- 199
2.2.1.2. Témoignages des usagers et des observateurs ---------- 200
2.2.2. Evaluation dans le tunnel de Thiais FFF (projet « auto-évacuation ») 201
2.2.2.1. Rappel sur le contexte ---------- 201
2.2.2.2. Observations générales ---------- 201
2.2.2.3. Commentaires de l'ensemble des usagers pendant le débriefing- 202
- Sur l'alerte ---------- 202
- Par rapport à leur véhicule ---------- 202
- Sur l'évacuation vers l'issue de secours et l'extérieur ---------- 203
- Sur la différence entre l'exercice et la réalité ---------- 203
- Conclusion ---------- 203

3. Bilan des exercices « instrumentés » ---------- 204

Chapitre 7. Etude des représentations mentales d'un tunnel routier --- 207

1. Présentation de l'étude ---------- 207

1.1. Les objectifs ---------- *207*

1.2. La méthode de travail ---------- *208*

1.2.1. Choix de l'outil et de la consigne 208

1.2.2. Les entretiens 209

1.2.2.1. Eléments généraux ---------- 209

1.2.2.2. Spécificités ---------- 210

1.2.3. La grille d'analyse 211

1.2.3.1. Mise en place ---------- 211

1.2.3.2. Présentation ---------- 211

2. Résultats ---------- 212

2.1. Le profil des participants ---------- *212*

2.1.1. L'âge 213

2.1.2. Le genre 214

2.1.3. Les connaissances et expériences 214

2.2. Les dessins ---------- *215*

2.3. Exemples ---------- *215*

2.3.1. La représentation du contexte du tunnel 216

2.3.2. La représentation des équipements 217

2.3.2.1. Equipements de remontée d'informations ---------- 217

2.3.2.2. Equipements de la route ---------- 217

2.3.2.3. Equipements de ventilation et éléments pour les pompiers ------- 218

2.4. Synthèse ---------- *218*

2.4.1. Les dessins des usagers 218

2.4.2. Les dessins des professionnels 219

3. Bilan : un décalage de représentation entre les usagers et les professionnels -------- 221

Chapitre 8. Bilan et perspectives ---------- 223

1. Pour l'auto-évacuation des usagers ---------- 223

1.1. Le fondement du comportement des usagers ---------- *223*

1.1.1. Rappels sur le fonctionnement cognitif humain 223

1.1.2. Apports des témoignages 224

1.1.2.1. Pourquoi les usagers ne quittent-ils pas leur véhicule ? ---------- 224

1.1.2.2. Comment vivent-ils l'évacuation à pied dans le tunnel et dans l'issue de secours ? ---------- 225

1.2. Modèles d'auto-évacuation et systèmes d'aide à l'évacuation ---------- *226*

1.2.1. Modèle des temps nécessaires à l'évacuation 227

1.2.2. Modèle cognitif des usagers et systèmes d'aide 228
1.2.2.1. Présentation générale ---------- 228
1.2.2.2. Phase 1 : apprentissage en situation courante ---------- 229
1.2.2.3. Phase 2 : détection et alerte, alarme ---------- 230
1.2.2.4. Phase 3 : évacuation à pied dans le tunnel ---------- 231
1.2.2.5. Phase 4 : évacuation et attente dans l'issue ---------- 231
1.2.2.6. Phase 5 : fin de l'événement et retour à la normale ---------- 232

1.3. Note sur les propositions d'adaptation ---------- 233

2. Pour le retour d'expérience ---------- 235

2.1. Les difficultés rencontrées dans la mise en place du retour d'expérience ------ 235
2.1.1. Poids de la démarche 235
2.1.2. Peur de la faute et anonymat 236
2.1.3. Les filtres technologiques 236
2.1.4. Le paradoxe du temps 237
2.1.5. La culture 237

2.2. Principaux leviers d'action ---------- 238
2.2.1. Pré-requis 238
2.2.1.1. Engagement de la direction et définition des objectifs ---------- 238
2.2.1.2. Désignation d'un chargé de REX ---------- 239
2.2.1.3. Engagement du personnel dans la démarche ---------- 239
2.2.1.4. Une typologie des évènements d'exploitation ---------- 239
2.2.2. Perspectives en terme d'organisation 241
2.2.2.1. Quand mettre en place le REX ? ---------- 241
2.2.2.2. Les réseaux d'acteurs du REX ---------- 242
2.2.3. Perspectives en terme d'outils 244
2.2.3.1. L'échelle de REX ---------- 244
✷ Détermination du niveau de REX ---------- 244
✷ Evaluation de la gravité de l'évènement ---------- 244
2.2.3.2. Formalisme des retours d'expérience ---------- 245
✷ REX de niveau 1 : la fiche main courante ---------- 245
✷ REX de niveau 2 : la note de synthèse d'évènement ---------- 246
✷ REX de niveau 3 : le rapport d'évènement ---------- 246
2.2.3.3. Synthèse de la démarche proposée ---------- 247

2.3. Le retour d'expérience sur exercices ---------- 248
2.3.1. Organisation du dispositif de REX sur exercices 248
2.3.2. Les participants et leur mission 249
2.3.2.1. Les observateurs ---------- 249
2.3.2.2. Les usagers ---------- 250
2.3.2.3. Les interviewers ---------- 250

2.3.3. Ce qu'il faut prévoir pour l'instrumentation 250
2.3.3.1. Le management avant l'exercice ---------- 250
2.3.3.2. La logistique ---------- 250
2.3.3.3. Le management après l'exercice ---------- 250

3. Accompagner les changements organisationnels en tunnel routier ---------- 251

3.1. Discussion ---------- *251*
3.1.1. La méthode d'étude 252
3.1.2. Les résultats 253
3.1.2.1. Sur le comportement usagers ---------- 253
3.1.2.2. Sur le retour d'expérience ---------- 255

3.2. Besoin d'une culture partagée ---------- *257*

Conclusion ---------- 259

Références bibliographiques ---------- 263
Annexes ---------- 277
Table des matières ---------- 359
Résumé ---------- 371
Abstract ---------- 371

Résumé

Si le nombre d'évènements générateurs de risques en tunnel routier est faible, plusieurs évènements récents ont montré que les incendies de véhicule peuvent rapidement prendre des proportions catastrophiques. Pour limiter les conséquences de tels évènements, la réglementation française impose aux exploitants de tunnels des dispositions techniques (moyens mis à disposition des usagers pour assurer leur propre sécurité, etc.) et des dispositions d'exploitation (dispositif d'analyse des évènements significatifs, etc.). A la lumière du retour d'expérience, force est de constater que le comportement observé des usagers n'est pas celui attendu.

Comme dans d'autres domaines, le retour d'expérience en tunnel routier a d'abord été élaboré dans une optique technique et quantitative. Les progrès technologiques ayant permis d'atteindre un niveau de sécurité élevé, il est aujourd'hui nécessaire d'avoir une démarche qualitative qui inclut les aspects humains et organisationnels.

Ce travail de recherche a été mis en place dans l'objectif d'intégrer dans le retour d'expérience la connaissance des fondements du comportement humain lors des évènements. Nous présentons une méthode de recueil de témoignage des usagers développée à partir des études menées sur le comportement humain en situation d'évacuation et utilisée à la suite d'exercices de sécurité ou d'événements réels. Les résultats apportent des éléments objectifs de compréhension du comportement des usagers permettant d'aller au-delà de certaines idées préconçues. Ils ont permis d'élaborer un modèle d'évacuation des usagers et de proposer des adaptations des dispositifs de sécurité réglementaires prévus pour l'évacuation des usagers.

MOTS CLES : comportement humain, retour d'expérience, tunnel routier, dispositifs de sécurité pour l'évacuation.

Abstract

Even if the number of events in road tunnels is globally low, several recents events have shown that a vehicle fire can lead to disastrous consequences. To limit consequences of such events, French regulation imposes to tunnel operators tunnels technical and exploitation means. The first are for users to protect themselves. The second concern a system for analysis of the signifiants events. The learning from experience emphases that the observed users behaviour differs of the expectations.

As for other areas, "Learning from Experience" for road tunnels was first developed from a "technical" and "quantitative" perspective. Technological progress having allowed a high level of safety to be reached, a qualitative approach is now necessary, including human and organisational aspects.

This research project was set up with the aim of including knowledge about human behaviour during events in road tunnels in "Learning from Experience". This method has been used during safety exercises and real events. It provides objective elements for understanding road users' behaviour faced with dangerous situations, and thus allows progression beyond certain pre-conceived ideas. A users evacuation model was derived and improvements of the regulatory safety systems for users evacuation were proposed.

KEYWORDS : human behaviour, , learning from experience, road tunnel safety systems for evacuation.