HAL
open science

Une approche d'aide multicritère à la décision pour l'acceptation d'une signalisation routière dynamique

Ludovic Duquesne

To cite this version:

Ludovic Duquesne. Une approche d'aide multicritère à la décision pour l'acceptation d'une signalisation routière dynamique. Automatique. Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, 2009. Français. NNT : 2009VALE0008 . tel-03019109

HAL Id: tel-03019109

https://uphf.hal.science/tel-03019109

Submitted on 23 Nov 2020

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.

2009 VALE 0008

Numéro d'ordre : 09 / 09

THÈSE

Présentée à

L'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambraisis

Pour l'obtention du

DOCTORAT

Spécialité

AUTOMATIQUE INDUSTRIELLE ET HUMAINE

Par

Ludovic DUQUESNE

Ingénieur ENSIAME

UNE APPROCHE D'AIDE MULTICRITÈRE À LA DÉCISION POUR L'ACCEPTATION D'UNE SIGNALISATION ROUTIÈRE DYNAMIQUE

Soutenue le 09 juin 2009 devant le jury :

Anne-Marie JOLLY	Rapporteur	Université d'Orléans
Gaëtan LIBERT	Rapporteur	Faculté Polytechnique de Mons
Marie-Line GALLENNE	Examinateur	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
Patrick MILLOT	Directeur	Université de Valenciennes
Igor CREVITS	Co-directeur	Université de Valenciennes
Marie-Pierre PACAUX-LEMOINE	Co-directeur	Université de Valenciennes

Numéro d'ordre : 09 / 09

THÈSE

Présentée à

L'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambraisis

Pour l'obtention du

DOCTORAT

Spécialité

AUTOMATIQUE INDUSTRIELLE ET HUMAINE

Par

Ludovic DUQUESNE

Ingénieur ENSIAME

UNE APPROCHE D'AIDE MULTICRITÈRE À LA DÉCISION POUR L'ACCEPTATION D'UNE SIGNALISATION ROUTIÈRE DYNAMIQUE

Soutenue le 09 juin 2009 devant le jury :

Anne-Marie JOLLY	Rapporteur	Université d'Orléans
Gaëtan LIBERT	Rapporteur	Faculté Polytechnique de Mons
Marie-Line GALLENNE	Examinateur	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
Patrick MILLOT	Directeur	Université de Valenciennes
Igor CREVITS	Co-directeur	Université de Valenciennes
Marie-Pierre PACAUX-LEMOINE	Co-directeur	Université de Valenciennes

A la mémoire de Jeanne,

A Hélène,

A ma famille et mes amis.

« Nous devons nous y habituer : aux plus importantes croisées des chemins de notre vie, il n'y a pas de signalisation. »

Ernest Hemingway.

Avant-propos

Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé au Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique industrielles et Humaines (LAMIH) de l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, au sein de l'équipe « Systèmes Homme-Machine » dirigée par le Professeur Frédéric VANDERHAEGEN. Je tiens à lui témoigner toute ma reconnaissance pour l'aide et les judicieux conseils qu'il m'a prodigués durant cette étude.

Je remercie particulièrement le Professeur Patrick MILLOT, Monsieur Igor CREVITS et Madame Marie-Pierre PACAUX-LEMOINE pour m'avoir encadré, conseillé et soutenu tout au long de ce travail au sein du laboratoire.

Mes remerciements s'adressent également à Madame Anne-Marie JOLLY, Professeur des Universités et directrice de l'école Polytechnique de l'Université d'Orléans, et Monsieur Gaëtan LIBERT, Professeur des Universités et responsable du Service Informatique à la Faculté Polytechnique de Mons de me faire l'honneur d'être rapporteurs de ce mémoire.

Je tiens également à témoigner de ma profonde reconnaissance envers Madame Marie-Line GALLENNE, adjointe au directeur technique « Infrastructure et Sécurité Routière » au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et directrice du projet national SARI d'avoir accepté de participer à ma commission d'examen.

Enfin je remercie l'équipe du projet de recherche faisant l'objet de cette étude ainsi que les collègues de l'équipe « Systèmes Homme-Machine » notamment Françoise ANCEAUX, Katell BOTREL, Justine DEREGNAUCOURT, Sabrina HUVELLE, Florence TERRADE, Christian BASTIEN, Ronan QUEGUINER, Gilles MICHEL, Alain SOMAT, Karine YOUNSI, Jérôme FLORIS et Jean-Marc GIRARD, qui ont contribué au bon déroulement de cette thèse.

Table des matières

Introduction générale **13**

Chapitre I. Un enjeu pour la sécurité routière : la conception d'une nouvelle signalisation dynamique **15**

Introduction **15**

I.1. L'insécurité routière en France **16**

I.1.1. L'insécurité persistante des routes de rase campagne 16

I.1.2. Les principaux projets traitant de la conduite automobile 17

I.1.3. Les champs de recherches relatifs à ce système 18

I.2. Le programme de recherche SARI **21**

I.2.1. Les objectifs et le contexte de SARI 21

I.2.2. Les progrès attendus 23

I.2.3. Les thèmes techniques de SARI 24

I.2.3.1. Présentation du thème IRCAD 25

I.2.3.2. Présentation du thème RADARR 27

I.2.3.3. Présentation du thème VIZIR 28

I.2.3.4. Synthèse des trois thèmes techniques 30

I.2.4. Le thème transversal AJISE 31

I.2.4.1. L'acceptabilité juridique 32

I.2.4.2. L'acceptabilité individuelle 33

I.2.4.3. L'acceptabilité sociale 33

I.2.4.4. L'acceptabilité économique 34

I.3. Le cadre de la présente thèse **35**

Conclusion **37**

Chapitre II. Vers des modèles d'acceptabilité d'une signalisation dynamique : méthodes d'extraction des connaissances et d'aide à la décision **39**

Introduction **39**

II.1. Extraction des connaissances expertes **40**

II.1.1. Les différentes méthodes permettant l'acquisition des connaissances 40

II.1.1.1. Les acteurs en jeu dans l'extraction des connaissances et leur rôle 40

II.1.1.2. Les méthodes directes 41

II.1.1.3. Les méthodes indirectes 42
II.1.2. La nature des expertises et des modèles utilisés par les experts 43
II.1.2.1. Les méthodes hypothético-déductives 43
II.1.2.2. Les méthodes prospectives 43
II.1.2.3. Les méthodes basées sur des cas 43
II.1.2.4. Synthèse des méthodes utilisées dans cette étude 44
II.2. Aide multicritère à la décision 44
II.2.1. Objet de la décision et esprit de la recommandation 47
II.2.1.1. Le concept d'action et l'ensemble des actions potentielles 47
II.2.1.2. Les problématiques de décision 48
II.2.2. Analyse des conséquences et élaboration de critères 48
II.2.2.1. Les conséquences susceptibles d'interférer dans le modèle de la décision et la formalisation des dimensions 48
II.2.2.2. Construction des critères capables de synthétiser les dimensions 50
II.2.3. Modélisation des préférences globales 52
II.2.4. Procédures d'investigation et élaboration de la recommandation 53
II.3. Synthèse méthodologique reliant la MMAD à l'extraction des connaissances 54
Conclusion 55
Chapitre III. Construction des modèles relatifs à chaque acceptabilité 57
Introduction 57
III.1. Cadre multicritère de l'étude 58
III.1.1. L'ensemble des actions potentielles de SARI 58
III.1.2. Le modèle de décision envisagé 59
III.2. La réalisation des extractions des connaissances expertes 59
III.2.1. Les experts impliqués dans ce recueil 59
III.2.2. Les méthodes mises en œuvre pour ces recueils 60
III.3. Les modèles des différentes acceptabilités 61
III.3.1. L'acceptabilité individuelle 61
III.3.1.1. Construction de l'arborescence des facteurs 61
III.3.1.2. Construction du modèle individuel 70
III.3.2. L'acceptabilité juridique 75
III.3.2.1. Les cas envisagés dans AJISE 75
III.3.2.2. La finalisation du modèle 79
III.3.3. Le modèle relatif à l'acceptabilité économique 82
III.3.4. L'acceptabilité sociale 84

Conclusion **87**

Chapitre IV. La synthèse des modèles d'acceptabilité **89**

Introduction **89**

IV.1. Introduction à l'inter-acceptabilité **90**

IV.1.1. La définition et le pourquoi de l'inter-acceptabilité 90

IV.1.2. Comment mettre en œuvre cette inter-acceptabilité 90

IV.2. La construction des modèles d'inter-acceptabilité **91**

IV.2.1. Le premier modèle comme fonction d'utilité 91

IV.2.2. Le second modèle sous l'angle du choix social 98

IV.2.3. Conclusion sur les modèles de l'inter-acceptabilité 100

IV.3. La synthèse des modèles de l'inter-acceptabilité **100**

IV.3.1. Première étape : isolement des dimensions 100

IV.3.2. Reclassification globale des dimensions 101

IV.3.3. Schéma récapitulatif de la reclassification 102

IV.4. L'évaluation des critères **103**

IV.4.1. La notation des dimensions 103

IV.4.2. La notation des critères 105

Conclusion **107**

Chapitre V. Premières valuations expérimentales et perspectives de travail **109**

Introduction **109**

V.1. Le déroulement des expérimentations sur routes réelles **110**

V.1.1. Le choix des sites 110

V.1.2. Le déroulement des campagnes expérimentales 110

V.2. Les dispositifs mis en place pour le recueil des données dans AJISE **111**

V.2.1. Le recueil des données objectives 112

V.2.2. Le recueil des données subjectives 113

V.3. Première valuation du modèle d'interacceptabilité **114**

V.4. Les axes de perspectives **117**

V.4.1. Pour la sécurité routière 117

V.4.2. Extention de la méthode à d'autres domaines 119

Conclusion **120**

Conclusion générale **121**

Références bibliographiques **123**

Introduction générale

La recherche présentée dans ce mémoire concerne la problématique de la sécurité routière en France. Depuis quelques années le nombre de tués sur les routes françaises a cessé d'augmenter. Néanmoins certains types de routes, restant à l'écart d'une certaine surveillance, présentent un enjeu important relativement au nombre global de tués. Aussi, notre recherche s'inscrit plus particulièrement dans la conception d'une nouvelle signalisation routière dynamique située sur le bas coté de la route à destination du conducteur pour prévenir des situations potentiellement dangereuses. Elle vise plus particulièrement à concevoir une grille de lecture destinée à évaluer de tels systèmes en prenant en considération les points de vue cognitif et social du conducteur, économique des gestionnaires et juridique des assurances. Le sujet s'inscrit dans le contexte du programme de recherche national SARI[1] mais résulte également d'un besoin d'une réflexion globale pour l'évaluation de l'impact des solutions techniques dans de tels projets.

La présentation de ce mémoire s'organise en cinq chapitres qui s'articulent de la manière suivante.

Le premier chapitre comprend trois parties. Nous allons dans un premier temps dresser un bilan précis de l'insécurité routière en France de manière à mieux cerner le contexte de l'étude. Dans un second temps nous évoquerons les différents programmes de recherche traitant cette insécurité routière et nous dégagerons les apports qui peuvent aider à réduire cette insécurité. Puis nous présenterons le programme de recherche faisant partie de cette étude de manière à préciser ses enjeux et à présenter ses idées innovantes. Enfin en troisième lieu nous allons exposer le contexte et les objectifs précis de notre étude.

Le deuxième chapitre comporte deux grandes parties. Nous allons évoquer les outils et supports méthodologiques qui nous permettent d'étayer notre raisonnement. En effet, le sujet relève de l'acquisition de connaissances expertes dans plusieurs domaines notamment psycho-cognitifs, psycho-sociaux, économiques et juridiques. En second lieu, il s'agit de dresser le cadre du problème qui relève dans notre cas d'un aspect multicritère. En effet nous allons tenter de proposer un outil prenant en considération plusieurs champs disciplinaires simultanément.

[1] SARI : Surveillance Automatisée de l'état des Routes pour l'Information des conducteurs et des gestionnaires

Le troisième chapitre s'intéresse davantage au modèle que nous avons élaboré dans chaque discipline à l'aide des outils relatifs aux extractions de connaissances. Nous allons exposer les démarches entreprises ainsi que les constructions par étapes des modèles dans chaque domaine.

Le quatrième chapitre présente, à travers l'intégration du problème de décision dans une méthodologie relative à plusieurs critères, une synthèse des modèles du chapitre précédent afin d'obtenir un modèle global permettant d'aider un décideur final dans le choix d'une solution technologique.

Enfin le cinquième chapitre propose un bilan de l'étude, vis-à-vis des objectifs et de la méthodologie ainsi que des résultats obtenus. Il propose ensuite des perspectives de recherche permettant de finaliser la projet en terme de proposition réelle ou d'outils relatifs à la démarche de cette étude.

Chapitre I. Un enjeu pour la sécurité routière : la conception d'une nouvelle signalisation dynamique

Introduction

La conduite automobile est une tâche complexe. En effet, les conducteurs rencontrent quotidiennement de nouvelles situations imprévues auxquelles ils doivent faire face, et leur situation psychologique ainsi que la configuration physique de l'infrastructure et des véhicules environnants ne sont jamais identiques. La prise de conscience des autorités françaises de la nécessité de changer les comportements des conducteurs a fait baisser depuis quelques années le nombre de tués sur les routes, grâce à une baisse moyenne des vitesses pratiquées. Néanmoins ce danger est constamment présent et le nombre de victimes reste trop important. Depuis quelques années des programmes de recherche en France centrés sur l'insécurité routière tentent de diminuer le nombre de victimes en aidant le conducteur à mieux réagir face aux dangers. La présente thèse s'intègre dans ces programmes de recherche que nous allons présenter ici.

Ce chapitre s'articule en trois parties. Tout d'abord, un bilan plus précis de l'insécurité routière est dressé ainsi que son évolution en France. Les principaux projets de recherche nationaux et européens sont ensuite recensés de manière à rendre compte des mesures envisagées pour faire face à cette insécurité. Ensuite, le projet de recherche que ce mémoire relate est abordé plus précisément afin de mieux cadrer sa problématique et ses enjeux. Enfin les objectifs de cette étude sont énoncés de manière à mieux cerner le travail de recherche qui a été mené.

I.1. L'insécurité routière en France

I.1.1. L'insécurité persistante des routes de rase campagne

L'étude présentée dans ce mémoire concerne la problématique de la sécurité routière. Depuis maintenant 5 années consécutives, l'insécurité routière en France ne cesse de diminuer (ONISR 2007). Le bilan de l'année 2006 indique une réduction de 4,6% du nombre d'accidents corporels, de 10,8% du nombre de personnes tuées et de 5,1% du nombre de blessés par rapport à l'année 2005. Néanmoins la baisse du nombre de personnes tuées a été plus marquée en milieu urbain qu'en rase campagne. En effet la gravité des accidents corporels, exprimée en nombre de tués pour 100 accidents corporels, est de 5,4 fois plus élevée en rase campagne qu'en milieu urbain. Le risque d'accident mortel sur ces routes étant quatre fois plus élevé que sur autoroute, les efforts de recherche se sont focalisés sur ce type de route. La définition de route de « rase campagne » repose essentiellement sur des exclusions : il s'agit de tout type de routes, nationales, départementales ou communales, situées à l'extérieur des villes, à l'exception des autoroutes et voies rapides urbaines d'une part, et des voies non revêtues d'autre part. Elles sont caractérisées par une facilité de trafic qui autorise des vitesses élevées et un faible niveau de surveillance. Les accidents sur ces routes ont représenté environ 3500 morts en 2005, soit plus de 70% du nombre total des tués sur les routes de France. Elles représentent donc le plus grand enjeu en matière de sécurité. Les cas d'insécurité routière sur ces types de routes sont identifiés : plus de 80% des accidents survenant sur ces routes proviennent d'accidents n'impliquant qu'un seul véhicule, ou d'une collision frontale ou encore d'une collision dans les intersections. Ces types d'accidents sont directement liés au contrôle des trajectoires des véhicules. Le comportement du conducteur est toujours en cause, cependant il est conditionné en partie par les caractéristiques de la chaussée qui peuvent être un élément déclenchant ou aggravant.

Il existe différentes mesures pouvant contribuer à l'amélioration de la sécurité routière :

- l'aménagement de la chaussée par exemple au moyen d'un marquage horizontal, d'un marquage vertical ou d'une reprise de tracé comme une ligne centrale discontinue devenant continue lorsqu'il faut interdire le dépassement ;
- l'aménagement des abords par la mise en place de glissières ou par la suppression des obstacles comme certains arbres gênant la visibilité de la chaussée ;
- l'entretien de la chaussée caractérisée par exemple comme le changement du revêtement routier mieux adapté aux intempéries ;

- la gestion du trafic comme la transformation d'un feu rouge en un rond-point permettant de fluidifier le trafic aux heures de pointes ;
- l'aide au déplacement comme par exemple la mise à disposition des stations de radio destinées à prévenir les automobilistes d'accidents ou de bouchons sur les axes autoroutiers.

Une meilleure information pour le conducteur permettant de rendre plus lisible et prévisible l'état de la route et les difficultés qui peuvent en résulter, fait partie des solutions et peut même permettre, si la maîtrise des trajectoires qui en découle est effective, d'optimiser la gestion des aménagements. Nous exposons dans la suite plusieurs projets qui tentent d'améliorer en tout point de vue la tâche de conduite.

I.1.2. Les principaux projets traitant de la conduite automobile

La conduite automobile est un système complexe et multi-facteurs (Rajaonah B. 2008) (Millot P. 1999) et la prise en compte à la fois du conducteur, du véhicule et de l'infrastructure dans plusieurs programmes de recherche du PREDIT[2] entre 2002 et 2007 ont permis certains acquis. Ces programmes concernent directement la sécurité routière. Nous les présentons ci-après en précisant celui qui fait l'objet de ce mémoire.

- les projets ARCOS[3], DO30[4] et PREVENSOR[5] visent des avancées dans le domaine de la perception de l'environnement d'un véhicule (Hautière N. 2006). Une assistance au conducteur sous la forme d'une alarme ou d'une correction de trajectoire permet d'éviter la sortie de voie du véhicule. La gestion des distances permet de respecter une inter-distance sécuritaire entre les véhicules. L'anticollision permet de réduire la vitesse d'impact sur un obstacle lorsque le conducteur ne le voit pas. Enfin l'alerte du conducteur permet de prévenir les véhicules bien avant leur arrivée sur l'obstacle ;
- les projets SARI, SAFEMAP[6] et PREVENSOR portent davantage sur les diagnostics des situations à risque. Ils vont identifier et localiser les zones risquées et diagnostiquer les pertes de contrôle et de visibilité dans les virages, les carrefours et les hauts de côte (El Jaafari M. 2008) ;

[2] PREDIT : Programme de Recherche et d'Innovation dans les Transports Terrestres, initié et conduit par les ministères chargés de la recherche, des transports, de l'environnement et de l'industrie.
[3] ARCOS : Action de Recherche pour une Conduite Sécurisée
[4] DO30 : Détection d'Obstacles sur une Portée de 30 mètres
[5] PREVENSOR : Coopération Homme-Machine pour la Prévision des Sorties de Voies
[6] SAFEMAP : Coopération franco-allemande sur l'apport des cartes numériques à la sécurité routière

- les projets ARCOS, LAVIA[7], SAFEMAP, DIVAS[8] et SARI tentent d'améliorer les moyens de communication par le biais du développement des architectures de communications via les cartographies et le système de navigation intégré aux véhicules (Plainchault P. 2005) ;
- les projets LAVIA, SAFEMAP et SARI proposent d'améliorer la restitution de l'information par le biais de flash, de bandes d'alertes sonores et de pictogrammes plus précis ;
- les projets ARCOS, LAVIA, SAFEMAP, PREVENSOR, DO3O, DIVAS et SARI se focalisent dans le domaine des fonctions d'alerte aux conducteurs dans le cas de dépassements de la vitesse réglementaire, de risques de collisions en file ou de risques de sortie de voie ;
- les projets ARCOS, LAVIA, PREVENSOR et DO3O veulent se centraliser sur les actions de contrôle-commande et de correction de la conduite par les limitations et les régulations de la vitesse des véhicules par exemple (Ehrlich J. 2003) ;
- les projets LAVIA, EDR[9], UNOTECH[10] et ACTEURS[11] s'intéressent à l'évaluation des fonctions et systèmes du point de vue humain des conducteurs et du point de vue des gestionnaires des infrastructures et des constructeurs (Larive C. 2006).

I.1.3. Les champs de recherches relatifs à ce système

L'ensemble de ces améliorations exposées dans le paragraphe précédent sont issues des projets de recherche que nous allons évoquer dans cette partie.

ARCOS, démarré en octobre 2002 pour une durée de 3 ans, avait pour objectif de réduire de 30% le nombre de tués par accident de la route en étudiant les besoins en termes de dispositifs de sécurité actifs sur les véhicules routiers. Quatre champs principaux ont été analysés dans ce projet (Tricot N. 2005) :

- la gestion des distances entre les véhicules ;
- la prévention des collisions ou l'atténuation de leurs conséquences ;
- la prévention des sorties de voie ;

[7] LAVIA : Limiteur s'Adaptant à la Vitesse Autorisée
[8] DIVAS : Dialogue Infrastructure-Véhicules pour Améliorer la Sécurité routière
[9] EDR : Enregistreur de Données d'événements de la Route
[10] UNOTECH : Utilisation des NTIC (Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication) pour l'assistance à la conduite et la régulation de vitesse
[11] ACTEURS : Améliorer le Couplage Tunnels/Exploitants/Usagers pour Renforcer la Sécurité

- l'information pour alerter les véhicules en amont d'incidents ou accidents.

Les résultats (Martinez J. 2005) ont été importants et concernent des progrès technologiques dans la mise au point des systèmes de détection, de localisation et d'évaluation du risque. Les caractéristiques humaines ont été prises en compte pour concevoir des assistances au conducteur sans gêne de l'activité de conduite, sans générer d'effets pervers et compatibles avec le temps dont dispose le conducteur pour réagir (Mammar S. 2005). Néanmoins, les constructeurs automobiles restent prudents vis-à-vis de l'introduction d'une sécurité interactive. Les aspects de responsabilité et de partage des tâches entre l'homme et le véhicule subsistent toujours et c'est pour cela que des études méthodologiques prenant en considération l'ensemble des acteurs liés au conducteurs restent toujours d'actualité.

DO30, démarré en 2006 sur une durée de 3 ans, étudie actuellement la possibilité de détecter des obstacles à 30 mètres afin de réduire l'énergie du choc avant l'impact par l'actionnement du système de freinage et par le déclenchement optimisé de systèmes de protection. Le « capteur d'obstacles » a pour objectif de réaliser la fonction de détection d'un système automobile « pré-crash » qui permettra de :

- réduire l'énergie du choc avant l'impact par action sur le système de freinage ;
- diminuer les lésions éventuelles pour les occupants du véhicule ou les piétons par un déclenchement optimisé des systèmes de protection réversibles comme la pré-tension de la ceinture de sécurité ou irréversibles comme l'airbag.

Dans le prolongement d'ARCOS, le projet PREVENSOR (Mars F. 2008), démarré en 2005 pour une durée de 3 ans et non encore finalisé, repose sur l'élaboration d'une fonction de risque de sortie de voie basée sur un ensemble d'indicateurs de la conduite, spécifiés en fonction des modèles du conducteur et de la coopération homme-machine. La fonction de risque déterminera les conditions de déclenchement et les modes d'action des assistances à la conduite.

SAFEMAP, démarré en 2004 pour une durée de 3 ans, vise à valider l'efficacité économique et la faisabilité technique d'une carte numérique contenant des informations relatives à la sécurité dans le domaine routier, en termes de signalisation, de travaux, etc. Il s'avère que cette étude a permis d'étendre les informations contenues dans les systèmes de navigation en intégrant des données relatives à la sécurité routière telles que la vitesse règlementaire. Néanmoins la couverture géographique totale par les systèmes de navigation n'est pour le moment pas complètement réalisée.

Le projet LAVIA, démarré en 2001 pour une durée de 6 ans, est destiné à aider le conducteur à mieux respecter les vitesses réglementaires (Pianelli C. 2006). Il fonctionne grâce à une carte numérique dotée des vitesses règlementaires et d'un GPS. Une expérimentation réalisée dans le département des Yvelines sur une flotte de 22 véhicules a permis d'évaluer l'impact de son utilisation sur le respect de la vitesse, son utilisabilité, son acceptabilité, son utilité et son efficacité. Il en ressort la nécessité d'améliorer la pertinence de la signalisation, la construction de la base de données des limitations de vitesse en garantissant un niveau de qualité suffisant et enfin la prise en compte des limitations de vitesse temporaires en cas de travaux.

Les « Enregistreurs de Données des événements de la Route », ou EDR sont appelés également « Enregistreurs de données accidentogènes », les « événements de la route » étant les pré-accidents et accidents. Le projet EDR, démarré en 2004 pour une durée de 5 ans, tente actuellement de mieux connaître les mécanismes d'accidents, de localiser et d'améliorer les points « sensibles » de l'infrastructure routière, de valider l'utilité des EDR sur la connaissance des comportements des conducteurs, et enfin d'élaborer un cahier des charges national des EDR.

Le projet UNOTECH, démarré en 2006 pour une durée de 3 ans, étudie actuellement l'influence du régulateur de vitesse sur le comportement des conducteurs en situation normale de conduite ou face à des anomalies de fonctionnement. L'activité de conduite du conducteur est capturée par un système d'enregistrement complété par des entretiens directs après la conduite.

Le projet ACTEURS, démarré en 2003 pour une durée de 3 ans, vise à étudier le thème de la sécurité par une meilleure compréhension de l'interaction entre le comportement des usagers et les situations qu'ils rencontrent en tunnel. L'étude des comportements des usagers des tunnels et de leurs déterminants sert à nourrir une réflexion d'amélioration de la sécurité conduisant à la production d'idées, de règles et de principes de conception des tunnels et des systèmes techniques qui les équipent. Ces principes sont de nature à rendre le comportement des usagers et les hypothèses de conception plus compatibles (Thamm B. 2004). Trois séries d'études prévoient :

- un bilan de la prise en compte des usagers dans le processus de conception de la sécurité par les professionnels des tunnels ;
- un bilan des comportements et des connaissances des usagers en situation de traversée normale des tunnels ;
- un bilan des comportements adoptés par les usagers en situation de crise en tunnel.

Les premiers résultats ont permis de mettre en place une prévention pour les jeunes conducteurs en intégrant à l'épreuve générale théorique du permis de conduire des connaissances sur les risques et les comportements dans les tunnels, ainsi qu'une amélioration de la formation des chauffeurs de poids lourds sur les règles de conduite et de sécurité à adopter dans les tunnels.

DIVAS, démarré en mai 2007 pour une durée de 3 ans, a pour objectif d'apporter aux usagers de la route davantage de sécurité grâce aux possibilités qui sont offertes par les communications numériques en temps réel entre l'infrastructure et les véhicules. Il s'agit dans un premier temps d'actualiser l'usage des infrastructures afin de mieux cerner la problématique. Dans un second temps, les paramètres de l'infrastructure qui interviennent dans l'accidentalité vont être précisés de manière à développer un indicateur de risque qui permettra au final de mieux préparer l'usager aux situations de risque grâce aux informations détenues par le gestionnaire.

Enfin le projet SARI, démarré en 2005 et d'une durée de 4 ans, vise à mieux prévenir le conducteur des difficultés mal perceptibles et nous allons le présenter dans le paragraphe suivant. Ce paragraphe ne prétend pas présenter l'ensemble exhaustif des projets mais il décrit la plus grande partie du travail effectuée actuellement sur le thème de la sécurité routière.

I.2. Le programme de recherche SARI

I.2.1. Les objectifs et le contexte de SARI

SARI signifie « Surveillance Automatisée de l'état des Routes pour l'Information des conducteurs et des gestionnaires ». Ce projet vise à définir un système pour prévenir les conducteurs suffisamment tôt, attirer leur attention et les inciter à modifier leur conduite (Botrel K. 2005) (Gallenne M.L. 2005). L'efficacité du système sera jugée qualitativement sur le changement de comportement des conducteurs et quantitativement sur la modification de leur trajectoire. On évaluera, sur des durées pouvant dépasser la durée du projet, l'effet « d'habitude » sur les conducteurs, qui induit une diminution des effets bénéfiques constatée aux premiers messages délivrés.

Les recherches pour définir ce système nécessiteront de déterminer la trajectoire critique du véhicule en virage, de mesurer la ou les trajectoires en amont pouvant prétendre à cette trajectoire critique et d'estimer ces trajectoires critiques en amont selon les attributs de la chaussée. Cette démarche passera par l'amélioration et la validation des véhicules de diagnostic de risque d'accident sur un itinéraire. Leur efficacité sera évaluée d'abord en virage. L'évaluation sur d'autres objets

routiers (carrefours, ...) se fera grâce à des études d'accidentalité effectuées par des experts en sécurité routière.

SARI complétera et enrichira la signalisation actuelle en fournissant au conducteur un message mieux adapté aux difficultés auxquelles il doit faire face. Il s'adresse à l'ensemble ou à une partie des conducteurs sous la forme d'une logique d'assistance nouvelle en définissant les informations utiles au conducteur pour mieux apprécier les conditions dans lesquelles ce dernier va conduire, et lui faciliter le diagnostic des possibilités. Ce projet se situe donc aux frontières des aménagements routiers et des aides à la conduite.

De ce fait SARI devrait réduire significativement les accidents liés à des sorties de route ou à des pertes de contrôle de véhicule, en informant mieux les conducteurs et en leur donnant une meilleure lisibilité et une meilleure prévisibilité de l'état de la route, du trafic et des difficultés pouvant en résulter. Cette étude s'inscrit plus particulièrement dans la conception de systèmes de signalisation routière dynamique installée en bord de voie à destination du conducteur dans les situations potentiellement dangereuses.

SARI comprend 3 étapes. La première consiste à définir le contenu de l'information et les outils de détection visant à identifier les zones de mauvaise perception par les conducteurs. A partir d'éléments nécessaires au diagnostic, cette étape consiste à analyser l'effet de l'infrastructure et de caractériser ces éléments sur les zones détectées et à informer à bon escient les conducteurs pour qu'ils anticipent les difficultés. La deuxième étape consiste à démontrer la faisabilité du déploiement à grande échelle d'équipements routiers transmettant les informations. Enfin la troisième étape s'attachera à réaliser des expérimentations en vraie grandeur de tout ou partie des systèmes d'informations étudiés et d'en évaluer l'efficacité.

Les risques étudiés sont ceux liés à une rupture physique de l'itinéraire en rase campagne, comme par exemple un virage, mais également à une rupture visuelle ainsi que ceux liés aux conditions météorologiques dégradées. Une phase de recherche et de développement en amont va permettre, dans un premier temps, d'identifier et de quantifier les trajectoires limites, les pertes d'adhérences et le manque de visibilité des véhicules sur des virages classés selon une hiérarchie de la dangerosité qu'ils représentent. En effet, il arrive par exemple fréquemment que le conducteur empiète sur la voie en contresens afin de moins ralentir pour ne pas brusquer sa prise de virage. Pour cela, un nouvel outil vidéo doit être développé pour suppléer d'autres systèmes opérationnels. Il sera expérimenté sur un ou plusieurs sites sélectionnés en fonction de leurs caractéristiques. Dans un second temps, un ou plusieurs véhicules instrumentés parcourront ces trajectoires caractéristiques

afin d'établir un niveau de risque d'accident à partir de l'analyse des sollicitations dynamiques que ces véhicules auront subies.

Le risque ainsi évalué sera ensuite utilisé pour aider à définir une typologie de messages ou de signaux destinés à attirer l'attention du conducteur par un déclenchement en temps réel. Ces messages ou signaux seront ensuite incorporés dans des dispositifs de signalisation, qui seront testés sur un ou plusieurs sites d'expérimentations. Lorsque l'efficacité du système mis en place sera approuvée techniquement, une évaluation de son déploiement basée notamment sur les coûts d'investissement et d'exploitation sera effectuée. De même, le système permettant de diagnostiquer les routes sera extrapolé à d'autres sites et sera évalué par rapport aux outils actuels comme les messages fixes et à l'accidentalité avérée. Le programme ainsi défini doit alors fournir aux conducteurs des possibilités d'anticipation du risque en fonction de leur trajectoire. De plus, de nouveaux appareils plus performants pourront être utilisés pour évaluer, une partie plus ou moins grande du réseau routier national, selon l'état d'avancement à l'issue du projet.

I.2.2. Les progrès attendus

Les principaux progrès attendus de l'étude concernent la production de connaissances nouvelles, le développement de systèmes innovants et leur implantation réelle. Il s'agit d'une part, de déterminer une trajectoire critique sur une zone présentant une rupture, de mesurer et d'estimer des trajectoires « probablement » critiques, en amont de celle-ci afin d'élaborer une fonction de risque. Il s'agit d'autre part de déterminer une vitesse critique et d'élaborer une fonction de risque sur un itinéraire. Les systèmes innovants à développer sont :

- des systèmes de capteurs permettant d'identifier des attributs de chaussée influant sur la fonction de risque ;
- des systèmes de diagnostic permettant de quantifier et d'estimer la trajectoire d'un véhicule sur une zone ;
- un système de signalisation dynamique ou fixe destiné à modifier le comportement à messages variables destinés à attirer l'attention du conducteur avant que le risque ne le surprenne ;

Les systèmes pourraient constituer des outils efficaces pour l'aménagement et la conception de routes plus sûres, et améliorer les véhicules traceurs à grands rendements qui permettent de scruter le réseau routier et d'y attribuer un niveau de risque et de développer des capteurs.

En termes de valorisation, SARI vise à offrir la possibilité de déployer des systèmes de signalisation dynamiques, l'éventualité de dupliquer les véhicules traceurs améliorés, la possibilité de distribuer un logiciel de simulation de risque et la possibilité de rendre des spécifications pour la réalisation de nouveaux revêtements de chaussée plus proches des performances attendues.

SARI comprend trois thèmes techniques et un thème transversal d'évaluation de l'acceptabilité des outils développés dans les trois premiers thèmes. C'est dans ce thème transversal que se place notre contribution.

I.2.3. Les thèmes techniques de SARI

Trois types de systèmes vont être étudiés et développés séparément au cours de ce programme. Ces systèmes vont permettre de diffuser les catégories d'informations caractéristiques qui peuvent être transmises depuis l'infrastructure vers les conducteurs et les gestionnaires. Ces informations se rapportent à la route d'une part et aux usagers d'autre part. Celles liées à la route concernent des zones de fortes sollicitations sur le véhicule, des zones où la perception et l'interprétation de la route et de son environnement par le conducteur risquent d'être mauvaises, et des zones problématiques en raison des conditions météo dégradées. Les informations liées aux usagers rendent compte de la présence de véhicules dans les zones de faible visibilité ou de fortes contraintes physiques ou temporelles, et des difficultés de conduite vécues par d'autres usagers dans des zones particulières. Ces trois systèmes font l'objet de trois thèmes techniques du projet SARI qui se focalisent sur des natures de difficultés vis-à-vis du conducteur. Le premier thème IRCAD[12] s'intéresse aux conditions météorologiques telles que le vent et la pluie. Le deuxième thème RADARR[13] traite les trajectoires empruntées par les usagers afin d'identifier les risques de perte de contrôle du véhicule. Enfin le troisième thème VIZIR[14] s'intéresse plus particulièrement aux zones de mauvaise visibilité dans le cas de carrefours et de hauts de côte en ligne droite. Enfin le thème transversal appelé AJISE[15], faisant l'objet de cette présente thèse, traite des acceptabilités potentielles dans les domaines économique, juridique, individuel et social des solutions avancées par les autres thèmes.

[12] IRCAD : Informer des risques de Rupture de l'itinéraire en Conditions Atmosphériques Dégradées
[13] RADARR : Recherche des Attributs pour le Diagnostic Avancé des Ruptures de la Route
[14] VIZIR : Vision Intelligente de Zones et Itinéraires à Risque
[15] AJISE : Acceptabilité Juridique, individuelle, sociale et économique

I.2.3.1. Présentation du thème IRCAD

Une dégradation des conditions atmosphériques peut avoir des conséquences dramatiques sur la stabilité du véhicule et donc sur la sécurité des conducteurs (Do M.T. 2005). En effet, le contrôle d'un véhicule peut être rendu difficile, voire impossible lorsque la chaussée est glissante et/ou lorsque le véhicule est soumis à un fort vent latéral. Le risque de sortie de route est d'autant plus important que le conducteur est surpris par des sollicitations subies sur une route habituellement sans risque. IRCAD vise donc à informer les conducteurs de l'apparition des zones dangereuses sur leur itinéraire par temps pluvieux et venteux. La figure I.1 illustre le système de diagnostic et d'alerte dans IRCAD (Pacaux-Lemoine M.P. 2008).

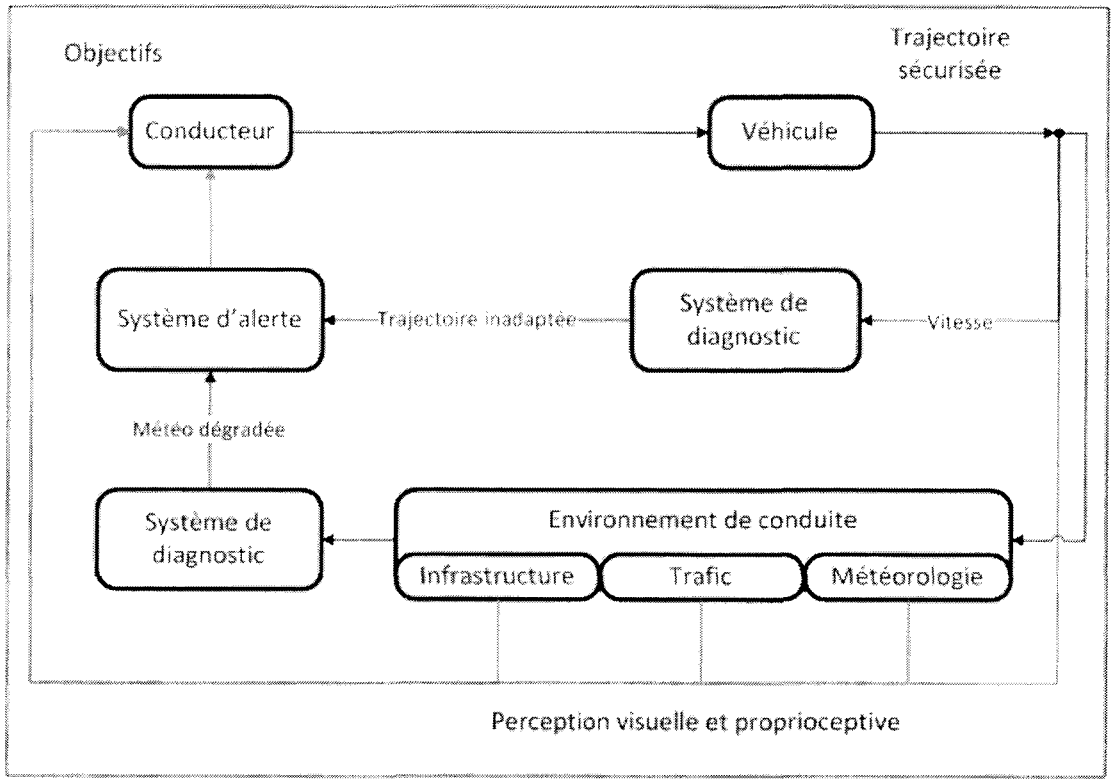

Figure I.1. Diagnostic et alerte dans IRCAD

L'ensemble de la chaîne d'évaluation composée de la météorologie et des caractéristiques de l'itinéraire engendrant une instabilité du véhicule donc des risques, doit aboutir au déclenchement d'alertes pour prévenir le conducteur. Les recherches menées dans ce thème proposent un système d'information et envisagent son déploiement. Les travaux ont permis d'établir des recommandations sur le type de système d'information ainsi que sur la méthodologie de déploiement qui comporte trois phases. La première consiste en une alerte générale déclenchée par un état critique ; (Aron M. 2006) il s'agit de transmettre à l'ensemble des usagers une information les avertissant que les conditions d'adhérence sont dégradées au moment présent, et plus précisément que la chaussée est

mouillée. Il convient en effet de faire la différence entre la pluie qui tombe sur le pare brise de la voiture et qui provoque une dégradation de la visibilité, et la pluie qui est présente sur la chaussée mais mal perçue par le conducteur (Guillevic P. 2006) : une étude a montré que le premier critère utilisé par un conducteur pour ralentir dans des conditions météorologiques dégradées est l'eau qui arrive sur le pare brise et non l'eau présente sur la chaussée. La deuxième phase est une alerte individuelle déclenchée par une vitesse d'approche excessive (Do M.T. 2006) ; des conditions d'adhérence dégradées associées à une fonction de risque, qui va prendre en compte dans la phase d'approche de la difficulté, le fait qu'un véhicule qui arrive, présente une vitesse inappropriée au contexte. L'alerte est non ciblée dans le sens où l'on ne s'adresse pas explicitement à un usager. La troisième phase est une alerte individuelle couplée éventuellement à un contrôle-sanction. Cette dernière phase nécessite une réflexion plus poussée mais il s'agit du même cas que précédemment avec en plus une technologie permettant d'identifier sans ambiguïté le véhicule.

Le thème IRCAD est testé sur deux sites expérimentaux (Kerdudo K. 2006). Le premier site expérimental se situe dans la partie amont d'une zone dangereuse, qui est correctement signalée. L'ajout de deux Panneaux à Messages Variables ou PMV va renforcer la signalisation existante. De ce fait, en mode dégradé, la situation n'est pas perturbée étant donné que le signal fixe est toujours là pour avertir du danger. Dans la généralisation et le déploiement, il n'est pas question de renforcer chaque signal fixe par un signal variable, mais ce PMV est là pour rappeler la signalisation existante, dans certains cas particuliers, comme l'exemple des rappels de vitesses préconisées par des PMV connus actuellement. Le premier PMV, portant la mention "Rappel", associé à une mesure locale de l'adhérence de la route, sera l'alerte générale. Cette alerte sera éteinte dès lors que les conditions d'adhérences seront meilleures. Le second PMV comportant une mention "ralentir" est une alerte individuelle non ciblée avec la prise en considération de la vitesse du véhicule.

Sur le second site expérimental d'IRCAD, le profil routier est plus étroit, le virage est plus dangereux, et comporte peu de dégagements latéraux. Il n'y a pas la possibilité d'appliquer le principe de séparation des PMV, un seul PMV indiquera 2 informations provenant de sources différentes. Donc un seul PMV sera implanté avec deux messages en alternance, d'une part, une alerte générale commandée par une fonction de mesure d'adhérence locale et d'autre part, un message lié comme dans le premier site à la mesure de la vitesse. Des plots lumineux seront également introduits dans le virage de manière à mieux guider le conducteur.

Le second thème technique de SARI suit le même profil qu'IRCAD mais dans un contexte différent que nous allons évoquer dans le paragraphe suivant.

I.2.3.2. Présentation du thème RADARR

Le thème RADARR s'intéresse aux problèmes de ruptures intrinsèques comme une perte de contrôle dans un virage, non liées à une dégradation des conditions atmosphériques. Il est étudié sur un site expérimental (Goyat Y. 2006). La problématique dans ce site est fondamentalement différente de celle d'IRCAD : il existe actuellement un guide de la signalisation qui propose une gradation dans la signalisation des virages, et le virage du site étudié n'est pas en conformité avec ce guide. Dans une première phase il s'agit de mettre le virage en conformité avec la signalisation afin d'évaluer le comportement de l'usager. Dans un second temps, il est envisagé d'installer une alerte individuelle non ciblée basée sur la même méthode qu'IRCAD. La fonction de risque envisagée ici est basée principalement sur la mesure de vitesse et éventuellement sur l'écart latéral en amont du virage (Yahiaoui G. 2005). Elle ne varie pas dans le temps puisque la structure géographique du virage reste toujours identique et le média utilisé sera différent d'IRCAD. Lors de la mise en conformité il faudra ajouter un panneau qui indique un virage dangereux. Sur l'alerte individuelle non ciblée vers une personne ou un véhicule particulier, on utilise une fonction de risque en amont basée sur une détection de vitesse. La mise en place de flashs dans la ligne droite actuellement sans spécifications particulières vis à vis du type de clignotement, pourra compenser la perte de visibilité de la route. La figure I.2. illustre le système de diagnostic et d'alerte dans ce thème.

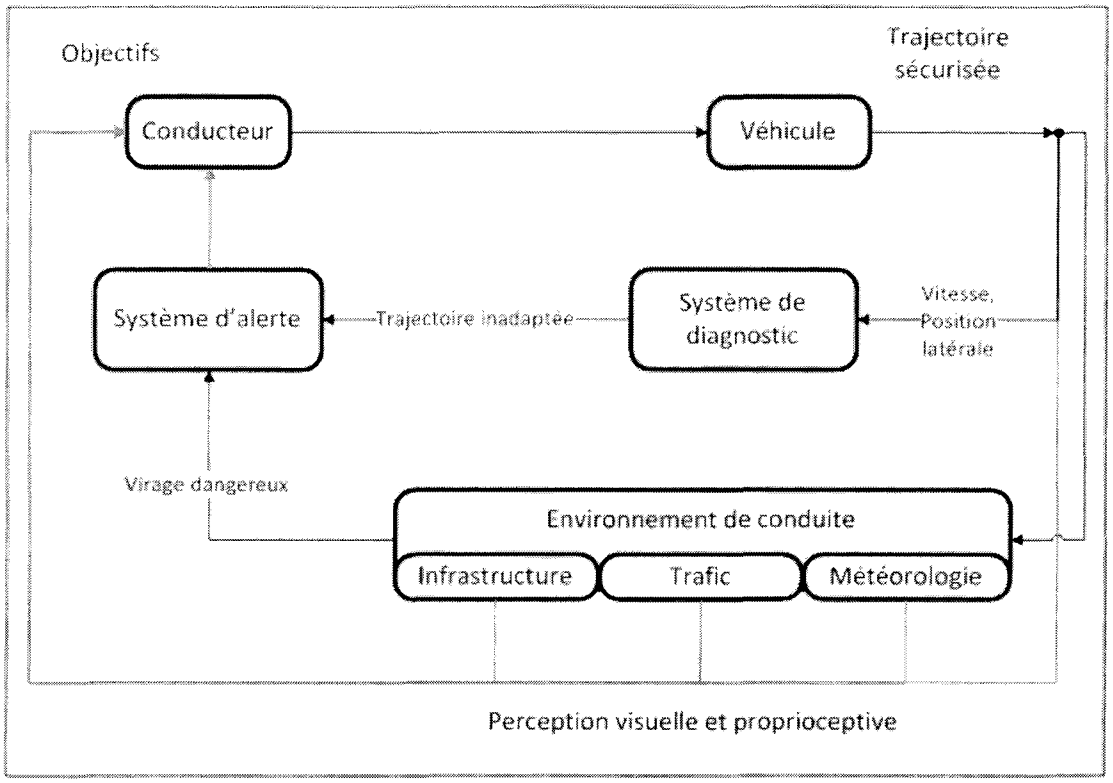

Figure I.2. Diagnostic et alerte dans RADARR

I.2.3.3. Présentation du thème VIZIR

Le thème VIZIR s'intéresse aux problèmes de lisibilité et de visibilité des conducteurs (Bremond R. 2007) sur les situations de carrefours et de hauts de côtes. Concernant les carrefours, deux sites ont été ciblés : un carrefour en croix dont la visibilité est difficile et un haut de côte en ligne droite. Il est envisagé d'installer un PMV sur la voie principale en amont du carrefour qui présente un message fixe et un message dynamique réglementaire.

Dans le thème VIZIR, des mesures de vitesses sont mises en place pour l'évaluation des conducteurs aux abords des sites, d'abord sans le dispositif. Il faudra ensuite définir l'analyse du trafic, l'analyse de la décélération effective du conducteur aux abords de l'intersection due au message affiché. Les figures I.3. et I.4. illustrent le système de diagnostic et d'alerte dans VIZIR.

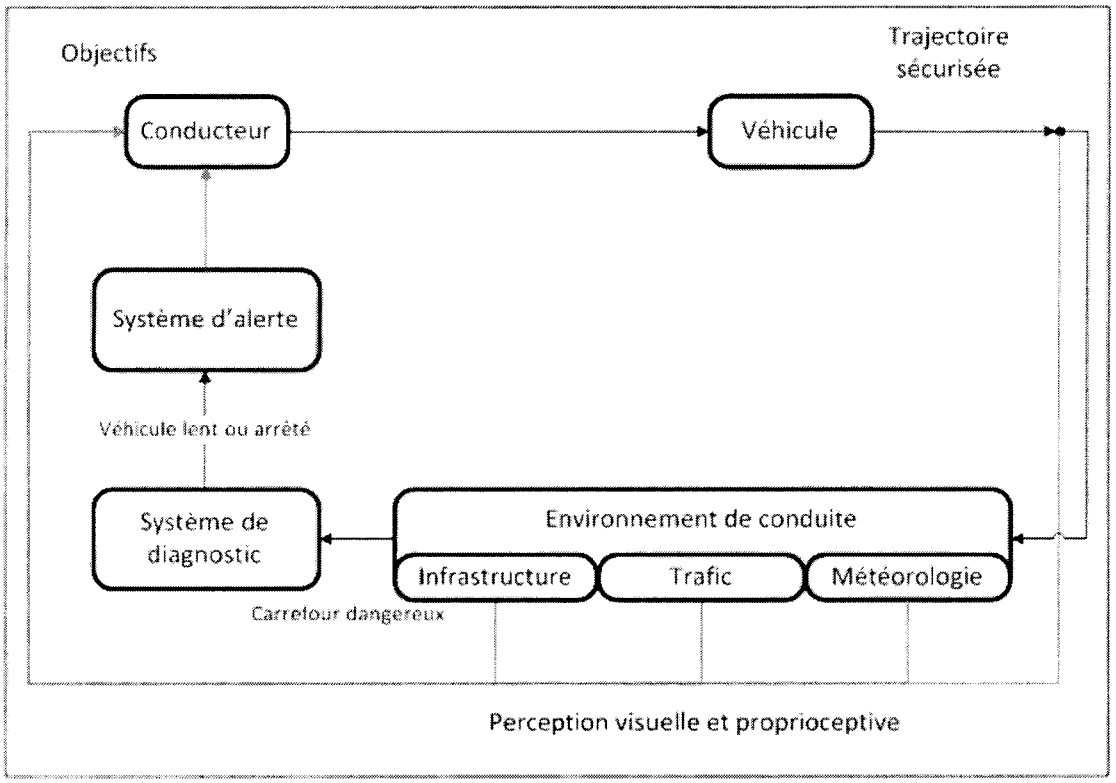

Figure I.3. Diagnostic et alerte dans VIZIR Carrefour

La fonction attendue du système d'information est d'informer un usager arrivant sur la voie principale, en approche d'une intersection en situation de manque de visibilité, de la présence d'un usager sur la voie secondaire, et qui attend de franchir le carrefour ou de faire une manœuvre. La proposition de la signalisation dynamique à mettre en place est représentée par un PMV sur la voie principale. L'action attendue de la part du conducteur est qu'il adapte sa vitesse aux abords du carrefour suite au message que lui présente le PMV précédant l'intersection. Le système d'information est constitué d'un seul PMV avec un message alphanumérique et positionné sur la voie

principale en amont du carrefour. L'affichage du PMV est commandé par le système de diagnostic vidéo (Sayd P. 2007). Le message peut comporter une partie fixe indiquant au conducteur qu'il arrive aux abords d'une intersection, et une partie qui s'affiche dynamiquement afin de préciser à l'automobiliste qu'il y a un danger potentiel au niveau de ce carrefour en raison par exemple d'un véhicule arrivant de la voie secondaire et qui peut à tout moment s'engager. Ce message ne variera pas en fonction des situations détectées par le système d'analyse mais consistera en un message unique à destination des usagers de la voie principale quelle que soit la situation rencontrée.

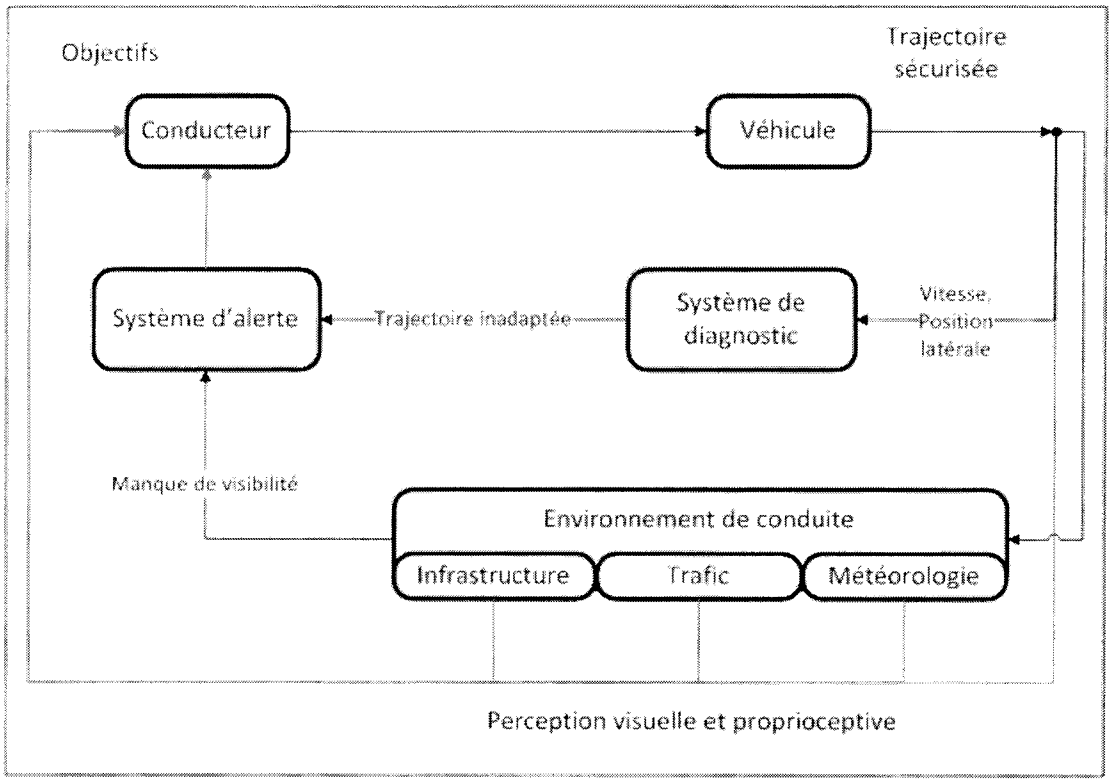

Figure I.4. Diagnostic et alerte dans VIZIR Haut de côte

Il est important de noter que le message a une nature fugace : il porte sur la situation présente telle que l'observe l'outil de diagnostic vidéo et non sur la situation qu'observera le conducteur lorsque le carrefour sera visible. Si l'évolution de la situation est lente dans le carrefour ou si la vitesse de déplacement du véhicule arrivant sur le carrefour est suffisamment rapide l'information restera valide. En revanche, il existe un risque que les usagers roulant à allure plus lente, reçoivent une information qui ne sera plus valide à leur arrivée dans l'intersection. Le système va néanmoins dans le sens de la sécurité.

Le dispositif sera implanté sur la voie principale. En effet l'implanter sur la voie secondaire reviendrait à mettre en place un système d'assistance à la conduite qui pourrait être mal interprété et s'avérer dangereux. Sur la voie principale, il s'agit de renforcer l'attention du conducteur en

fonction de la situation présente dans le carrefour afin que ses interprétations ne soient plus dangereuses. La signalisation mise en place ne doit pas être trop détaillée, elle doit juste lui permettre d'être vigilant.

Les aménagements prévus sur les sommets de côtes, qui ont également été testés en simulateur, sont implantés à 150 mètres de chaque coté du sommet de la côte (Brémont R. 2008) et sont représentés de la manière suivante :

- la ligne médiane continue permet au conducteur de se référencer latéralement sur la chaussée et par rapport aux autres véhicules en termes de vitesse et de position ;
- les délinéateurs sont des balises permettant de marquer la limite de la chaussée et indiquent une longue section continue dans un virage ou une ligne droite ;
- les bandes d'alerte sonores, sous la forme de petits trous le long de la chaussée à droite ou à gauche, permettent d'obtenir une attention plus soutenue du conducteur lors de la traversée d'une voie ;
- les accotements revêtus, réservés principalement pour les piétons, sont utilisés pour augmenter la stabilité des accotements ainsi que la sécurité.

I.2.3.4. Synthèse des trois thèmes techniques

Le tableau I.5. rassemble des éléments relatifs à chaque thème technique. Ces thèmes techniques seront ensuite évalués par le biais du dernier thème transversal AJISE de SARI.

	IRCAD	RADARR	VIZIR
Objectif	Système d'information alertant d'un risque lié à une dégradation brutale de l'adhérence du fait de la pluie et qui peut être aggravée par le vent	Système d'information alertant d'un risque de perte de contrôle du véhicule	Système d'information alertant d'un risque de mauvaise visibilité de la chaussée
Système	Plots lumineux et signaux d'alertes dynamiques généraux et individuels tenant compte de l'adhérence de la chaussée et de la vitesse du véhicule	Signaux d'alertes dynamiques individuels tenant compte de l'écart latéral et de la vitesse du véhicule	Signaux d'alertes dynamiques et fixes tenant compte de la vitesse du véhicule et de l'environnement sur les axes secondaires

Tableau I.5. Synthèse des solutions déployées par les thèmes techniques

I.2.4. Le thème transversal AJISE

Le dernier thème AJISE intitulé « Acceptabilité Juridique, Individuelle, Sociale et Economique » vise à étudier les facteurs par lesquels les solutions SARI peuvent être jugées et acceptées (Botrel K. 2005) :

- par les conducteurs par le biais des acceptabilités individuelle et sociale ;
- par les gestionnaires publics par l'étude de l'acceptabilité économique ;
- et par le système juridique représenté par les assurances concernant l'acceptabilité juridique.

Le dernier thème AJISE fait l'objet du présent mémoire de thèse. Il a un double objectif. Le premier objectif est de traiter des aspects généraux de prise en compte et d'acceptabilité par l'usager d'une information implantée en bord de voie. Pour ce faire, on s'intéressera à l'étude de l'acceptabilité de l'usager déclinée sous deux aspects :

- L'acceptabilité individuelle doit permettre de savoir comment les messages fournis par l'infrastructure sont perçus aux sens ergonomiques de la perception et de l'assimilation du signal selon sa lisibilité, sa pertinence, sa compréhension, son positionnement adéquat en distance et en temps par rapport au danger à signaler etc.
- L'acceptabilité sociale s'intéresse aux effets du type d'information délivrée par le dispositif et à l'optimisation de l'insertion de celui-ci dans l'environnement psychosociologique de la conduite automobile.

Le second objectif est d'étudier les conditions de déploiement par des gestionnaires publics, notamment les changements dans les rôles et les partages de responsabilités, les questions économiques relatives à la solvabilité du marché et les partenariats publics-privés à établir. Cette étude s'attachera à l'acceptabilité par les instances, en étudiant l'acceptabilité juridique qui répondra à diverses questions telles que la façon dont les messages s'intègrent dans ces pratiques ou conduisent à amender la législation.

Nous allons dans la suite de ce paragraphe évoquer les différentes acceptabilités qui seront ensuite détaillées dans les chapitres III et IV.

I.2.4.1. L'acceptabilité juridique

Les transferts de compétence de l'Etat vers les collectivités territoriales s'accompagnent de transferts de nouvelles responsabilités vis-à-vis des risques liés à l'innovation technologique. Aussi, ces gestionnaires d'infrastructures s'interrogent à la fois sur les risques qu'ils encourent mais également sur l'impact de ce qu'ils pourraient encourir de surcroît, en raison de l'innovation technologique. Le problème principal concerne le partage des responsabilités en cas d'accident impliquant un dispositif innovant (Michel G. 2008).

Ces risques sont relatifs aux pratiques juridiques et concernent les assurances et le code de la route. A ce niveau trois questions se posent : les messages s'intègrent-ils dans ces pratiques ou conduisent-ils à amender la législation ? La fourniture des messages SARI au conducteur engage-t-elle la responsabilité juridique pénale des gestionnaires en cas d'accident résultant de la signalisation ou de son absence ? Se rapproche-t-elle du sentiment de responsabilité des individus ?

SARI vise à mettre au point et à déployer des systèmes innovants. D'un point de vue juridique, deux orientations peuvent se présenter. Il peut s'agir d'une part, d'étudier un cas accidentogène ou d'autre part, de faire évoluer les règles juridiques actuellement en vigueur conformément à l'innovation. Dans le premier cas et à un instant donné, un problème va devoir être traité par les règles juridiques. Dans ce cas, le conducteur, *a priori* responsable, peut éventuellement remettre en cause autrui afin que sa défense puisse l'aider à s'affranchir de ses responsabilités mais le cas devra finalement être tranché en faveur ou en défaveur du conducteur. Le but est de transposer les thèmes techniques du projet, et plus particulièrement d'identifier les incidents possibles sur les dispositifs technologiques, en une situation juridique. Cette situation pourra permettre de simuler le comportement des règles juridiques à une appréciation personnelle près, en fonction des règles connues. En effet, un même cas jugé par plusieurs tribunaux n'aura pas forcément la même issue. Il faudra identifier les incidents les plus généraux et les plus riches. La complexité de la situation et la priorité relative que l'on va donner aux règles de droit vont engendrer plusieurs interprétations et l'ambiguïté devra être levée avant l'énoncé du jugement.

De manière opérationnelle, l'acceptabilité juridique se compose d'un « avant l'innovation » et d'un « après l'innovation ». Les règles qui s'appliquent avant l'innovation devront de la même manière s'appliquer après l'innovation ou sinon les textes de loi devront évoluer. La question est de savoir si le fait de faire intervenir de nouveaux intervenants ne va pas biaiser l'enjeu global par l'application brutale de ces règles de droit. Pour corriger ce problème on peut éventuellement et à long terme, modifier les textes de loi. Mais l'introduction de dispositifs innovants ne doit pas rompre l'équilibre qui existe entre « avant l'innovation » et « après l'innovation ». En effet, le nouvel arrivant

qui propose une innovation ne doit pas être entièrement responsable sous prétexte qu'il y a de l'innovation.

On satisfait les critères d'acceptabilité juridique dès lors que l'équilibre est parfaitement respecté en termes de partage de responsabilités et en termes de qualité de dédommagement des victimes. Le lien distant entre la théorie et la pratique du droit nécessite l'application d'une méthodologie particulière dans SARI qui s'appuie sur des études de cas. A partir des intentions des projets scientifiques, les différentes situations de défaillance vont créer des situations types qui seront reformulées en termes juridiques. Ces situations seront ensuite soumises aux thèmes techniques pour être validées. Le processus juridique pourra être traité à ce moment.

I.2.4.2. L'acceptabilité individuelle

L'acceptabilité individuelle (Anceaux F. 2006) est influencée par les attitudes de l'individu et plus particulièrement par deux critères : l'utilité perçue du comportement et la facilité perçue d'utilisation. Le premier critère est un élément important dans la constitution de la confiance que le conducteur accorde à l'information qui lui est transmise, et la facilité d'usage du message va dépendre de sa qualité déclinée sous deux angles :

- la pertinence du message du point de vue de l'ergonomie cognitive ;
- la présentation du message du point de vue de l'ergonomie physique.

I.2.4.3. L'acceptabilité sociale

L'acceptabilité sociale (Somat A. 2006) d'un objet correspond à la valeur que l'individu accorde à cet objet en fonction du rapport qu'il entretient avec lui. Ce rapport est contraint ou librement choisi. Il s'agit d'un objet que l'individu a librement choisi d'acquérir et d'utiliser ou d'un objet qui ne lui appartient pas. Le rapport n'est pas de même nature dans l'un ou l'autre cas, et la valeur que l'individu lui attribue ne résulte pas tout à fait des mêmes processus psychologiques. Dans le contexte des systèmes d'information à l'attention de l'usager, on appelle « acceptabilité sociale » les attentes et les réactions des conducteurs vis-à-vis de l'assistance à la conduite sécurisée. L'étude de l'acceptabilité sociale se situe dans une démarche « logistique » dans le sens où il s'agit de préparer et d'appuyer l'insertion des fonctions dans l'environnement psycho-sociologique de la conduite automobile.

I.2.4.4. L'acceptabilité économique

L'acceptabilité économique (Deregnaucourt J. 2007) vise globalement à constater la pertinence des « flux financiers » nécessaires ou consécutifs au déploiement à grande échelle des solutions expérimentées dans les différents thèmes SARI, du point de vue des différentes catégories d'acteurs susceptibles d'être concernés, notamment les collectivités locales, les gestionnaires d'infrastructures, les corps de régulation (police, gendarmerie), les opérateurs de transports collectifs, les fabricants d'équipements, les sociétés d'assurance, les pouvoirs publics et le cas échéant les conducteurs individuels.

La première question qui se pose est l'identification exhaustive de l'ensemble des flux financiers caractéristiques de la « solution » en cours d'expérimentation. La situation « de référence » avant la mise en œuvre de l'expérimentation doit être caractérisée du point de vue économique. Les flux financiers appartiennent à trois catégories distinctes :

- les flux directs de type « investissement », principalement caractérisés par trois paramètres : montant, durée de vie, mode de financement ;
- les flux directs de type « exploitation et maintenance », principalement caractérisés par trois paramètres : montant annuel, relations de dépendance, ressources et emplois ;
- et les flux indirects de type « externalités » comme par exemple les dépenses collectives de santé « évitées » par la mise en œuvre du dispositif.

De manière générale, l'identification puis l'agrégation des flux des deux premières catégories permet de bâtir le « modèle économique » caractéristique de la « solution » en cours d'expérimentation. Un tel modèle comporte un « scénario » temporel, qui repose sur une hypothèse de déploiement à grande échelle de la solution. Ce scénario se traduit en particulier par des évolutions à la hausse ou à la baisse des flux financiers constatés dans le cadre expérimental ; l'exemple le plus simple est celui de la fabrication en « grande série » d'un équipement, qui entraîne une diminution de son coût de production, phénomène modélisé par la courbe dite « d'apprentissage ».

L'identification des externalités positives permet d'apprécier la « rentabilité » économique de la solution déployée, au sens d'un « taux de rentabilité interne » pour la collectivité nationale par exemple. La complexité de la démarche et les risques d'erreur ne doivent pas faire renoncer : il est toujours utile de caractériser les externalités, sous réserve de préciser clairement les hypothèses de

travail, les limites du raisonnement, les sources d'erreur, la marge d'incertitude, les compléments d'étude qui seraient utiles pour améliorer l'évaluation. De manière classique, la prise en compte des externalités peut notamment se faire grâce à un « signal économique » d'encouragement comme par exemple une prime ou dissuasif comme par exemple une pénalité. Un exemple aujourd'hui classique dans le domaine de la sécurité routière est celui du « bonus » systématique accordé par certaines compagnies d'assurance aux conducteurs de sexe féminin, statistiquement moins « accidentogènes » que les hommes.

I.3. Le cadre de la présente thèse

L'étude présentée dans ce mémoire résulte de la constatation lors des projets antérieurs comme ARCOS, du besoin d'une réflexion cohérente globale concernant l'évaluation de l'impact des solutions techniques. En effet, celles-ci ne présentent pas de résultats globaux aux élus qui doivent trancher en faveur d'une solution technique à un problème et qui ne disposent pas d'une grille de lecture présentant tous les points de vues rassemblés au même niveau.

Dans notre cas, SARI vise à présenter au conducteur des informations sur les difficultés de la route liées à de fortes sollicitations du véhicule, à une mauvaise perception, à des conditions météorologiques dégradées ou à des difficultés vécues par d'autres usagers. Un des objectifs du thème AJISE est d'étudier l'efficacité de ces systèmes d'information selon les points de vue, appelés acceptabilités juridique, économique, individuelle et sociale de l'usager de la route, et cette étude s'inscrit dans ce dernier thème.

Il est clair qu'il n'existe pas d'équivalence directe entre ces différentes acceptabilités. En effet, ce qui est acceptable selon un point de vue ne l'est pas de la même manière selon un autre ou n'a peut être rien à voir avec cet autre point de vue. Indépendamment les unes des autres, chaque acceptabilité va juger le même dispositif. Et ce support permet de baser une étude relative à la fusion de ces acceptabilités. Notre contribution à SARI vise alors à concevoir une méthode de jugement destinée à évaluer de tels systèmes en prenant en considération plusieurs points de vue au même niveau. Il n'est donc pas possible de séparer les différents jugements. Dès lors, il apparaît nécessaire de structurer cette communauté d'acceptabilités à travers une méthodologie qui puisse tenter d'appréhender les aspects pluridisciplinaires. Le statut de la décision dans cette étude relève exclusivement de l'expression du problème posé. Il ne s'agit pas de trouver une solution optimale ni de classer ces solutions. Seul l'élu devra choisir entre elles et la construction de la grille de lecture doit l'amener à prendre en considération l'ensemble des points de vue pour effectuer son choix. Afin

de l'aider dans ce choix, il faut de ce fait tenter de réunir au même niveau les différents points de vue en rassemblant à la fois les aspects humains, juridiques et économiques. Indépendamment les uns des autres, ces points de vue vont juger la même chose selon des critères *a priori* indépendants. Or il faut pourtant les réunir afin d'obtenir une vision globale suffisamment claire et synthétique. Il s'agit en d'autres termes, pour l'élu, de choisir selon plusieurs critères à la fois sur une solution à déployer. Nous allons nous focaliser sur la Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision ou MMAD qui est suffisamment riche par les concepts et les méthodes qui la fondent (Roy B. 1985). De plus cette étude a pour objectif de mener une réflexion relativement au choix d'une méthodologie. Nous pourrons de ce fait traiter le problème de la fusion de ces acceptabilités à partir de cette méthodologie. Bien que la MMAD vise un objectif global de formulation, la capitalisation spécifique à chacune des acceptabilités est envisagée. Ce travail pourra ainsi probablement fournir un regard différent sur ses propres pratiques au sein de chaque acceptabilité. Les connaissances utilisées dans les domaines liés au conducteur ne sont pas du même ordre que celles liées aux aspects juridiques ni même économiques. Il faut pourtant tenter de connaître les éléments caractéristiques utilisés dans chacun des domaines de manière à pouvoir les manipuler afin d'établir l'approbation d'une grille commune.

La première phase de notre travail considérera chaque acceptabilité indépendamment des autres et la seconde phase globalisera les idées en une grille ou un modèle global prenant en considération toutes les acceptabilités au même instant. De ce fait, l'indépendance entre chaque acceptabilité est garantie dans un premier temps.

Dans le contexte applicatif de la conduite automobile, la réflexion devra amener une avancée concernant la signalisation. Dans le contexte de l'aide multicritère à la décision, l'étude doit permettre une contribution à l'analyse multicritère par l'ampleur du sujet, tant par les points de vues pris en considération, que par l'étendue du contexte applicatif de la signalisation routière en bas coté. Enfin, dans le contexte des processus centrés sur l'homme, l'étude s'inscrit comme un complément renforçant les approches purement interactives.

Nous sommes donc dans l'optique d'établir un consensus vis-à-vis de domaines totalement différents de par leur manière de procéder dans leur analyse et leur fonctionnement mais également de par les facteurs qu'ils manipulent qu'ils soient verbaux, numériques, objectifs ou subjectifs. Nous devons de ce fait acquérir dans chaque domaine, les méthodes employées par les experts avant de les interroger, afin d'adopter les notions abordées. Un travail d'extraction de connaissances expertes sera alors utile pour l'élaboration des modèles propres à chaque acceptabilité.

Conclusion

Plusieurs programmes de recherche français tentent de réduire l'insécurité routière par une approche globale mettant en interaction à la fois le conducteur, le véhicule et l'infrastructure. Ces projets ont apporté des acquis et le projet SARI veut fournir une meilleure prévisibilité de l'état des routes afin de permettre au conducteur de mieux prévoir les carrefours et les virages dangereux lorsque la situation météorologique n'est pas idéale sur ces routes de rase campagne. Trois thèmes techniques tentent de répondre à l'offre de SARI vis-à-vis des ruptures physiques différentes. Un quatrième thème AJISE va tenter de faire le point sur ces différents projets en prenant en considération plusieurs points de vue qui, a priori, ne peuvent se mêler puisqu'ils ne fonctionnent pas de la même manière. Notre but est alors d'établir une grille de lecture permettant d'évaluer ces thèmes techniques facilitant au décideur le choix d'une décision concernant la solution qu'il va adopter. Ce type de projet, s'appuyant habituellement sur plusieurs acceptabilités dissociées, doit tenter ici de n'en faire qu'un seul point de vue. Nous allons de cette manière structurer le cheminement pour atteindre ce point de vue global par l'utilisation de la méthodologie MMAD traitant des problèmes relatifs à des aspects multicritères. Il faudra également savoir comment s'approprier les informations nécessaires à l'établissement de valeurs représentatives de ces acceptabilités afin de pouvoir justifier les concepts utilisés. Nous avons évoqué dans ce chapitre l'intérêt d'un avis commun relativement à plusieurs critères inclus dans l'étude ainsi que l'importance des connaissances manipulées dans chacun de ces points de vue. Nous allons de ce fait approfondir dans le second chapitre deux points indispensables à cette étude. Dans un premier temps nous nous focaliserons sur les méthodes permettant d'obtenir l'ensemble des connaissances qu'utilisent les experts des différentes disciplines puis, dans un second temps, nous exposerons comment poser puis résoudre un problème reposant sur plusieurs critères.

Chapitre II. Vers des modèles d'acceptabilité d'une signalisation dynamique : méthodes d'extraction des connaissances et d'aide à la décision

Introduction

Après avoir présenté dans le premier chapitre le contexte et les objectifs de cette étude, nous allons évoquer dans celui-ci les outils et supports méthodologiques qui nous permettront d'étayer notre raisonnement.

En premier lieu, l'outil indispensable dans la tâche nous permettant d'organiser l'étude est l'acquisition des connaissances dans les différents domaines du projet. Nous allons de ce fait évoquer les principales méthodes et principes permettant la mise en place de cette démarche et nous évoquerons également la manière dont sont organisées les connaissances au sein des différents domaines évoqués.

En second lieu nous aborderons le support méthodologique pour traiter le problème multicritère afin de mieux comprendre l'ensemble de la démarche. Il va nous permettre de cadrer le contexte de l'étude et nous aidera à dresser un champ de questions pour préciser le raisonnement, à partir de ce qu'étudient les experts des différents domaines applicatifs, ainsi qu'au moment de la synthèse des données obtenues.

II.1. Extraction des connaissances expertes

Le cogniticien encore appelé ingénieur de la connaissance doit aller chercher l'ensemble des connaissances de plusieurs experts dans différents domaines. Or ces experts se basent sur des raisonnements spécifiques selon leur spécialité. Ces connaissances ne sont donc pas structurées de la même manière. De ce fait, l'extraction de ces connaissances ne peut pas se formaliser de façon identique.

Nous allons dans une première partie évoquer les différentes méthodes d'acquisition des connaissances expertes et dans une seconde partie nous introduirons comment peuvent être organisées les connaissances selon les domaines afin de mieux nous les approprier.

II.1.1. Les différentes méthodes permettant l'acquisition des connaissances

Deux grandes catégories de méthodes, issues principalement de travaux en psychologie et en informatique (Olson J.R. 1987) (Benkirane M. 1991), permettent d'acquérir des connaissances :

- les méthodes directes où le cogniticien procède au recueil direct ou verbal par un entretien face à l'expert ;
- les méthodes indirectes où le cogniticien rassemble les connaissances de manière implicite par le biais d'arbres ou de grilles de classification par exemple.

Avant de décrire ces méthodes, nous allons préciser l'ensemble des acteurs mis en jeu ainsi que leur rôle au sein de cette démarche.

II.1.1.1. Les acteurs en jeu dans l'extraction des connaissances et leur rôle

Dans ce processus, deux acteurs majeurs interagissent : l'expert et le cogniticien. L'expert évoquant la connaissance sera, dans le cadre de notre projet, alternativement un psycho-cogniticien, un psycho-sociologue, un économiste et un juriste qui apporteront les expertises respectives aux acceptabilités individuelle, sociale, économique et juridique du projet AJISE. En face, le cogniticien, interagit avec chaque expert afin de recueillir les informations dans le but de pouvoir les ré-exploiter. Dans la première partie de l'étude consacrée à chaque acceptabilité, le cogniticien serait l'homme d'étude et l'expert serait le décideur. Mais dans l'optique de l'inter-acceptabilité l'homme d'étude deviendrait l'expert puisqu'il occuperait une position centrale dans cette étude. Une des principales difficultés du cogniticien est relative aux mauvaises interprétations ou représentations des

connaissances (Duribreux-Coquebert M. 1995). En effet, celui-ci est influencé par ses propres expériences et ses propres formalismes représentant ses connaissances.

Afin de remédier à ces problèmes d'interprétations, et dans le but de réduire le décalage possible entre le vocabulaire de l'expert et celui du cogniticien (Gaines B. 1993), l'acquisition devra être structurée.

II.1.1.2. Les méthodes directes

Quatre grandes méthodes d'extraction des connaissances sont relatives au recueil direct de l'expert.

La première est l'entretien qui permet, grâce à un questionnement direct au cours d'une conversation, de connaître comment sont organisées les idées dans la tête de l'expert ainsi que leurs relations. Plusieurs techniques peuvent ensuite être utilisées afin de consolider le recueil (Gallouin J.F. 1988). Il est possible d'utiliser des techniques de reformulation permettant d'exprimer de manière différente les recueils de l'expert dans le but d'obtenir son accord. Il est également possible de recourir à des techniques de synthèses (Mahé H. 1987) permettant de formuler de manière détaillée ce qui a été l'objet du propos avec l'expert. Enfin, il peut être envisagé d'utiliser des techniques d'incompréhension et de contradiction de la part du cogniticien de manière à faire réagir l'expert.

La seconde méthode comprend les questionnaires (Mucchielli R. 1971) qui permettent à l'expert de remplir des formulaires préparés par le cogniticien de manière à obtenir les informations recherchées. Les questions utilisées dans ces questionnaires peuvent être fermées, ouvertes ou semi ouvertes qui permettent respectivement de choisir une ou plusieurs alternatives, ou de s'exprimer à propos d'un sujet, ou encore de délimiter une gamme de réponses en permettant à l'expert de s'exprimer. Ce type de technique nécessite une bonne connaissance de la discipline de par la construction des questions puisque celles-ci ne sont pas interactives.

La troisième méthode est l'analyse de protocoles (Johnson P.E. 1987) qui permet en observant l'expert dans sa tâche de pouvoir trouver les éléments nécessaires au recueil de connaissances.

Enfin la quatrième méthode est le tri conceptuel (Gammack J.G. 1984) qui permet à l'expert de renforcer l'analyse de protocoles qui va effectuer des comparaisons et des regroupements

concernant des points communs relatifs aux concepts de l'expert. De cette manière il est possible de classifier les connaissances considérées.

Les méthodes directes sont très largement utilisées mais des méthodes indirectes sont parfois nécessaires car elles permettent de consolider le recueil.

II.1.1.3. Les méthodes indirectes

Il est possible de relever environ quatre grandes catégories de méthodes indirectes d'acquisition des connaissances.

La première est l'évaluation multidimensionnelle, (Olson J.R. 1987) relative à la ressemblance plus ou moins grande des objets considérés par l'étude. L'expert définit cette ressemblance afin que le cogniticien puisse ensuite faire ressortir des éléments de proximités ou plus isolés.

La deuxième méthode concerne les réseaux valués (Olson J.R. 1987) se basant également sur le même principe mais les différents éléments établissent des réseaux associatifs de manière à déterminer les concepts dominants.

La troisième est relative aux arbres ordonnés ou aux grilles de classification (Boose J.H. 1985) qui permettent de faire ressortir l'organisation des éléments entre eux en demandant à l'expert d'établir leurs liens ou leur classe d'appartenance.

Enfin les méthodes d'induction (Hart A. 1988) permettent de générer des règles à partir de cas et de savoir si l'expert adhère ou pas à la règle ainsi qu'au résultat de l'application de la règle.

De manière générale, les méthodes directes d'extraction des connaissances sont davantage utilisées pour des raisons pratiques. Elles ont l'avantage d'être rapidement opérationnelles du point de vue du cogniticien. En revanche les méthodes indirectes nécessitent davantage de préparation et une connaissance du domaine non négligeable. Néanmoins elles peuvent être utilisées à la suite de méthodes directes de manière à susciter l'irréalité ou l'idéalité de la situation en élargissant le champ de situations. Le questionnement direct sur l'irréalité de la situation ou dans le cadre d'une situation idéale sans perturbation permet de poser des questions qui n'ont *a priori* aucune validité en soi mais qui permettent d'élargir la réflexion de l'expert et qui pourrait aboutir à une remise en question d'autres alternatives ou d'autres manières d'aboutir à un résultat.

II.1.2. La nature des expertises et des modèles utilisés par les experts

Les connaissances au sein d'un domaine d'expertise ne s'organisent et ne se forment pas toujours de la même manière. Les experts dans chaque domaine utilisent des méthodes différentes pour construire leur base de connaissances et le cogniticien doit s'approprier ces techniques afin de mieux appréhender le domaine expertisé (Willig C. 2008). Nous allons évoquer trois cas différents illustrant cette nature des expertises.

II.1.2.1. Les méthodes hypothético-déductives

Les méthodes hypothético-déductives (Koulaidis V. 1999) sont des méthodes scientifiques qui consistent à formuler une hypothèse afin d'en déduire des conséquences observables futures permettant d'en déterminer la validité. Elles se situent à la base de la démarche expérimentale et la vérification de cette hypothèse renvoie à la notion du raisonnement par induction. Cette méthode est surtout utilisée dans les sciences cognitives et cette manière de procéder permet de construire les bases de connaissances cognitives des experts du domaine.

II.1.2.2. Les méthodes prospectives

Les méthodes prospectives se basent sur l'étude des avenirs possibles (Koulaidis V. 1999). Cette démarche est destinée à éclairer les questions du présent et de l'avenir, d'une part en les considérant dans leur cadre réel et, d'autre part, en les inscrivant dans la temporalité. Elle permet de ce fait de déceler les tendances d'évolution et d'identifier les continuités et les ruptures ainsi que de déterminer l'éventail des futurs possibles. Elles sont grandement utilisées dans les domaines de l'économie et permettent de dresser des modèles prospectifs relatifs à ce qui pourrait éventuellement se produire.

II.1.2.3. Les méthodes basées sur des cas

Les méthodes basées sur des cas reposent sur la recherche relative aux pratiques concernant l'objet d'étude ou qui relève de l'observation directe des cas se présentant (Koulaidis V. 1999). Il s'agit de dénombrer le maximum de cas différents pouvant se produire de manière à les examiner afin de les comptabiliser en tant que tels. Ces méthodes sont beaucoup usitées dans le domaine

juridique puisque, de manière récurrente, le juge prend sa décision au cas par cas dans toutes les affaires qu'il traite.

II.1.2.4. Synthèse des méthodes utilisées dans cette étude

L'ensemble de ces méthodes ont permis de montrer que chaque domaine d'expertise fonctionne d'une manière particulière et qu'il faudra préparer les extractions en fonction du domaine pris en considération. Compte tenu du délai plutôt court pour acquérir les connaissances nécessaires, nous avons structuré ces extractions en plusieurs parties. De manière pratique dans un premier temps nous nous entretenons directement avec chaque expert de manière à nous approprier plus rapidement les éléments qu'il manipule. Dans un second temps nous validons ces connaissances de manière écrite en transcrivant les entretiens directs. De ce fait, chaque expert pourra réagir aux traces écrites afin de renforcer sa validité. Néanmoins, nous devons poser clairement le problème final de cette étude qui consiste à rassembler les différents points de vue. Cette tâche évoque des aspects de prise de décision basée sur plusieurs critères en même temps. Nous allons de ce fait poser les bases et les concepts fondamentaux des problèmes multicritères dans la deuxième partie de ce chapitre.

II.2. Aide multicritère à la décision

Après avoir présenté, dans la première partie de ce chapitre, différentes méthodes permettant de recueillir des connaissances expertes dans plusieurs champs disciplinaires, nous abordons ici la méthodologie multicritère d'aide à la décision. Celle-ci nous permettra de dresser un cadre, s'appuyant sur un ensemble de questions à se poser face à un tel problème, qui nous aidera à mieux appréhender la fusion des différentes acceptabilités présentes dans le thème AJISE. Il est raisonnable d'envisager qu'il n'existe pas d'équivalence directe entre les différentes acceptabilités de ce projet. En effet, ce qui est acceptable selon un point de vue ne l'est pas de la même manière selon un autre. Pourtant, il n'est pas possible de séparer les jugements. Dès lors, il apparaît nécessaire de structurer cette communauté d'acceptabilités.

Des synthèses concernant les problèmes de décision relatifs aux aspects multicritères datent de la fin des années 80 (Montgolfier J. 1978), (Zeleny M. 1982), (Roy B. 1985), (Schärlig A. 1985), (Steuer R. 1986), (Vincke P. 1989), (Pomerol J.C. 1993), (Roy B. 1993). Elles dressent un champ de questions pour concevoir une aide basée sur le principe d'une multitude de critères à optimiser en

même temps. Nous nous focaliserons davantage sur la Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision (Roy B. 1985) afin d'introduire ses concepts fondamentaux. Cette méthodologie a été choisie pour sa richesse et son aptitude à répondre pragmatiquement à l'étude proposée.

La méthodologie multicritère d'aide à la décision intègre la problématique des différentes acceptabilités dans un contexte de prise de décision, en vue de concevoir une aide. L'essence même de cette méthodologie réside dans la profondeur du jugement de chacune des décisions envisagées. La décision retenue est alors parfaitement justifiée. Selon Roy, « l'aide à la décision est l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponse aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à recommander, ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part ». L'analyse multicritère et les processus qui en dérivent peuvent contribuer à réduire et à faire accepter les parties : un **arbitrage** ne peut éliminer une part d'arbitrage, un **compromis** ne peut éliminer également une part de rapport de force. Aucune démarche objective fondée sur la seule raison ne peut démontrer l'optimalité ni même le bien-fondé d'un système de valeurs ou un mode d'anticipation de l'avenir. Mais cette aide est méthodique, fondée sur des concepts et des procédures appropriées et elle peut jouer un rôle important et bénéfique dans la conduite des processus de décision.

La prise d'une décision est la résultante d'interactions entre de multiples acteurs. Parmi eux, les « **intervenants** » vont la conditionner directement en fonction du système de valeurs dont ils sont porteurs, et les « **agis** » vont en subir les conséquences de façon passive. Néanmoins, la responsabilité finale du verdict sera prise par un seul individu clairement identifié, le « **décideur** » qui est l'intervenant dans le processus de décision que les modèles mis en œuvre cherchent à éclairer. Enfin l'« **homme d'étude** », non nécessairement mais fréquemment différent du décideur, est celui qui prend en charge cette aide.

Cette méthodologie se compose de quatre niveaux présentés sur la figure II.1, que nous allons détailler davantage, où l'homme d'étude est confronté à diverses interrogations :

- le premier niveau, intitulé « Objet de la décision et esprit de la recommandation » cherche à identifier le processus décisionnel et à définir les actions potentielles ;
- le second niveau, intitulé « Analyse des conséquences et élaboration des critères » vise à définir les éléments par lesquels les décideurs différencient les actions potentielles ;

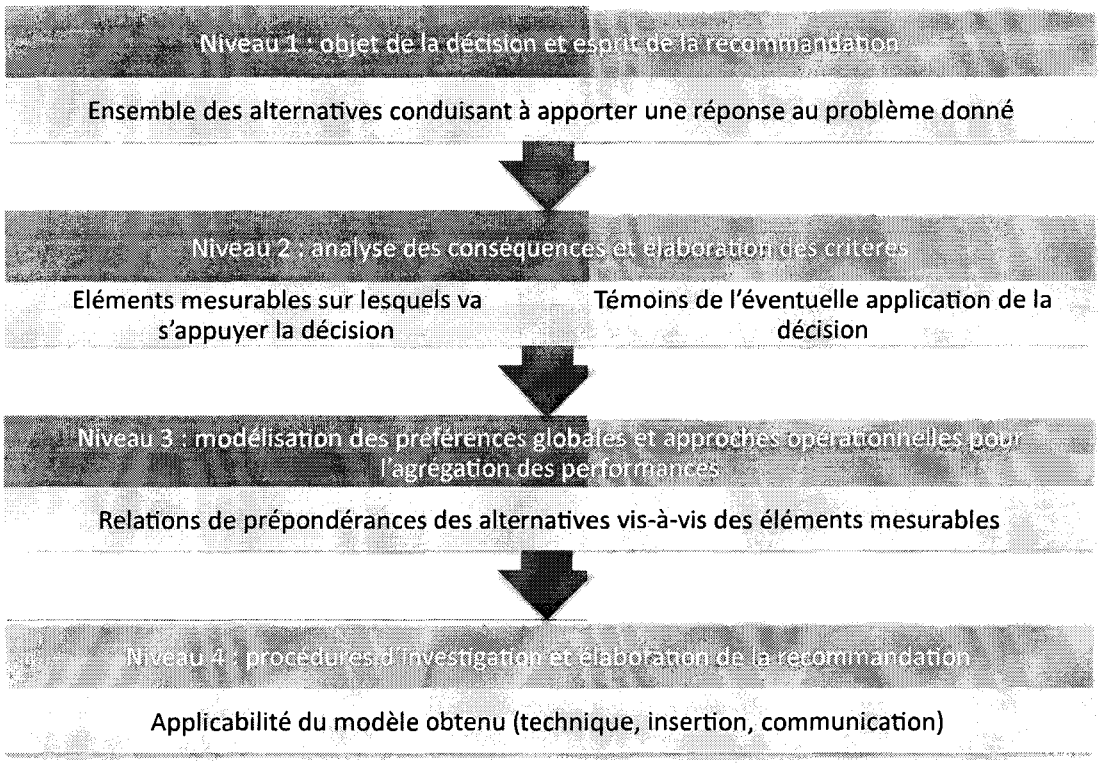

Figure II.1. Les 4 niveaux de la MMAD

- le troisième niveau, intitulé « Modélisation des préférences globales et approches opérationnelles pour l'agrégation des performances », a pour objectif de prendre en compte l'organisation des critères entre eux pour décider ;
- le quatrième niveau, intitulé « Procédures d'investigation et élaboration de la recommandation », concerne les aspects techniques de la méthodologie.

Nous allons illustrer au fur et à mesure des explications cette méthodologie, à partir d'un exemple réel qui l'utilise. Cet exemple emprunté à Roy s'inscrit dans le cadre de l'automatisation des centres de tris postaux, où l'implantation d'une machine à trier les paquets pour les envois de lettres et de colis a été envisagée. Des appels d'offres ont été lancés afin de prendre en compte l'ensemble des systèmes déjà connus. L'objectif est d'élaborer un outil d'évaluation des différentes offres des constructeurs. Cet outil doit permettre de guider la sélection d'une offre, appréciée par un petit nombre de critères synthétiques.

Dans un premier temps, un comité d'évaluation composé de 5 sphères s'est formé de la manière suivante :

- la sphère technique qui participe à la définition des caractéristiques techniques de la machine ;
- la sphère locale machine concernée par les conditions de travail sur la machine ;

- la sphère gestion du centre de tri intéressée par l'écoulement du trafic ;
- la sphère gestion centrale intéressée par les coûts d'investissements, d'exploitation et de maintenance ;
- la sphère clients préoccupée par la qualité et le coût du service.

Ce comité avait pour rôle de dépouiller et de résumer chaque réponse à l'appel d'offres, de choisir les critères appropriés et de procéder à l'évaluation globale des offres. Chaque offre a été clairement identifiée et définie.

II.2.1. Objet de la décision et esprit de la recommandation

II.2.1.1. Le concept d'action et l'ensemble des actions potentielles

Conformément à la figure II.1, ce premier niveau cherche dans un premier temps à définir les actions potentielles.

D'après Roy, « Une action est la représentation d'une éventuelle contribution à la décision globale, susceptible, par rapport à l'état d'avancement du processus de décision, d'être envisagée de façon autonome et de servir de point d'application à l'aide à la décision ». Le terme « autonome » signifie que l'action peut être considérée isolément. Roy distingue plusieurs types d'actions :

- les actions réelles sont issues d'un projet susceptible d'être mis à exécution ;
- les actions fictives sont relatives à des actions issues d'un projet incomplètement élaboré ;
- les actions réalistes sont raisonnablement envisageables contrairement aux actions irréalistes ;
- les actions globales contrairement aux actions fragmentaires sont exclusives dans leur exécution de toute autre action.

L'adjectif « potentielle » introduit la notion de « possible ». « Une action potentielle est une action réelle ou fictive provisoirement jugée réaliste par un acteur au moins ou présumée telle par l'homme d'étude en vue de l'aide à la décision ». En d'autres termes, elle désigne ce qui constitue l'objet de la décision ou ce sur quoi porte l'aide à la décision. En pratique, ce terme peut être remplacé, selon les cas, par scénario, plan, programme, projet, solution... Dans le cadre de notre exemple les actions potentielles représentent l'ensemble des réponses proposées en retour à l'appel d'offre relatif à la machine à trier les paquets. Le concept d'action n'incorpore, *a priori*, aucune idée de faisabilité, ou autrement dit de possibilité de mise à exécution. Une action est qualifiée de

potentielle lorsqu'elle est regardée comme pouvant être mise à exécution ou simplement digne d'intérêt en vue de l'aide à la décision. Une action potentielle peut donc être fictive.

II.2.1.2. Les problématiques de décision

Dans le premier niveau, se pose également la question de savoir quel processus décisionnel envisager pour remédier au problème. Le processus décisionnel vise à orienter l'aide à la décision en définissant les objectifs et les résultats à atteindre, ce dernier pouvant relever d'un choix, d'un tri, d'un rangement ou d'une description.

Dans l'optique d'aboutir à un choix, il faut formuler le problème en termes de meilleure sélection mais sans forcément aboutir à la mise en évidence d'une solution réputée optimale. L'optimisation n'en est qu'un cas particulier. Dans l'optique d'un problème de tri, cela correspond à une affectation de chacune des actions à une catégorie définie *a priori*. Dans l'optique d'une procédure de rangement, cela correspond à effectuer un rangement en regroupant tout ou une partie des actions en classes d'équivalences ordonnées. Enfin dans le cadre d'une problématique de description, il s'agit d'éclairer la décision par une description des actions et de leurs conséquences dans un langage approprié.

II.2.2. Analyse des conséquences et élaboration de critères

II.2.2.1. Les conséquences susceptibles d'interférer dans le modèle de la décision et la formalisation des dimensions

Le deuxième niveau de la MMAD vise à définir les éléments par lesquels les décideurs évaluent les actions potentielles. Pour apprécier la valeur des actions potentielles, plusieurs concepts sont utilisés. Dans un premier temps, il s'agit de lister l'ensemble des « conséquences élémentaires ». Celles-ci représentent des effets ou des attributs qui sont, d'une part, bien identifiés par leur contenu afin que les différentes personnes, incluses dans le processus de décision, en comprennent la signification ; et qui sont d'autre part, suffisamment perçus pour permettre une description précise de ce par quoi ils se manifestent concrètement après la mise à exécution d'une solution. Dans un deuxième temps, ces conséquences élémentaires sont pourvues d'une échelle de valeurs représentant l'ensemble de leurs états possibles afin d'en faire des « dimensions ».

Dans l'exemple de la machine de tri postal, chaque sphère a tenté d'élaborer des dimensions ou des éléments pouvant être pris en considération dans le cadre de l'appréciation d'une offre, associées à une échelle de valeur qui rend compte de l'ensemble des états pris par cet élément. L'élaboration de ces dimensions s'est faite par l'exploitation des résultats expérimentaux antérieurs, par les connaissances du terrain des différentes sphères, par les expériences en acheminement de paquets et par les essais d'automatisation préalables dans ce domaine. Ils ont abouti à une liste définitive de 48 dimensions énoncées dans le tableau II.1 :

N°	Intitulé de la dimension	N°	Intitulé de la dimension
1	Qualité des postes de codage	25	Tri manuel entraîné par la présence de paquets refusés par la machine de tri
2	Hauteur d'accrochage des sacs postaux	26	Débits de paquets triés
3	Facilité de permutation des sacs postaux	27	Maintenance préventive nécessaire
4	Facilité de permutation et pré-positionnement des chariots porte-sacs et conteneurs de paquets	28	Maintenance curative effectuée par le personnel d'exploitation
5	Qualité du dispositif de dépoussiérage	29	Consommation courante de pièces
6	Facilité de circulation des personnes à proximité de la machine	30	Nature des informations statistiques concernant la maintenance fournie par le système
7	Hauteur des planchers des postes de travail	31	Risque d'incident sur la machine de tri
8	Niveau sonore de la machine au niveau des postes de travail	32	Superficie de la machine de tri
9	Niveau de vibration de la machine au niveau des postes de travail	33	Forme générale de la machine de tri
10	Esthétique de l'ensemble de tri	34	Adaptabilité de la machine au point d'alimentation en paquets dans la salle de tri
11	Sécurité du personnel	35	Adaptabilité de la machine au point d'évacuation des sacs postaux dans la salle de tri
12	Souplesse d'affectation des antennes de codage	36	Nombre de séparations physiques de tri des paquets
13	Facilité de dialogue avec le calculateur	37	Adaptabilité du logiciel de tri à la lecture de code-barres
14	Surveillance du poste de contrôle-commande de la machine	38	Adaptabilité physique de la machine à l'implantation d'un système de lecture du code-barres
15	Nature des informations statistiques d'exploitation fournies par le système	39	Coûts des études de la machine de tri
16	Facilité d'utilisation de la machine	40	Coût du prototype de la machine de tri
17	Détection des directions physiques de tri saturées par les paquets	41	Coût de la machine de série
18	Présence de dispositifs évitant les incidents de tri	42	Conséquences d'une coupure ou microcoupure de courant électrique
19	Vitesse de convoyage des paquets	43	Risque de détérioration d'un paquet au cours de son convoyage sur la machine
20	Forme des paquets admis sur la machine de tri	44	Hauteur de chute d'un paquet en cours de son convoyage
21	Facilité d'évacuation des paquets non admis par la machine au niveau des postes de codage	45	Risque de fausse direction au moment de l'injection sur le transporteur de paquets
22	Durée de changement de tâche	46	Risque de fausse direction au moment de l'expulsion du paquet dans la séparation de tri
23	Facilité de circulation des chariots porte-sacs et conteneurs de paquets	47	Délai global de réalisation du prototype par le fournisseur
24	Nombre d'opérateurs chargés de la fermeture des sacs postaux	48	Expérience du constructeur dans les machines de tri de paquets

Tableau II.1. Intitulés des 48 conséquences élémentaires finalement retenues

Nous pouvons observer les 48 dimensions exprimées par les différents experts lors des rencontres qui ont permis de présenter les caractéristiques principales que pourrait avoir le système final.

L'évaluation de ces différentes dimensions a été établie de manière hiérarchique à travers des indicateurs précisant physiquement la dimension à évaluer. La figure II.2 représente la hiérarchie évoquant l'évaluation d'une dimension. Dans l'exemple l'évaluation de la dimension 12, la souplesse d'affectation des antennes de codage, comporte un barème de notation allant de 0 à 6, 0 représentant la pire des situations (sans répartition possible) et 6 représentant la meilleure des situations. Cette dimension est évaluée par sa souplesse d'utilisation, par la possibilité de reconfigurer le système de tri et par l'accès à la commande d'affectation des antennes.

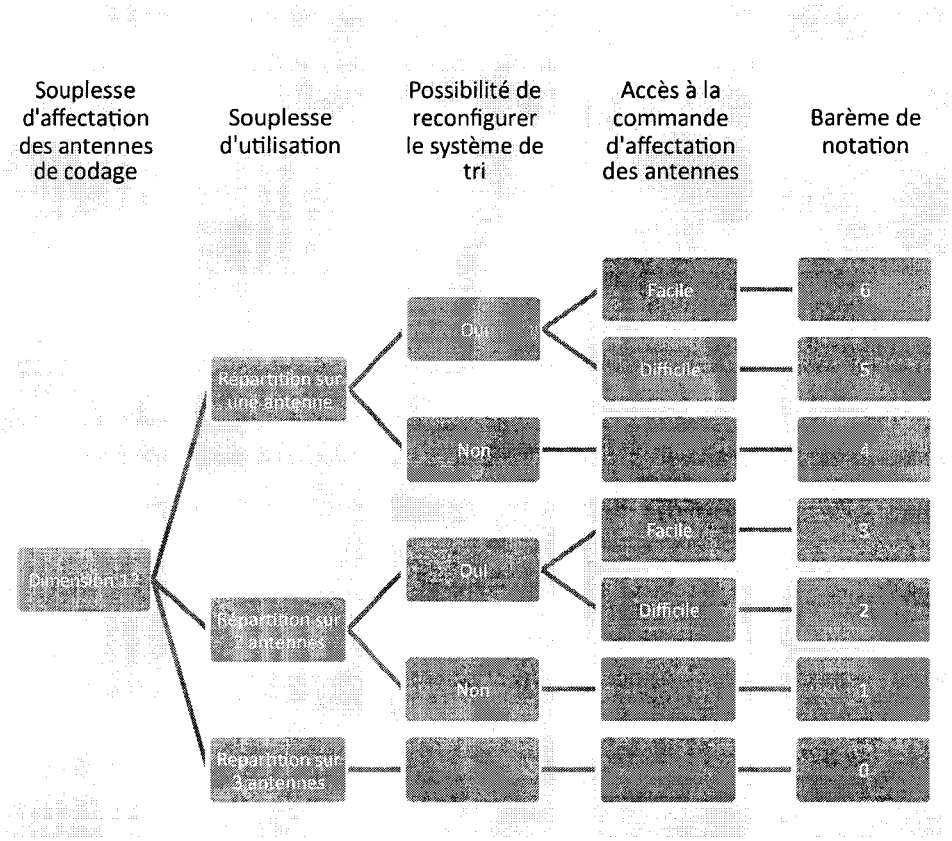

Figure II.2. Barème de notation sur la dimension 12 : souplesse d'affectation des antennes de codage

II.2.2.2. Construction des critères capables de synthétiser les dimensions

L'ensemble des dimensions peut être nombreux et il n'est plus possible dans ce cas d'avoir une vision synthétique de l'évaluation des actions potentielles qui ont été considérées. Afin de remédier à cette difficulté, il s'agit, dans un troisième temps, d'élaborer une famille de « critères » qui sera construite sur la base des dimensions. Formellement, un critère est une fonction à valeurs réelles définie sur l'ensemble des solutions de telle sorte qu'il soit possible de raisonner ou de décrire le résultat de la comparaison de deux solutions. Cette notion représente une formalisation

mathématique. Ces critères seront dotés d'une échelle rendant compte de leurs différents états possibles et appréhendent les notions d'incertitude, d'imprécision et d'indétermination. La recherche de ces critères représentera de ce fait une simplification intègre des dimensions. La famille de critères devra respecter les principes d'exhaustivité, de cohésion et de non-redondance :

- l'exhaustivité s'exprime par le fait que si, pour chaque couple de solutions, la même évaluation est faite pour chacun des critères pris en compte, alors il faut conclure à l'indifférence entre ces deux choix. Dans le cas contraire, un critère supplémentaire a été omis et donc doit être ajouté à la liste ;
- la cohésion indique que l'évaluation relative globale pour une solution vis-à-vis d'une autre doit aller dans le même sens en croissance ou en décroissance pour chacune de ses évaluations, et ce, pour chaque critère ;
- enfin, la liste de critères est redondante lorsqu'un critère spécifique peut être supprimé de la liste sans que la nouvelle liste ne remplisse plus la première condition d'exhaustivité.

Vis-à-vis de l'exemple de la machine à trier les paquets, l'étape suivante a consisté à évaluer les différentes offres à l'aide des 48 dimensions. Mais avec un nombre aussi important de dimensions, aucune vision synthétique des offres n'aurait été possible, et il aurait été impossible de débattre de leur état de manière brute. Aussi, des rapprochements entre ces dimensions ont été réalisés de manière à construire des critères plus synthétiques. Les 5 sphères ont finalement retenu 12 critères issus de sous-agrégations et de catégorisations des dimensions, chacune étant intégrée dans un seul critère.

Le tableau II.2 présente la définition du critère « g1 » représentant l'ensemble des dimensions relatives à la qualité des postes de travail. Ce critère est de ce fait évalué à partir des dimensions 1, 2, 3, 4, 6 et 7 décrites dans le tableau II.1. Le nombre d'échelons de chaque dimension est relatif au barème de notation défini au préalable. « Ni » représente la pondération de la dimension relative à l'évaluation du critère.

Nous pouvons grâce au tableau II.2 identifier les différentes dimensions affectées au critère ainsi que donner une importance relative à celles-ci grâce aux « Ni ». Plus il est élevé, plus la dimension prend de l'importance. L'évaluation du critère « qualité des postes de codage » s'évalue par le biais des 7 dimensions associées, et chaque dimension est évaluée grâce à la valeur de son échelon.

N°	Dimension	Informations	Nb d'éche-lons	Codage des échelons	Ni
1	Qualité des postes de codage	Hauteur du plan de travail Egrenage des paquets Proximité des paquets Nb d'opérations à effectuer par le codeur	16	15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0	1
2	Hauteur d'accrochage des sacs		4	A=4 B=3 C=2 D=0	4
3	Facilité de permutation des sacs	Dispositif de permutation Aire de dégagement au niveau de la direction physique de tri	4	A=4 B=3 C=2 D=0	3
4	Facilité de pré-positionnement (et permutation des chariots et conteneurs)	Dispositif de pré-positionnement Aire de dégagement au niveau de la direction physique de tri	4	A=4 B=3 C=2 D=0	3
6	Facilité de circulation des personnes	Dimension des couloirs d'accès aux postes de travail	3	A=3 B=2 C=0	4
7	Hauteur des planchers des postes de travail	Poste de codage Poste de fermeture	9	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0	3

Tableau II.2. Définition du critère g1 : qualité des postes de travail

II.2.3. Modélisation des préférences globales

Le troisième niveau, intitulé « Modélisation des préférences globales et approches opérationnelles pour l'agrégation des performances », a pour objectif de prendre en compte l'organisation des critères entre eux pour décider, après avoir déterminé les performances des différentes offres. La performance d'une action selon un critère représente l'échelon de l'échelle associée au critère sur lequel l'action est positionnée. Ainsi, ce niveau intègre également les notions d'indifférence et d'incomparabilité, et décompose la notion de préférence en préférence stricte et préférence faible. La préférence stricte admet qu'une action est au moins meilleure qu'une autre et la préférence faible admet qu'une action est au moins équivalente à une autre action.

Par rapport à notre exemple, il a été possible d'obtenir un schéma de classement des différentes offres suite à l'évaluation des performances des critères par rapport aux offres proposées puis à l'exécution d'une méthode de résolution. Ce schéma est présenté figure II.3.

De manière générale, l'aide à la décision amène à obtenir un consensus qui relève d'une partie de la recherche de la vérité car elle est la source d'un partage d'avis et de compromis divers (Roy B. 1992). Et le système de préférence choisi va amener une recommandation particulière. La méthode employée dans l'exemple s'appelle ELECTRE et dirige le problème vers une recommandation particulière. Cette démarche privilégie les critères les plus immuables vis-à-vis de ce que peuvent ressentir les acteurs de l'étude. Mais les méthodes de résolution par ELECTRE ne peuvent pas énoncer de manière irréfutable qu'une action est meilleure qu'une autre, et suscitent toujours des hésitations et des accords qui orientent la recommandation globale.

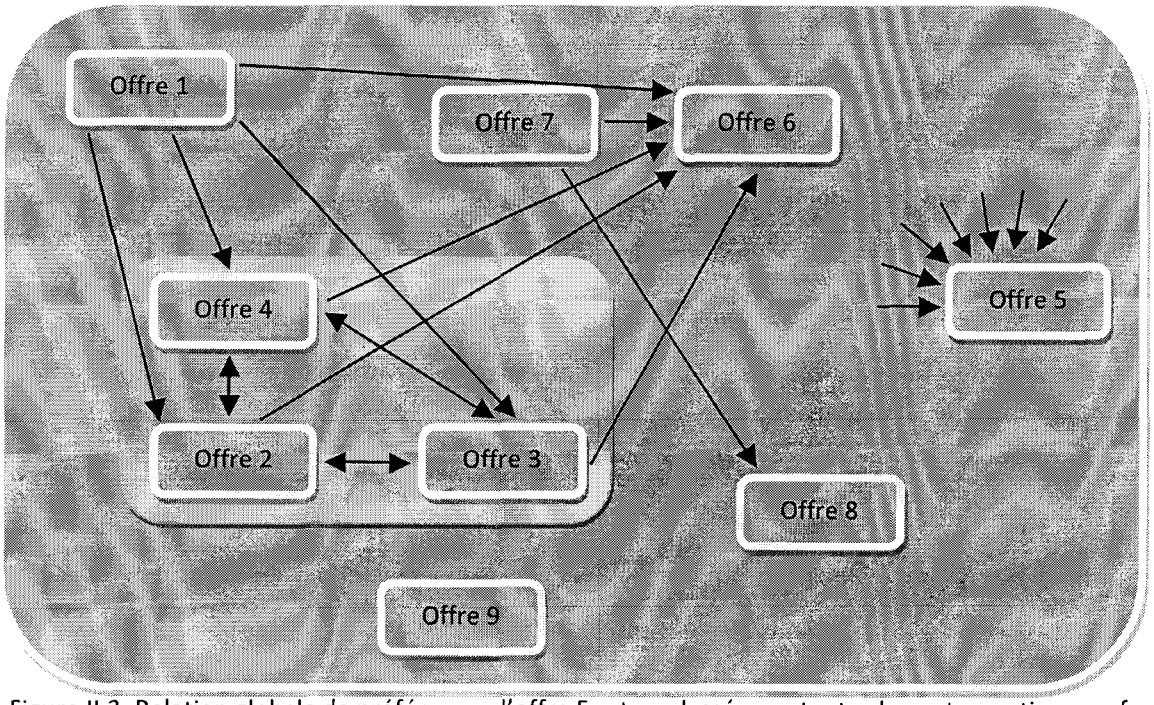

Figure II.3. Relation globale de préférence : l'offre 5 est surclassée par toutes les autres actions sauf de l'offre 8

Sur cette figure nous pouvons remarquer 2 types de flèches, les simples et les doubles. Les doubles flèches représentent des préférences faibles et les flèches simples des préférences strictes. On peut par exemple dire que l'offre 4 est au moins aussi bonne que l'offre 2 ou que l'offre 3 mais que l'offre 8 est au moins meilleure que l'offre 7. On peut remarquer sur cette figure que la plupart des flèches simples pointent vers l'offre 5. Elle peut donc représenter globalement une solution au moins meilleure que toutes les autres.

II.2.4. Procédures d'investigation et élaboration de la recommandation

Enfin le quatrième niveau, intitulé « Procédures d'investigation et élaboration de la recommandation », concerne les aspects techniques de la méthodologie. Il s'agit de :

- révéler les procédures de traitement qui devront être mises en œuvre ;
- analyser la robustesse des conclusions ;
- savoir s'il est possible d'élaborer une recommandation finale ou s'il faut remettre en question certaines des options prises aux niveaux antérieurs ;
- connaître les modalités de la communication de la recommandation finale aux personnes concernées en vue de garantir une bonne insertion dans le processus de décision.

II.3. Synthèse méthodologique reliant la MMAD à l'extraction des connaissances

Au cours de cette étude, l'extraction des connaissances sert de point de départ afin de déterminer les éléments nécessaires à la constitution du problème. Ces éléments constitutifs de la connaissance des experts dans chaque domaine vont nous confronter à un problème de type multicritère puisque plusieurs points de vue vont se joindre dans la résolution du problème.

La démarche d'extraction va aider l'homme d'étude à faire l'état des lieux des connaissances actuelles. A partir de ces connaissances, des modèles vont être construits de manière à s'approprier, se représenter et à justifier les éléments de chaque domaine. La méthodologie multicritère présentée ci-dessus va nous aider à délimiter, à représenter et à déterminer des éléments de réponse dans la recherche d'une grille de lecture globale concernant l'ensemble des domaines étudiés. Il nous faut rechercher les méthodes relatives à chaque niveau de la MMAD qui nous permettront de répondre aux questions que posent cette méthodologie.

- Dans un premier temps, chaque élément de connaissance suffisamment justifié et clarifié sera considéré comme une dimension relative à la MMAD.
- Dans un second temps, nous élaborerons un ensemble de critères issus de ces dimensions qui nous permettra d'appréhender la globalité du problème.
- Enfin dans un troisième temps nous mettrons en relation ces critères afin d'établir des relations d'importance ou d'indifférence entre eux, de manière à pouvoir orienter l'investigation du problème.

Conclusion

Nous avons dans un premier temps évoqué les principales méthodes d'acquisition des connaissances directes et indirectes qui vont nous permettre de mieux appréhender les différentes acceptabilités. Les méthodes directes sont plus rapides et pratiques dans le sens où elles cherchent directement à obtenir les connaissances de l'expert et son vocabulaire. Les méthodes indirectes nous permettent par la suite de renforcer l'extraction de ces connaissances. Nous allons de ce fait effectuer des choix dans le chapitre suivant de manière à pouvoir évoquer les connaissances et les modèles obtenus dans chacun des domaines. De plus la distinction évoquée dans le raisonnement des différents experts nous permettra d'accéder à la fusion des acceptabilités. A partir de cette étape il faudra dépasser le stade de l'extraction de manière à faire émerger un point de vue commun.

Dans un second temps, nous avons évoqué les concepts liés à la Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision. La recherche des dimensions va nous permettre de mettre à plat l'ensemble des mesures utiles à l'évaluation des solutions, et la conception des critères nous permettra d'obtenir une vision ou une grille de lecture beaucoup plus claire lorsqu'une décision devra être prise. Nous pourrons de ce fait, dans le cadre de la fusion des différentes acceptabilités nous appuyer sur cette MMAD de manière à structurer et à justifier le problème pluridisciplinaire qui s'en suivra.

Chapitre III. Construction des modèles relatifs à chaque acceptabilité

Introduction

Nous allons exposer dans ce troisième chapitre le travail de recueil des connaissances expertes qui a été effectué dans chacun des domaines d'étude présents dans le dernier thème transversal de SARI. En effet, il s'agit dans un premier temps de nous intéresser à chaque acceptabilité indépendamment les unes des autres. Nous allons élaborer les modèles relativement à chaque acceptabilité de manière à nous imprégner des notions utilisées par chaque expert. Nous traiterons respectivement les acceptabilités individuelle, juridique, économique et enfin sociale. Nous définirons chaque domaine, expliciterons la construction des modèles obtenus ainsi que le déroulement de la mise en œuvre. Les aspects multicritères seront traités principalement dans le chapitre suivant, ce dernier étant davantage concerné par les aspects multicritères lors du rassemblement des différents modèles. Néanmoins le champ de l'étude doit être délimité et le premier niveau de la MMAD permet de borner ces limites.

III.1. Cadre multicritère de l'étude

Le premier niveau de la MMAD présente 2 principaux champs nous permettant de structurer le problème ainsi que le type de solution à atteindre (Roy B. 1985). Nous allons expliciter dans un premier temps l'ensemble des actions potentielles relatives à SARI et exposer ses principales caractéristiques. Dans un second temps nous aborderons la manière dont la solution doit être formulée afin de répondre aux exigences de l'étude.

III.1.1. L'ensemble des actions potentielles de SARI

La question fondamentale que pose le problème de décision est la suivante : quel type de signalisation peut-on envisager d'installer sur le bas coté de la route pour améliorer l'adaptation du conducteur lors d'une difficulté à venir peu ou mal perceptible ? Les thèmes techniques de SARI tentent de résoudre ce problème en proposant chacun un projet susceptible d'être rapidement opérationnel et à bas coût. Chaque constructeur a annoncé pour chacune de ses propositions techniques, ou variantes, des performances qu'il garantit. Les actions prévues dans ce cas-ci sont plutôt réalistes puisqu'elles correspondent à un projet dont la mise à exécution peut être raisonnablement envisagée, elles ont une visée de déploiement et les orientations sont fixées. Elles ne sont néanmoins pas définitives étant donné que des expérimentations vont se dérouler de façon à se convaincre de leur recevabilité technique, et que quelques ajustements pourront être envisagés par la suite avant de concevoir la solution finale pour le conducteur.

Les offres des thèmes techniques se focalisent sur des natures de difficultés différentes vis-à-vis du conducteur. Le thème IRCAD s'appuie davantage sur les aspects météorologiques tels que le vent et la pluie. Le thème RADARR traite davantage des trajectoires empruntées par les usagers afin d'identifier les risques de perte de contrôle du véhicule et indépendamment de la météorologie. Enfin le troisième thème VIZIR s'intéresse plus particulièrement aux zones de mauvaise visibilité : carrefours, virages et hauts de cote en ligne droite. Le détail des solutions, proposé dans le premier chapitre, représente donc l'ensemble des actions potentielles relativement à la MMAD.

Ces actions potentielles présentées dans cette étude ne sont pas globales : en effet, la mise à exécution de l'une d'entre elles n'est pas exclusive des autres. En d'autres termes les actions sont fragmentaires : il s'agit d'un ensemble d'alternatives portant sur des thèmes indépendants les uns des autres étant donné qu'elles proviennent toutes de constructeurs différents et autonomes, et le choix de l'une d'entre elle n'exclut aucune autre.

III.1.2. Le modèle de décision envisagé

Dans le but d'orienter l'investigation, il faut situer le problème par rapport à quatre problématiques de référence : de choix, de tri, de rangement et de description. Celle que l'on adoptera peut correspondre soit à l'une de ces problématiques soit à une combinaison de celles-ci.

Plusieurs types de réponses peuvent être envisagées. Il peut s'agir de déterminer la meilleure alternative parmi les trois. Il peut s'agir de classer ou de trier les solutions. Enfin il peut également s'agir de décrire les actions et leurs conséquences de manière à éclairer un éventuel décideur.

La « problématique de description » aide à décrire les actions et leurs conséquences de façon formalisée afin de pouvoir aider le décideur. Il s'agit dans ce cas de décrire le plus complètement et rigoureusement possible les conséquences des actions potentielles que le décideur devra prendre en considération. Cette problématique vise à présenter une description formalisée des actions et de leurs conséquences et elle correspond parfaitement au but recherché dans notre cadre.

Les actions potentielles sont clairement définies. Le type de solution à adopter est également caractérisé. Le problème est clairement borné. Nous allons maintenant réaliser les extractions des connaissances dans chaque domaine d'expertise afin de nous rendre compte des données manipulées.

III.2. La réalisation des extractions des connaissances expertes

Dans ce paragraphe nous allons commencer par présenter les différents experts qui ont contribué à réaliser cette tâche. Dans un second temps nous évoquerons les techniques employées afin de la réaliser. Et enfin les résultats seront présentés pour chacune des acceptabilités.

III.2.1. Les experts impliqués dans ce recueil

Les acteurs impliqués dans cette capitalisation sont les experts des différentes acceptabilités d'AJISE, c'est-à-dire un psycho-cogniticien, un juriste, un psycho-sociologue et un économiste. Les experts de ce projet ont été clairement identifiés dans chaque domaine. L'expert sur l'acceptabilité individuelle est Madame Françoise ANCEAUX, Maître de conférences à l'université de Valenciennes

et responsable du groupe PERCOTEC[16] du LAMIH[17]. L'expert relatif à l'acceptabilité juridique est Monsieur Gilles MICHEL de la société privée GM Conseil. Justine DEREGNAUCOURT, de la société privée ERDYN Consultants, est l'expert pour l'acceptabilité économique et enfin l'expert relatif à l'acceptabilité sociale est Monsieur Alain SOMAT, Professeur des universités et directeur du LAUREPS[18] à Rennes. Ils font tous partie d'AJISE et ont désiré participer à cette partie du projet.

III.2.2. Les méthodes mises en œuvre pour ces recueils

L'objectif principal de ce niveau est de savoir comment bâtir des critères appropriés et analyser leur plus ou moins grande capacité à fonder des comparaisons probantes entre les solutions. Les informations que nous devons obtenir de la part des experts pour chaque acceptabilité doivent être acquises en un temps très limité et doivent être complètes. Il faut dans un premier temps tenter d'être le plus efficace possible en un temps relativement court étant donné que ces personnes ont peu de temps à consacrer à cette étude. Dans un second temps les informations à obtenir doivent être les plus exhaustives possibles ; toutes les informations extraites doivent être complètement éclaircies et explicitées. Nous avons de ce fait choisi d'utiliser des techniques d'entretiens d'explication qui sont complètement interactives et intrusives. Elles permettent, d'une part et grâce aux enregistrements audio des interviews, de retranscrire la totalité des informations ; elles ont permis d'autre part d'expliciter, de définir, d'approfondir et de rebondir immédiatement sur les idées et concepts que les experts présentent grâce au questionnement direct. Il est préférable de chercher à se faire une opinion à partir d'informations approximatives ayant un caractère exhaustif qu'à partir de calculs exacts ne prenant pas en compte certains facteurs essentiels. Il y a donc, de ce fait, un travail préparatoire concernant le questionnement des différents experts.

Cette capitalisation des expertises a été complétée par un processus documentaire écrit. Ce processus a pour but d'établir un suivi plus solide des entretiens. Il s'agit de renforcer la véracité et la complétude du recueil des connaissances des experts dans chaque domaine étudié. Ce déroulement du travail représente une démarche en termes de qualité qui permettra de faciliter sa compréhension pour tous les acteurs. Les échanges de documentation et les entrevues seront de ce fait facilités. Ainsi la réalisation de la capitalisation devient claire et pourra être mieux appréhendée. A la fin du processus nous serons en mesure d'améliorer au mieux l'objectivité des différentes solutions de SARI par rapport à chaque point de vue.

[16] Psychologie et ergonomie de la cognition dans les environnements technologiques
[17] Laboratoire d'Automatique, de Mécanique, et d'Informatique industrielles et Humaines
[18] Laboratoire Armoricain Universitaire de Recherche en Psychologie Sociale

III.3. Les modèles des différentes acceptabilités

Les entretiens ont été tout d'abord focalisés sur l'acceptabilité individuelle. Les résultats des premiers entretiens ont permis de relever les principaux facteurs qui ont ensuite été classés. Cette organisation de facteurs a ensuite été retravaillée par des méthodes de brainstorming avec des experts locaux de manière à fonder le modèle individuel. Puis ce dernier a été validé par l'expert attitré relativement à l'étude.

Les modèles des acceptabilités ont été obtenus avec uniquement les experts concernés. Plusieurs entrevues se sont déroulées et les modèles ont été validés de manière écrite à l'aide du processus documentaire.

III.3.1. L'acceptabilité individuelle

III.3.1.1. Construction de l'arborescence des facteurs

Nous avons, dans un premier temps, questionné l'expert par rapport à plusieurs points importants nous permettant de lister l'ensemble des conséquences élémentaires (Anceaux F. 2007). Nous l'avons interrogé sur les facteurs cognitifs qu'il étudiait dans le contexte de la conduite automobile, sur l'impact que peuvent avoir ces facteurs vis-à-vis du conducteur mais aussi s'il existait des facteurs sans impacts pour le conducteur et s'il y avait des facteurs qu'il n'étudiait pas et pour quelles raisons. Nous avons également tenté d'élargir le champ de questions en évoquant le caractère fictif ou irréel de la situation afin de savoir s'il n'y aurait pas un facteur à étudier, dans une situation complètement idéalisée, et également si certains facteurs ne pouvaient pas être mesurés et pour quelles raisons. En effet, il est nécessaire de justifier et d'approfondir les différentes notions avec l'expert dans le but de lever ce qui est implicite et de mettre toutes ses idées à plat. La deuxième partie des entretiens a consisté à savoir comment ces conséquences élémentaires étaient mesurées et comment elles se manifestaient chez le conducteur de telle sorte qu'il soit possible d'aborder les notions d'échelles ainsi que les différentes valeurs qu'elles pouvaient prendre.

Du point de vue de la méthode employée et afin de justifier la démarche, nous allons détailler le raisonnement qui a été utilisé pour la modélisation de cette acceptabilité. Chaque entretien avec l'expert était préparé à l'avance (Dunne S. 1995). Le contexte de SARI a représenté le point de départ des interviews et a servi de base d'extension vers d'autres situations. Ce contexte se caractérise par la situation de la conduite automobile. Il évoque également une situation d'urgence. Il s'agit d'avertir le conducteur de l'état de la situation de conduite peu ou mal perceptible : la

principale caractéristique du message est l'avertissement. Ce contexte est également spécialisé au véhicule ; la signalisation est disposée sur le bas coté de la route et est à message variable. Les contextes annexes de l'environnement du conducteur et de son état ont été pris en compte. Il s'agit des éléments qui ont trait au trafic, au temps, aux autres véhicules, aux exigences physiques et temporelles, à la fatigue, au stress, etc.

Le but est d'établir dans un premier temps la liste des facteurs que les psychologues étudient chez un conducteur d'après SARI. Ce contexte a ensuite été élargi à d'autres situations, d'autres types de panneaux, de signalisation et d'environnement. D'un point de vue décisionnel, les facteurs ont été également interprétés sous forme d'imprécision et d'incertitude. Dans un second temps, il s'agit d'identifier les moyens de mesure et la manière d'étudier les différents facteurs préétablis. Le principal objectif de ces différentes tâches est d'être le plus exhaustif possible. Le schéma III.1. présente les différentes situations et les différentes phases du questionnement.

Du point de vue technique, les entretiens ont été enregistrés numériquement afin de mieux garantir la qualité de la transcription. Les entretiens ont duré en moyenne une demi-heure à raison d'une à deux séances par semaine selon la disponibilité.

Le second travail de préparation fut celui de l'élaboration des questions. Nous sommes dans le cas d'un entretien d'explication. Pour ce faire, deux principaux types de questions peuvent être utilisés : les questions d'amorce, présentées en caractère gras ci-après qui permettent de déclencher la réelle phase explicative et les questions de relance qui maintiennent le sujet en cours, l'approfondissent ou le justifient. Ces questions vont être élaborées pour chacune des phases.

Dans la première phase, il s'agit de recueillir les informations concernant les différents facteurs que les psychologues étudient chez un conducteur. L'ensemble des questions concernant cette phase est exposé ci-dessous :

- **Dans le contexte de SARI, quels sont les facteurs cognitifs que vous étudiez chez un conducteur ?**
- Sur quels facteurs cognitifs un message, qui peut être de nature différente, peut avoir un impact sur le conducteur, cet impact pouvant être positif ou négatif ?
- Par rapport aux différents facteurs évoqués, cet impact sur le conducteur est-il différent selon la nature du message ?
- Qu'est ce que la confiance accordée à un conducteur face à un message ?

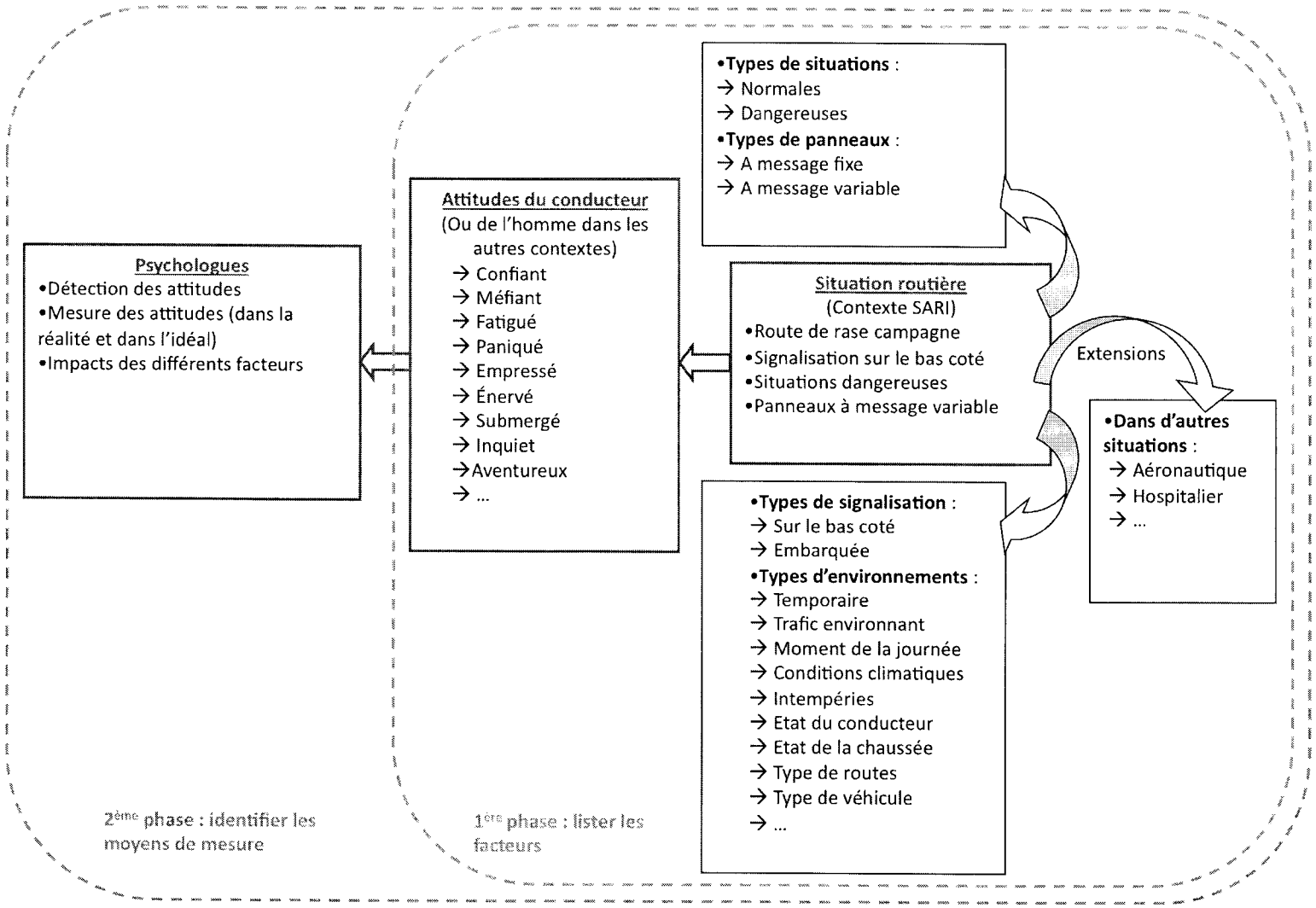

Figure III.1. Méthode de réalisation des entretiens avec l'expert de l'acceptabilité individuelle

- Comment ou par quels moyens le conducteur accorde une certaine confiance dans le message ?
- Comment se manifeste la notion de risque chez le conducteur ?
- Comment intervient la notion de méfiance chez le conducteur face à une situation d'urgence ? Et face à une situation normale ?
- Quel est l'impact d'un message pertinent ?
- Quel est l'impact d'un message dangereux ?
- Le message est-il bénéfique ou non pour le conducteur ?
- Le message est-il favorable ou défavorable pour le conducteur ?
- Par rapport à chacun des facteurs, le message aura-t-il une incidence positive, négative ou nulle ?
- En quoi ces facteurs sont-ils pertinents ?
- L'étude de ces facteurs est-elle due à une pratique rencontrée dans des études antérieures ?
- Sur quelle base vous êtes vous fixée afin de relever les différents facteurs évoqués ?
- Est-ce que ces facteurs ont une relation avec d'autres études ?
- Ces études relevaient-elles d'un cadre général ou spécifique ?
- Y a-t-il des facteurs qui sont prépondérants ou négligeables dans certaines situations ?
- Y a-t-il des facteurs sans impact pour le conducteur ? Ou ayant une importance négligeable ?
- **N'y a-t-il pas d'autres facteurs à étudier dans le contexte de la conduite automobile en général ?**
- Est-ce que SARI est spécifique à ces facteurs ?
- En quoi le contexte de SARI est-il spécifique ?
- Qu'évoque un message variable pour le conducteur par rapport à un message classique ?
- Quel est l'impact de l'environnement du conducteur dans son comportement ?
- Quel est l'impact d'un conducteur paniqué ?
- Que représente l'assimilation d'une signalisation pour un conducteur en terme d'impact ?
- Comment le conducteur fait-il face à une signalisation contradictoire, ou trop abondante, ou incompréhensible, ou inexistante ?
- **Y a-t-il des liens entre les différents facteurs ?**
- Quels sont les facteurs contraires à ceux cités ?
- Y a-t-il des facteurs secondaires ?
- Y a-t-il des facteurs antagonistes ou synonymes ?
- Quels sont les facteurs antagonistes à ceux que vous avez évoqués ?
- La méfiance est-elle l'inverse de la confiance ?
- La confiance est-elle liée à d'autres facteurs ?

- **Y a-t-il des facteurs que vous n'étudiez pas ?**
- Quels sont les facteurs à étudier dans l'idéal chez un conducteur ?
- Pourquoi ne les étudiez-vous pas ?
- **Y a-t-il d'autres facteurs que vous étudiez dans d'autres domaines sur la cognition humaine ?**
- Quels sont les facteurs que vous étudiez dans le domaine de la médecine ?
- Pourquoi ces facteurs n'interagissent pas dans la conduite automobile ?
- **Y a-t-il des facteurs qu'il est impossible d'étudier ou qui n'ont pas été envisagés ?**
- Quels facteurs n'étudiez-vous pas par rapport à la cognition humaine ?
- En quoi sont-ils impossibles à étudier ?

Dans la seconde phase l'étude se concentre plutôt sur la façon dont se manifestent les facteurs et comment ils se mesurent :

- **D'après vous comment se manifestent les différents facteurs cognitifs chez un conducteur ?**
- Comment se manifestent les facteurs ?
- Comment est caractérisé cet impact ?
- Comment est caractérisée cette assimilation ?
- Comment cela se traduit-il ?
- Comment faudrait-il s'y prendre dans le cas idéal pour rendre compte de l'assimilation du signal par le conducteur ?
- Comment se manifeste la compréhension du message chez ce conducteur ?
- Comment caractériser le fait que le message soit compris ?
- Comment intervient la pertinence ?
- Comment se manifeste la notion de risque chez le conducteur ?
- Comment intervient la notion de méfiance chez le conducteur face à une situation d'urgence ?
- **Comment mesurez-vous ces facteurs cognitifs ?**
- Ces mesures sont-elles prises en ligne ou hors ligne ? Sont-elles directes ou indirectes ? En simulateur ou hors simulateur ?
- Quels sont les autres indicateurs ou les autres moyens de mesure qui sont également pris en compte ?
- Pourrait-on envisager d'autres mesures qui relèvent de la cognition du conducteur ?
- Pourrait-on envisager d'autres mesures qui relèvent de la cognition dans d'autres contextes que celui de la conduite automobile ?

- Pourquoi ne le faites-vous pas ?
- Pourquoi ne les mesurez-vous pas ?

Ces entretiens avec Françoise ANCEAUX ont fait émerger une liste de 37 conséquences élémentaires qui ont été clairement définies. Leurs moyens de mesure ont également été évoqués. Elles sont représentées dans le tableau III.1 :

	Nom	Définition	commentaire(s)	Moyen(s) de mesure
1	Age	Caractéristique propre au sujet		
2	Agressivité	Réaction d'opposition du sujet vis-à-vis d'une situation		Mesures d'angles au volant, Mesures de passage des vitesses, Questionnaires
3	Ambiguïté de la situation	Message pouvant avoir des sens différents voire contradictoires	Le "céder le passage" à un rond-point et à une insertion sur une autoroute	Questionnaires
4	Anticipation	Imaginer l'événement à l'avance		Electroencéphalographie, Questionnaires
5	Anxiété	Etat de trouble dû à l'intervention imminente d'un événement	Angoisse	Questionnaires
6	Attention	Fixer son esprit sur quelque chose		Occulométrie, Questionnaires
7	Certitude	Indubitable vis-à-vis du sujet	Arrêt du véhicule à un feu rouge	Questionnaires
8	Cohérence avec l'environnement	Cohérence du signal avec son environnement	Signal traduisant un virage dangereux alors que le virage est réellement dangereux	Questionnaires
9	Confiance	Assurance d'un sujet qui se fie à quelque chose. Attitude qui est à l'origine d'un comportement		Questionnaires
10	Contraintes légales	Les règles légales deviennent des contraintes		Questionnaires
11	Contrôle de la situation	Capacité à gérer les paramètres d'une situation		Questionnaires
12	Distance d'implantation	Evident		Mesure physique
13	Distraction	Détachement du sujet par rapport à sa tâche	Conversation, Action, Pensée, Regard	Occulométrie, Questionnaires
14	Effort cognitif	Niveau d'activité mentale		Questionnaires
15	Fatigue	Perturbation attentionnelle du sujet	Trajet long	Occulométrie, Questionnaires
16	Goût du danger	Plaisir d'une situation moins sure		Questionnaires
17	Lisibilité du message	Extraction du signal	Distance à laquelle est placé le signal par rapport au véhicule	Occulométrie, Questionnaires
18	Maîtrise de la situation	Le sujet domine la situation (niveau comportemental)		Questionnaires
19	Météo		Soleil, pluie, brouillard, verglas...	Mesure physique
20	Moment de la journée	Evident	Conduite de nuit / de jour	Mesure physique
21	Monotonie	Situation uniforme et lassante		Indicateurs de relâchement musculaire, Occulométrie
22	Pertinence	Qui convient au sujet		Questionnaires
23	Plaisir	Plaisir à utiliser le système		Questionnaires

24	Prise de risque	Eventualité de s'exposer à un danger. Caractéristique stable du sujet	Rouler plus vite, Plus courtes interdistances, Patterns de dépassement raccourcis, Freinage plus fort et plus tardif	Mesures de la vitesse, Angles au volant, passage des vitesses, Questionnaires
25	Acquisition de l'information	S'approprier visuellement l'information		Questionnaires
26	Prudence	Attitude d'un sujet prenant des précautions		Questionnaires
27	Qualité d'information	Qualité des informations affichées sur le signal à message variable	Redondance , Niveau de détail	Questionnaires
28	Quantité d'information	Nombre d'informations affichées sur le signal à message variable	Inexistence, Abondance	Questionnaires
29	Réactivité	Capacité à réagir		Questionnaires
30	Respect des règles	Respect du code de la route		Mesure physique
31	Rythme attentionnel	Cadence relative à la fixation de son esprit sur quelque chose	Vigilance	Occulométrie, Questionnaires
32	Sexe	Caractéristique propre au sujet		
33	Stress	Etat de l'opérateur humain résultant d'une pression temporelle ou d'un danger	Stabilisation	Occulométrie, questionnaires
34	Trafic environnant	Les autres véhicules		Mesure physique
35	Type de véhicule	Evident		
36	Type des autres conducteurs	Evident		
37	Visibilité du message	Ensemble des éléments qui permettent l'acquisition de la cible	Moment de présentation du signal	Occulométrie, Questionnaires

Tableau III.1. Liste des conséquences élémentaires

Dans la majorité des cas, les mesures de ces dimensions s'effectuent *a posteriori* par des questionnaires et des échelles qui relèvent de la subjectivité des usagers. Dans certains cas plus rares elles peuvent être mesurées *a priori*. Mais il faut, vis-à-vis de SARI tenter d'obtenir davantage de mesures *a priori*. Il faut également statuer sur les échelles de valeurs que peuvent prendre ces conséquences élémentaires pour en faire des dimensions.

A la suite des entretiens, les transcriptions se sont déroulées dans une première partie de manière intégrale et textuelle. Puis dans une seconde phase, les résultats obtenus se sont éclaircis par le biais de schémas, d'arborescences et de classifications des éléments. Les résultats schématisés par la suite ont été approuvés par l'expert.

Avec l'aide de l'expert, nous avons ensuite tenté d'organiser les différentes dimensions sous la forme d'une arborescence, représentée dans la figure III.2, afin de les catégoriser (Duquesne L. 2006).

En premier lieu, une distinction a été faite entre les dimensions internes au conducteur et externes. Parmi les dimensions externes, il est possible de distinguer 2 catégories. La première,

propre au message et présente sur la partie supérieure droite de l'arborescence de la figure III.2, rassemble les dimensions en lien direct avec respectivement la compréhension, la perception et la crédibilité :

- la distance d'implantation, la cohérence, la quantité d'informations et la qualité d'informations présentées sur le panneau informatif ;
- la visibilité et la lisibilité ;
- la confiance, la pertinence et la certitude.

La seconde catégorie, située sur la partie inférieure droite de l'arborescence de la figure III.2, présente des dimensions externes propres au contexte environnant. Elle se compose de la météo, du trafic environnant, du moment de la journée, de la monotonie, du type de véhicule et du type des autres conducteurs. En évaluant chacune de ces dimensions, les unes après les autres et dans un ordre quelconque, il est possible de caractériser précisément l'état du contexte environnant.

Les facteurs internes peuvent quant à eux être catégorisés en 4 parties. La première partie concerne la sphère des connaissances qui comporte les dimensions relatives à l'expérience, aux croyances et aux connaissances avérées : l'effort cognitif, le contrôle de la situation, la maîtrise de la situation, l'attention, la prudence. Ces dimensions, se situant sur la partie supérieure gauche de l'arborescence de la figure III.2, présentent de grandes dispersions inter individuelles étant donnée la diversité aléatoire des situations qu'ont connu les conducteurs et il n'est pas envisagé, pour des raisons de temps, de tenter des expérimentations sur le niveau de connaissances des conducteurs.

La deuxième partie concerne l'interprétation de la situation. Elle fait intervenir 2 dimensions qui sont l'ambiguïté et l'anticipation. Vis-à-vis du conducteur, ces dimensions sont plus internes et difficilement opérationnalisables *a priori*. Il semble donc, pour le moment, plus opportun de ne pas tenir compte de cette branche et d'y revenir dans la suite de l'étude si le besoin s'en fait sentir.

La troisième partie inclut, d'une part, la prise de risque, la réactivité, l'aptitude à respecter les contraintes légales, le goût du danger, le respect des règles, l'âge et le sexe qui constituent les caractéristiques stables du conducteur ; et d'autre part, la prise d'informations, la distraction, la fatigue, le rythme attentionnel et l'agressivité qui constituent les caractéristiques fluctuantes du conducteur. Il est plus facilement possible dans ce cas-ci, comme dans le cas des dimensions externes et plus particulièrement du contexte environnant, d'évaluer les différentes dimensions afin d'appréhender la catégorie présentant les caractéristiques du sujet de façon concrète.

Enfin, la dernière partie des dimensions internes est représentée par le stress, le plaisir et l'anxiété en conduite situés sur la partie inférieure gauche de l'arborescence. Elle évoque plus particulièrement ce qui concerne l'affect du conducteur.

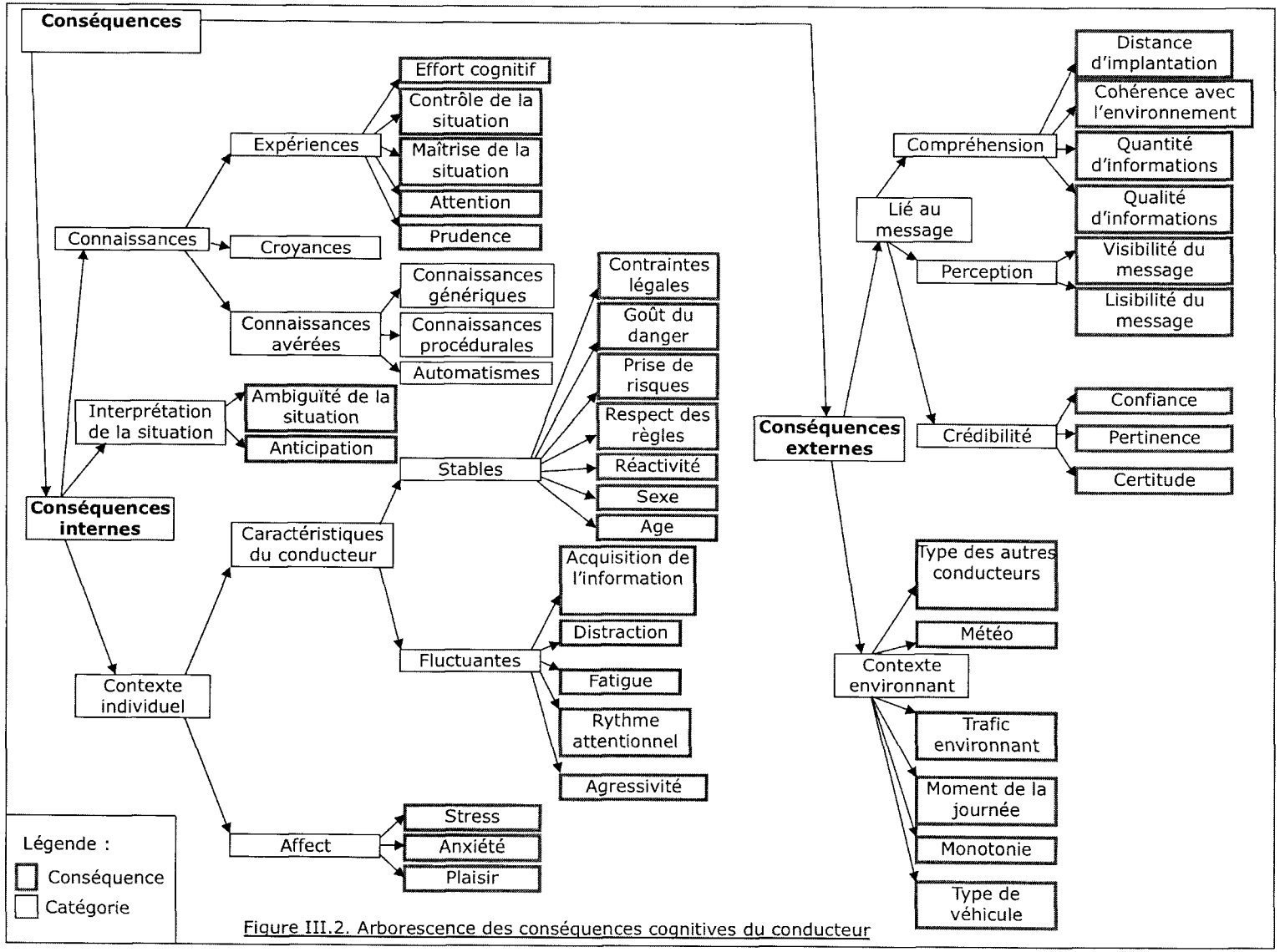

Figure III.2. Arborescence des conséquences cognitives du conducteur

III.3.1.2. Construction du modèle individuel

Les diverses réunions au sein du LAMIH avec mes encadrants de l'équipe SHM[19] ont permis d'aboutir à un modèle fonctionnel qui a ensuite été validé par l'expert. Avant d'obtenir ce modèle nous nous sommes focalisés sur un schéma fonctionnel global qui représente la partie générique du modèle individuel. Il est présenté dans la figure III.3.

Figure III.3. Schéma fonctionnel global de représentation du modèle individuel

Ce modèle s'initialise par l'arrivée d'un événement pendant l'activité de conduite qui va induire une perception de cet événement par le conducteur. Ce conducteur choisit une action et réalise le comportement souhaité. Et dans le pire des cas, selon son comportement, un accident peut survenir. A partir de ce tronc les branches sont successivement composées de l'arborescence issue de l'extraction d'expertises et nous pouvons présenter la synthèse des résultats sur la figure III.4.

Les 2 conséquences élémentaires principales relatant l'acceptabilité individuelle sont tout d'abord « **le choix de l'action** » puis « **l'action effectuée par le conducteur** » car elles sont directement influencées par la solution SARI qui sera mise en place et représentent le comportement qu'aura le conducteur face au danger. Plusieurs indicateurs qualitatifs, évaluables selon une échelle continue, peuvent évaluer le choix de l'action :

- sa réactivité ou sa capacité à réagir face au danger ;
- son anticipation ou sa capacité à envisager la situation à l'avance ;
- son niveau d'attention marquant sa concentration ;
- sa prudence ou son aptitude à prendre des précautions ;
- l'effort cognitif qu'il fournit au moment du choix face à la situation d'urgence.

Les indicateurs qualitatifs, évaluables selon une échelle continue, permettant l'évaluation de l'action effectuée par le conducteur sont, pour les 4 premières, identiques aux indicateurs précédents complétés par le contrôle environnemental de la situation :

[19] SHM : Systèmes Homme-Machine

- sa réactivité ou sa capacité à réagir face au danger ;
- son anticipation ou sa capacité à envisager la situation à l'avance ;
- son niveau d'attention marquant sa concentration ;
- sa prudence ou son aptitude à prendre des précautions ;
- son contrôle environnemental de la situation.

Entre le signal ou la solution qui va être déployée, et l'action du conducteur, il faut considérer 3 étapes primordiales représentant des conséquences élémentaires liées fonctionnellement telles que « **la perception** », « **la compréhension** » et « **la crédibilité** » du message destiné au conducteur.

La perception peut être évaluée selon 2 indicateurs qualitatifs, et selon une échelle continue, qui sont les suivants (Warren W.H. 1984) :

- la visibilité du message ou l'ensemble des éléments qui permettent au conducteur d'acquérir la cible ainsi que la distance d'implantation du signal ;
- la lisibilité du message permettant de caractériser son contenu sémantique.

La compréhension du message peut être évaluée selon 4 indicateurs qualitatifs distincts évaluables également selon une échelle continue tels que (Shinar D. 2003) :

- la quantité d'information qu'il délivre révélant le nombre d'informations présents sur le signal ;
- la qualité d'information révélant l'aptitude à comprendre rapidement le signal ;
- la cohérence avec l'environnement évaluant l'adéquation entre le signal et la situation ainsi qu'avec l'infrastructure et la signalisation existante.

Le message ainsi compris est reconnu et identifié avec une certaine valeur.

La crédibilité du message relève enfin de 3 indicateurs qualitatifs évaluables également selon une échelle continue tels que (Wardman M. 1997) :

- la pertinence du message ou sa convenance par rapport à la situation ;
- la certitude du conducteur face au message ;
- la confiance que le conducteur accorde au signal.

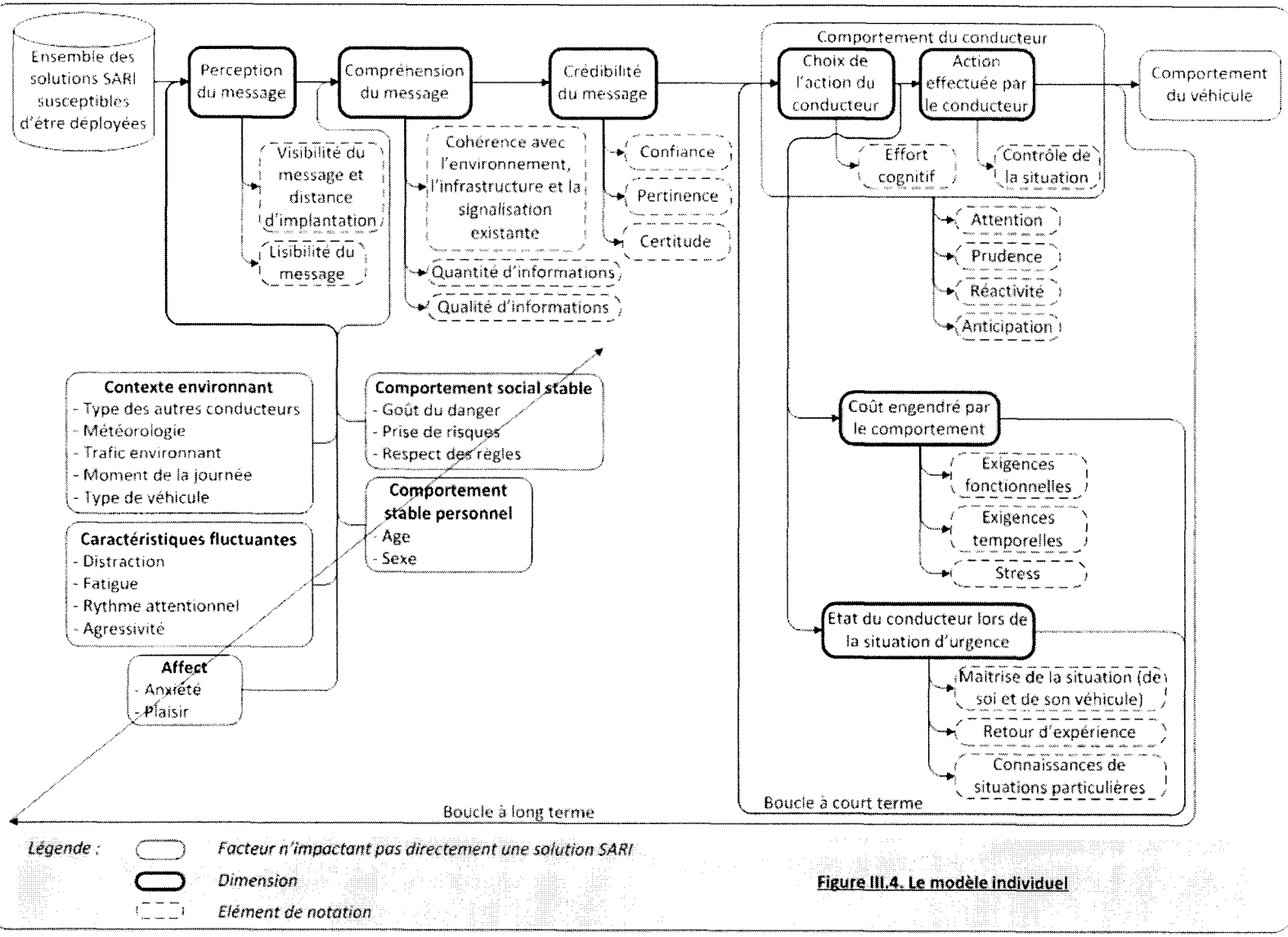

Figure III.4. Le modèle individuel

La différence entre la cohérence et la pertinence du message peut se traduire de la manière suivante : le signal « céder le passage » dans la situation où un véhicule s'insère sur une autoroute est un signal cohérent : il est évident que le véhicule qui circule sur l'axe autoroutier est prioritaire car il roule forcément plus vite que celui qui est en train de s'insérer. Par contre, vis-à-vis de l'usager qui se trouve dans la voie d'accélération pour s'insérer sur l'axe autoroutier, la signalisation ne lui semble pas pertinente étant donné qu'il n'est pas sûr de pouvoir s'insérer correctement avec une vitesse appropriée et qu'il devra dans le pire des cas arrêter son véhicule. La cohérence du message se situe entre le signal et la situation de conduite, et sa pertinence se situe entre le conducteur et la situation de conduite.

Au-delà de ces notions présentes entre le conducteur et le message, il est également envisageable d'évaluer ce comportement en terme de « **coût engendré par le comportement** » suite au choix de l'action qu'il aura décidé d'effectuer à court terme ; ce coût peut relever d'une conséquence élémentaire à part entière. Celui-ci peut être évalué par le biais de 3 variables qualitatives pouvant être évaluées selon une échelle continue telles que :

- les exigences fonctionnelles de la situation c'est-à-dire les difficultés intrinsèques ;
- les exigences temporelles de la situation c'est-à-dire les difficultés dues au temps disponible pour exécuter la tâche ;
- le stress engendré par la situation d'urgence.

Enfin la dernière conséquence élémentaire susceptible de montrer un changement de comportement du conducteur représente son « **état** » au moment de la situation d'urgence et lorsqu'il a choisi l'action à effectuer. En effet, les conditions dans lesquelles se trouve le conducteur révèleront son comportement. Cette conséquence élémentaire peut être évaluée selon 3 indicateurs qualitatifs selon des échelles continues tels que :

- la maîtrise comportementale de la situation relative à soi ainsi qu'à son véhicule lors de la situation d'urgence ;
- les connaissances de situations particulières de conduite ;
- ses retours d'expériences acquis durant la pratique de la conduite.

Ces 2 dernières conséquences élémentaires vont avoir un double rôle. Elles vont dans un premier temps intervenir dès lors que le choix de l'action sera effectué, et vont influer sur l'action elle-même ; et dans un second temps et à court terme, elles vont reboucler sur le choix de cette action de manière à pouvoir choisir la meilleure parmi celles envisagées.

Le conducteur est néanmoins plus ou moins affecté par un ensemble d'éléments internes n'impactant pas directement une solution SARI, marqué par les conséquences de son comportement et qui affecte principalement son niveau de perception et de compréhension. Ces facteurs sont relatifs à ses caractéristiques fluctuantes, son comportement social stable, son comportement stable personnel et son niveau d'affect lors de la tâche de conduite.

Ses caractéristiques fluctuantes sont représentées par sa distraction, sa fatigue, son rythme attentionnel et son agressivité. Son comportement social stable est caractérisé par le goût du danger, la prise de risques (Hoc J.M. 2004) et le respect des règles. Son comportement stable personnel représente son âge et son sexe et enfin son niveau d'affect est caractérisé par son anxiété et son plaisir de conduire.

L'ensemble de ces éléments internes non maîtrisés directement par les solutions de SARI vont permettre de reboucler, à plus long terme, l'action qui sera effectuée par le conducteur, le coût engendré par ce comportement ainsi que l'état du conducteur lors de la situation d'urgence de manière à pouvoir le prendre en compte lors d'une prochaine situation de danger.

Il reste enfin une dernière branche relative à l'environnement du conducteur qui affecte l'ensemble de la situation de conduite, c'est-à-dire d'une part les dispositifs qui seront mis en place et d'autre part la perception et la compréhension de ces dispositifs par les usagers. Cette branche, représentée par le trafic environnant, la météorologie, le moment de la journée ou de la nuit, le type de véhicule et le type des autres conducteurs, ou leur comportement et les informations qu'ils peuvent donner, comporte des caractéristiques qui ont été choisies par SARI et n'impactent pas directement sur le comportement du conducteur. Elle ne peut donc pas être prise comme une conséquence élémentaire.

L'ensemble des 7 conséquences élémentaires établies lors de la dernière réunion de travail dans le cadre de l'acceptabilité individuelle sont les suivantes :

- la perception du message ;
- la compréhension du message ;
- la crédibilité du message ;
- le choix de l'action du conducteur ;
- l'action effectuée par le conducteur ;
- le coût engendré par le comportement ;
- l'état du conducteur lors de la situation d'urgence.

La figure III.4 montre l'agencement de ces différentes conséquences élémentaires au vu de la solution SARI qui sera mis en œuvre dans le cadre de l'acceptabilité individuelle. Grâce à ce schéma fonctionnel, nous pouvons d'une part être plus exhaustifs dans la description du comportement cognitif du conducteur et d'autre part il est possible de mieux y positionner les solutions SARI afin de rendre compte de l'ensemble des solutions envisagées par les thèmes techniques.

III.3.2. L'acceptabilité juridique

La modélisation de cette acceptabilité est basée sur une étude de cas. Il s'agit de lister l'ensemble des situations pouvant amener une jurisprudence. Ces cas amènent un ensemble de questions qui devront être traitées par un juge si la situation se produit réellement. Les différents cas seront présentés dans une première partie afin de pouvoir ensuite construire le modèle juridique (Michel G. 2008). Ces cas représentent des situations potentiellement accidentogènes qui relèvent des situations qui ont déjà eu lieu par le passé dans un contexte similaire. Cette liste n'est pas exhaustive puisque d'autres situations peuvent se produire et c'est de cette manière que l'on constitue ou que l'on apporte de la jurisprudence. Pour chaque situation exposée par l'expert nous avons relevé puis classé les anomalies de manière à visualiser un « chemin juridique ». Les racines de ces derniers ont représenté les dimensions associées à cette acceptabilité.

III.3.2.1. Les cas envisagés dans AJISE

- Cas n°1 : Panne du système d'avertissement de danger.

Un panneau à message variable installé sur une route et relié à un réseau plus vaste émet des messages d'alerte correspondant à des événements, en nombre limité, parfaitement identifiés, susceptibles d'informer les conducteurs sur les "ruptures" éventuelles de l'infrastructure, telles que : virage dangereux, éboulement de terrain, brouillard à x km, carambolage à x km. Le panneau tombe en panne ce qui est assimilé à un défaut de transmission. Le conducteur n'est donc pas averti de la « rupture ». La panne peut résulter de diverses causes : coupure prolongée d'électricité, travaux dans le secteur, défaillance du système, défaut d'entretien, aménagement de l'environnement défectueux : branches d'arbres, etc. En raison du défaut d'information le conducteur est victime d'un accident qui aurait pu être évité s'il avait été correctement informé.

La question qui se pose à ce moment est de savoir si le conducteur non averti, victime de l'accident, ainsi que les autres victimes (les passagers par exemple), peuvent poursuivre l'Etat, l'administration concernée ou le gestionnaire de l'infrastructure.

- Cas n°2 : Accident dû à une mauvaise compréhension du message.

Les messages transmis par les PMV grâce à une signalétique adaptée sont destinés aux conducteurs afin de les aider à prendre les décisions adéquates. Il s'agit de messages variables tenant compte de la situation précise et locale. Dès lors, pour que ces messages puissent jouer leur rôle il est nécessaire qu'ils soient compréhensibles par tous les conducteurs. Mais, comme il s'agit de messages variables, il est possible qu'ils ne soient pas compris par le conducteur auquel ils sont destinés. Ce peut être également le cas lors d'une succession de messages, dus à la complexité de la situation ou à la présence de panneaux fixes et de PMV. Le système ayant constaté, par exemple sur la base de l'analyse de la scène, de la situation et de la dynamique d'un véhicule poids lourd que celui-ci se dirige vers un virage qu'il ne saura négocier convenablement en raison des conditions météorologiques locales, conseille au conducteur de réduire sa vitesse. Or celui-ci, habitué à ce trajet, ne le fait pas car il n'a jamais connu de problème sur cette partie de la route. Il s'ensuit un accident. Est-il possible de considérer que le conducteur du poids lourd a commis une faute? Peut-il invoquer la non compréhension du message ?

- Cas n°3 : Accident dû à une mauvaise réaction du conducteur à la lecture du message.

Un véhicule se déplace sur route à 90 km/h, soit à 25 m/s. Le système détecte un obstacle à 2km. Un panneau à message variable émet alors un message à l'intention des conducteurs empruntant la route. Pour un conducteur moyen, le temps disponible avant la collision est suffisant. Mais, un autre conducteur ne réagit pas comme l'aurait fait un conducteur moyen et n'engage pas la manœuvre d'évitement ou d'arrêt. Peut-on considérer que le conducteur a commis une faute susceptible d'exclure ou de diminuer l'indemnisation à laquelle il pourrait avoir droit ?

- Cas n°3 bis : Accident dû à une réaction insuffisante du véhicule après lecture du message.

Un véhicule se déplace sur route à 90 km/h, soit à 25 m/s. Le système détecte un obstacle au détour du virage équipé, nécessitant d'amorcer une décélération. Un panneau à message variable

émet alors un message à l'intention des conducteurs empruntant la route, censé permettre d'éviter l'obstacle à un véhicule standard. Se basant sur ce message, le conducteur d'un véhicule ancien, mais conforme à la réglementation, se conforme à ces indications, mais n'est pas en mesure de freiner suffisamment pour éviter l'obstacle. Peut-il invoquer l'inadaptation du message reçu à son cas précis ?

- Cas n°3 ter : accident lié au facteur d'homéostasie du risque.

Un conducteur, pour les besoins de son travail, passe tous les jours ouvrés devant un panneau à message variable qui lui transmet des informations devenues habituelles (ralentir vitesse trop élevée, obstacle signalé). Il adapte son comportement afin de se conformer aux conseils dispensés, au point de le faire machinalement. Un sentiment de sécurité se développe chez lui, baissant son niveau d'attention en ce point précis alors qu'une circonstance non détectée par le panneau à message variable (perte de cargaison par un véhicule précédent, traversée d'animaux ou de gibier sur la chaussée) se présente brutalement à lui, rendant l'accident inévitable. Peut-il invoquer contre le gestionnaire du panneau la non exhaustivité des données transmises ou la baisse d'attention créée par un faux sentiment de sécurité ?

- Cas n°4 : Perte d'une affaire due à un message erroné ou tardif.

Un panneau à message variable émet des messages d'alerte correspondant à des événements, en nombre limité, parfaitement identifiés, tels que : éboulement de terrain, brouillard à x km, carambolage à x km. Un conducteur s'engageant sur la route a calculé le temps nécessaire pour arriver à une ville de destination où un rendez-vous important a été fixé. En effet, il doit y conclure un contrat capital pour son entreprise puisqu'il est de nature à lui générer des profits importants au cours des trois prochaines années. En cours de route, un panneau à message variable indique au conducteur que la route est bloquée à la suite d'un événement quelconque. Ce message est erroné : erreur d'information en amont, d'expression, imprécision. Le conducteur considérant l'information comme fiable trouve un autre chemin qui s'avère plus long. Il arrive à destination avec une heure de retard à son rendez-vous et perd par conséquent la possibilité de conclure le contrat. Le conducteur en question peut-il poursuivre l'Etat, l'administration concernée ou le gestionnaire de panneau à message variable en vue d'obtenir l'indemnisation de son préjudice ?

- Cas n°5 : Information erronée sur la base de renseignements eux-mêmes erronés.

Le gestionnaire du réseau de panneaux à message variable obtient les renseignements de différentes sources dont certaines relèvent du secteur public et d'autres du secteur privé : police, ministères, services météorologiques, préfectures, Bison Futé, ou informateurs divers. Or, il n'est pas exclu que l'information transmise au gestionnaire et affichée par ce dernier sur un ou plusieurs panneaux à message variable soit erronée, imprécise ou tardive en raison d'une faute commise non pas par le gestionnaire, mais par son fournisseur d'information. On peut donc envisager le cas où un conducteur a été induit en erreur par un tel message et qu'un accident ou un préjudice quelconque s'en suive.

Le conducteur ou son assureur ayant ainsi poursuivi le gestionnaire de panneaux en responsabilité, la question qui se pose est celle de savoir si le gestionnaire en question peut à son tour agir contre le fournisseur qui se trouve à la source de l'information erronée. En d'autres termes, des recours en chaîne sont-ils possibles dans cette hypothèse ?

- Cas n°6 : Déplacement de panneau PMV.

Sur une route A, à un point B un panneau de signalisation existe depuis plusieurs mois. Les usagers de cette route sont ainsi habitués à l'existence de ce panneau au point B. Un conducteur C qui prend toutes les semaines la même route est habitué à consulter le panneau au point B. Pour une raison quelconque, le gestionnaire de l'infrastructure décide au jour J de déplacer le panneau du point B à un point D, en amont de plusieurs kilomètres du point B. Or, au jour J+2, le conducteur C prend la route. Un risque de tempête de neige est signalé sur le panneau se trouvant désormais au point D. Le conducteur C poursuit sa route en se proposant de vérifier la situation sur le panneau qu'il avait pris l'habitude de consulter au point B afin de prendre la décision qui s'impose. Or, arrivé au point B, en l'absence de panneau, il poursuit son chemin. Il se trouvera plus tard bloqué par la tempête de neige. Peut-il poursuivre le gestionnaire de panneau ?

- Cas n°7 : Pluralité de causes.

Un conducteur a été induit en erreur par une fausse information puisqu'un carambolage à 5 km de là où il se trouvait n'a pas été signalé. Il continue ainsi à rouler à vive allure ayant lu la mention "fluide" sur le panneau d'indication. Il n'a cependant pas le temps d'approcher du lieu du carambolage puisque 2 km plus loin il glisse sur une nappe d'huile qu'un camion citerne qui le précédait a laissé fuir. Quelles actions en justice sont dans ce cas envisageables ? L'assureur qui indemnisera la victime aura-t-il un recours contre le gestionnaire de l'infrastructure ? Existe-t-il un lien de causalité entre l'accident et l'information erronée ?

III.3.2.2. La finalisation du modèle

En termes de responsabilité, on se place dans l'hypothèse de la responsabilité civile qui va amener un dédommagement des victimes s'il y en a ; on traite principalement les dommages que peuvent subir ou pas, les conducteurs ou les autres acteurs, de manière directe ou indirecte, par le biais des assurances. Cette acceptabilité prend dans ce cas une connotation économique. Des régimes particuliers de droits sont apparus à travers un système assuranciel afin d'éviter de faire porter toute la responsabilité au producteur de l'innovation. Le régime de « la responsabilité sans faute » va permettre de dédommager la victime par une assurance sans chercher à connaître le fautif. Il reviendra ensuite à ces assurances d'éclaircir la situation pour rechercher le responsable. La responsabilité du fait des produits défectueux peut être invoquée par la victime. Il s'agit d'une responsabilité objective qui prend en compte un produit qui n'offre pas le degré de sécurité auquel on peut légitimement s'attendre. Il peut s'agir par exemple d'un message tronqué sur un PMV dans le cas de SARI.

Sur ces bases, deux grands principes peuvent être appliqués. Le premier, plutôt paralysant, est le « principe de précaution » (Bout O. 2006). On doit prendre toutes les précautions possibles pour qu'à terme il n'y ait pas de problèmes. Le fait de savoir tout ce que l'on sait à l'heure d'aujourd'hui ne doit pas empêcher l'industriel d'imaginer des situations catastrophiques irréversibles et de prendre des mesures pour les prévenir. En contrepartie le second principe est le « risque de développement ». Celui-ci vient au secours des industriels : le producteur sera exonéré de sa responsabilité si l'état des connaissances scientifiques et techniques au moment où il a mis le produit en circulation ne permettait pas de déceler l'existence de défauts. A partir de ces principes, il s'agira d'évaluer les propositions des projets techniques. Les résultats de ces différentes évaluations pourront amener diverses conséquences : le dispositif technique pourrait éventuellement être modifié, à plus ou moins long terme ; les textes de lois pourraient être amendés à long terme et les juges ou les utilisateurs pourraient être formés aux dispositifs.

D'après ARCOS[20], l'acceptabilité juridique est considérée comme acquise dès lors que la diffusion du dispositif innovant ne modifie pas la charge totale de responsabilité encourue par les différents intervenants et ne réduit pas le droit à l'indemnisation des victimes tel qu'il résulte de la législation en vigueur. Un facteur qui a permis d'affiner la définition a été le problème de la robustesse du dispositif dans le cas de fausses alarmes ou de situations non détectées. Et la réflexion qui a été adoptée a été la suivante : « n'aurait-on pas le droit de dire que statistiquement si on

[20] Projet de recherche du PREDIT, Action de Recherche pour une COnduite Sécurisée, 2004

améliore la sécurité globale, le dispositif vaut la peine, malgré les erreurs dues à la non perfection du système ? »

D'un point de vue juridique, deux dispositions peuvent se présenter : il peut s'agir d'une part, d'étudier un cas accidentogène ou d'autre part, de faire évoluer les règles juridiques actuellement en vigueur conformément à l'innovation. Dans le premier cas et à un instant donné, un problème va devoir être traité par les règles juridiques. Dans ce cas, le conducteur, a priori responsable, peut éventuellement mettre en cause autrui afin que le juge puisse l'affranchir de ses responsabilités et ce dernier devra au final trancher en faveur ou en défaveur du conducteur. Le but est de transposer les thèmes techniques du projet, et plus particulièrement d'identifier les incidents possibles sur les dispositifs technologiques, en une situation juridique où l'on va pouvoir simuler le comportement du juge à une appréciation personnelle près, en fonction des règles connues. Il faudra identifier les incidents les plus généraux et les plus riches ; la complexité de la situation et la priorité relative que l'on va donner aux règles de droit vont engendrer plusieurs interprétations et l'ambiguïté devra être levée avant la prononciation du jugement.

Il est possible de dégager 5 dimensions relatives aux études de cas accidentogènes :

- « **la convenance du message** » en termes de contradiction et d'ambiguïté avec la situation, de connaissances du code de la route, de la quantité d'informations affichée et de la pertinence du message vis-à-vis de son environnement ;
- « **la fiabilité de l'analyse de la situation** » par le dispositif évaluée par la nature technologique des capteurs ;
- « **l'homéostasie du risque** » (Most S.B. 2007) évaluée par le déplacement ou le retrait du PMV, le type d'obstacle susceptible de rencontrer (inopiné ou plausible pour tous les conducteurs) et le niveau d'attention du conducteur ;
- « **les dysfonctionnements du dispositif** » qui peuvent être évalués par le biais de la robustesse et la précision du dispositif, l'adéquation du message affiché, la fiabilité de l'affichage du signal, les contraintes temporelles d'affichage du signal, la nature de l'état du panneau (état de panne ou de fonctionnement avec ou sans la présence d'un message selon une situation de danger ou non) ;
- enfin la dernière conséquence élémentaire pourrait relever « **l'évolutivité des règles juridiques** », évaluées par le biais des formations ou des sensibilisations des conducteurs et des campagnes d'information auprès des assurances.

La figure III.5 présente une manière de concevoir la responsabilité juridique du conducteur.

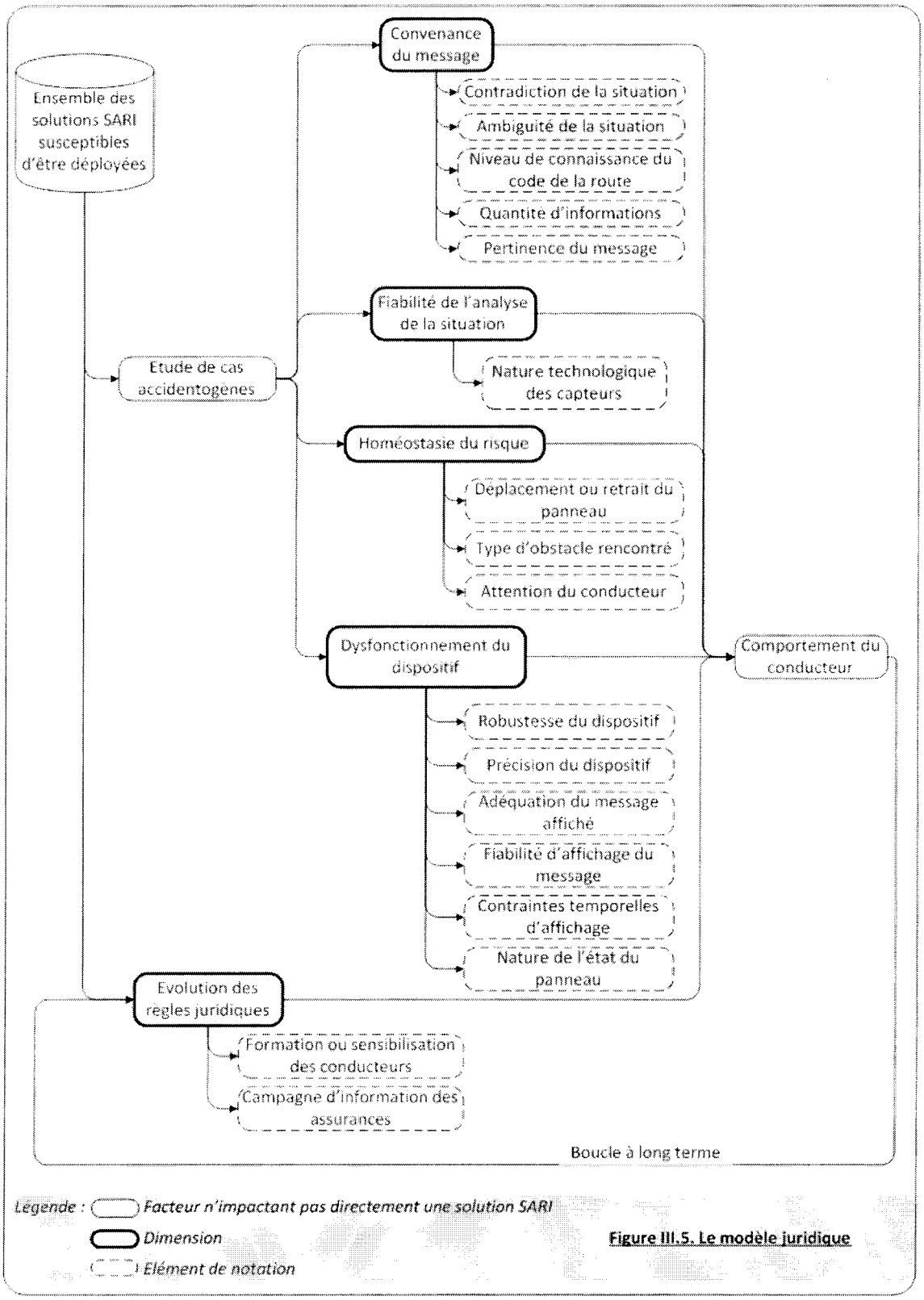

Figure III.5. Le modèle juridique

III.3.3. Le modèle relatif à l'acceptabilité économique

Le modèle de cette acceptabilité est principalement basé sur des modèles prospectifs qui marquent des tendances par rapport à une situation de référence (Deregnaucourt J. 2007). Les techniques de questionnement de l'expert se sont rapprochées de celles de l'acceptabilité individuelle puisqu'il fallait faire émerger l'ensemble des facteurs pouvant être inclus au niveau économique. Il ne s'agissait pas de travailler sur un ensemble de cas particuliers mais plutôt de concevoir un ensemble de facteurs monétarisables que l'on introduit dans un modèle de telle sorte qu'il puisse nous dire si économiquement la solution a SARI est économiquement viable et déployable.

Les « dimensions » correspondantes ont pour objectif de mesurer les flux financiers nécessaires ou consécutifs au déploiement à grande échelle des systèmes mis au point par les thèmes techniques (Bernard A. 2004) (Hammiche S. 1997) :

- flux directs de type « investissement » ;
- flux directs de type « exploitation et maintenance » ;
- flux indirects de type « externalités » : dépenses collectives de santé « évitées » par la mise en œuvre du dispositif par exemple (STIF 2001).

Les principales dimensions pouvant être recueillies sont présentées ci-après et synthétisées dans la figure III.6.

- **le coût d'achat du dispositif** », c'est-à-dire le dispositif d'alerte et le dispositif de diagnostic. Dans le cadre du déploiement à grande échelle des solutions techniques proposées par SARI, le coût diminuera par rapport à celui occasionné par les expérimentations, sous l'effet d'une part, de l'effet d'échelle c'est-à-dire que l'augmentation des quantités produites induit une diminution des coûts unitaires par dilution des frais fixes ; et d'autre part, par l'effet d'expérience c'est-à-dire le savoir-faire croissant de l'industriel fabricant qui induit une diminution des coûts unitaires ;
- « **le coût d'installation du dispositif** » ;
- « **le mode de financement du dispositif** » évalué implicitement selon la durée de vie du dispositif ;
- « **le coût de maintenance et d'exploitation du système** » qui peut être évalué par les paramètres suivants : le coût du changement ou d'une réparation d'un composant, l'infiabilité du système, la fréquence des accidents impliquant le système et le coût de retrait ou de déplacement du dispositif ;

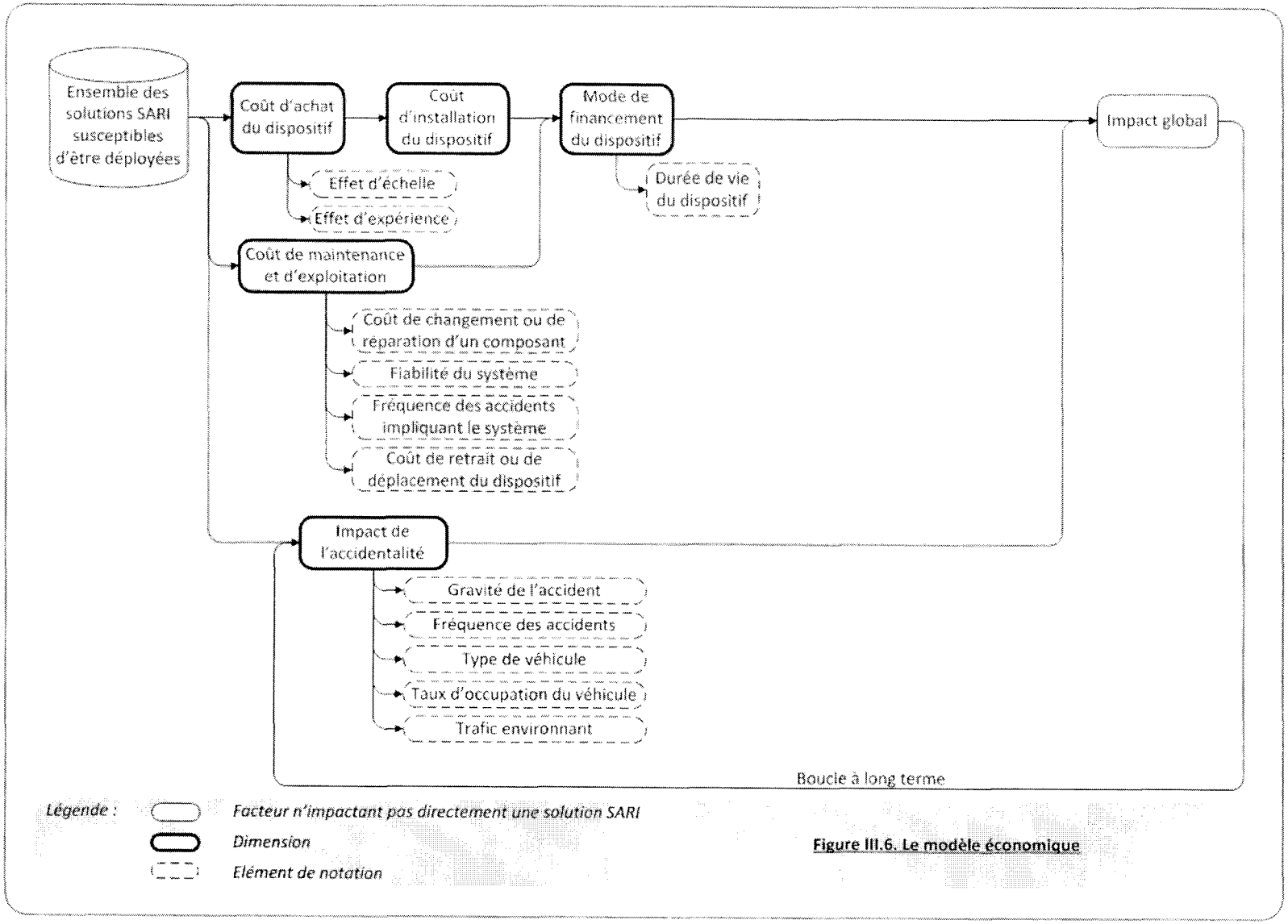

Figure III.6. Le modèle économique

- « **l'impact de l'accidentalité** » qui peut être évalué par la gravité des accidents déjà connus, leur fréquence, les types de véhicules impliqués, le taux d'occupation des véhicules et le trafic environnant (Damart S. 2004).

La situation « de référence » avant la mise en œuvre de l'expérimentation doit être caractérisée : l'accidentalité des sites concernés, le trafic moyen journalier annuel, le taux d'occupation des véhicules... et l'évolution des dispositifs sur la période choisie comme référence c'est-à-dire que leur durée de vie devra être estimée en l'absence de nouveaux systèmes. L'impact des nouveaux systèmes sur ces différents facteurs sera alors obtenu par comparaison avec les valeurs estimées en l'absence de nouveau système, sur la période de temps retenue : en aucun cas, l'impact des systèmes au temps t ne pourra être obtenu par comparaison de l'accidentalité avant l'installation des systèmes et l'accidentalité au temps t avec les systèmes. Il faudra comparer l'accidentalité au temps t en présence des nouveaux systèmes à ce qu'aurait été l'accidentalité au même temps t en l'absence d'implantation de nouveaux systèmes à t0.

Il est important de noter que dans certains cas, ces données sont difficilement accessibles directement : dès lors, il s'agira de travailler à leur estimation, sous réserve de préciser clairement les hypothèses de travail, les limites du raisonnement, les sources d'erreur, la marge d'incertitude...

Enfin des ajustements auprès de différents experts auront lieu après les expérimentations de manière à pouvoir compléter les données manquantes et à consolider le modèle économique. Toutes ces données vont devoir être estimées ou mesurées avec et sans le dispositif de manière à se rendre compte du véritable impact économique à un instant précis. Toutes ces informations sont synthétisées figure III.6.

III.3.4. L'acceptabilité sociale

L'objectif principal de ce modèle d'acceptabilité est de déterminer quels sont les prédicteurs du comportement « respecter les messages délivrés par PMV ainsi que des dispositifs associés » les plus déterminants, afin de connaître comment amener les individus à adopter ce comportement (Fishbein M. 1975) (Ajzen I. 2005). Le travail est ici analogue à l'acceptabilité individuelle puisque l'acceptabilité sociale est centralisée sur le conducteur et la démarche dans la recherche des facteurs principaux a été identique.

Les principales conséquences permettant d'influencer socialement le conducteur sont les suivantes (Somat A. 2008) :

- « **les croyances relatives au comportement** » qui vont indiquer dans quelle mesure l'individu veut mettre en œuvre le comportement attendu (caractérisant le comportement passé et l'identité personnelle de l'individu) ;
- « **l'évaluation des conséquences** » qui représente l'appréciation des conséquences du comportement et de la valeur accordée à ces conséquences. L'appréciation des conséquences du comportement peut être illustrée dans notre cas par le fait qu'utiliser une aide à la conduite augmente ou non la sécurité routière, et la valeur accordée à ces conséquences peut se caractériser par le fait qu'il soit important ou non d'augmenter la sécurité routière ;
- « **les croyances normatives** » représentent les croyances que l'individu peut entretenir quant aux opinions d'autrui (famille, amis, groupes de référence, etc.) vis-à-vis du comportement étudié. En d'autres termes, le conducteur s'attend-il à ce que les aides à la conduite soient utilisées par les différents membres de son groupe d'appartenance ou non ;
- « **les attitudes envers le comportement** » représentent le jugement global qui est porté par l'individu sur le comportement ;
- « **les motivations à se soumettre** » : cette motivation correspond à la volonté de l'individu de se conformer ou non à ces croyances normatives ;
- « **les normes subjectives** » : cet aspect concerne les pressions sociales émanant de son environnement proche et pouvant inciter plus ou moins fortement à la réalisation ou non du comportement. En d'autres termes l'entourage du conducteur pousse à ne plus dépasser les limitations de vitesses, et il y attache de l'importance ;
- « **l'intention comportementale** » : cette notion renvoie à la volonté de l'individu d'adopter le comportement en question. Cette intention d'agir est déterminée à la fois par l'attitude de l'individu à l'égard du comportement et par l'adhésion aux normes subjectives ;

Le conducteur est néanmoins plus ou moins affecté par un ensemble d'éléments internes n'impactant pas directement une solution SARI, marqué par ses caractéristiques fluctuantes et ses caractéristiques sociales. Ses caractéristiques fluctuantes sont représentées par sa personnalité, son état affectif, ses valeurs, ses attitudes générales et ses connaissances. Ses caractéristiques sociales sont principalement caractérisées par son éducation, sa culture, son âge et son sexe qui jouent un rôle non négligeable dans le cadre de l'intention comportementale et du comportement déclaré.

Nous pouvons regrouper l'ensemble de ces 7 dimensions sur la figure III.7.

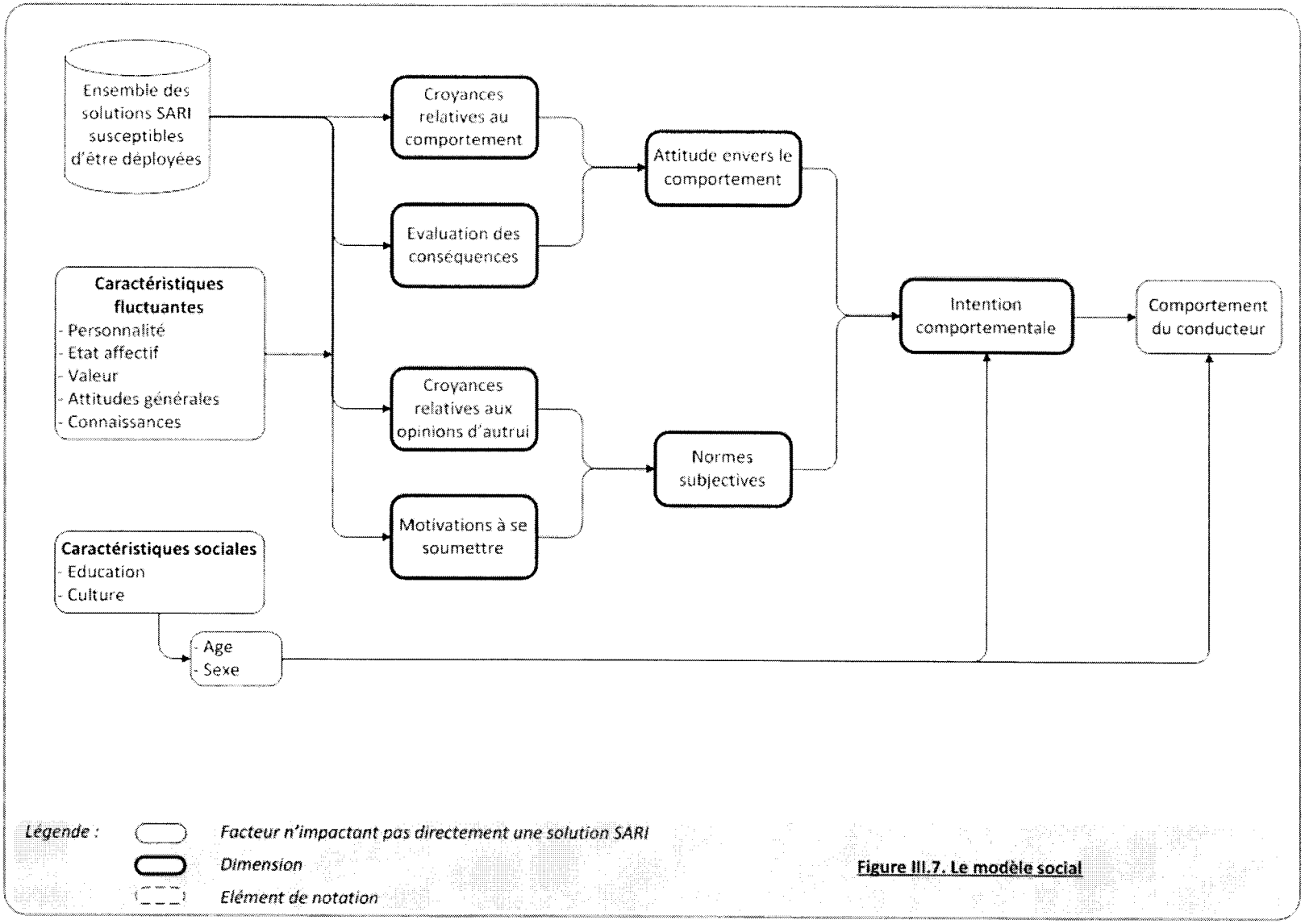

Figure III.7. Le modèle social

Conclusion

Grâce à la MMAD nous avons, dans la première partie de ce chapitre, réussi à délimiter le champ du problème. Nous avons présenté les thèmes techniques IRCAD, RADARR et VIZIR et les solutions qu'ils peuvent apporter aux problèmes soulevés dans SARI. Il n'est effectivement pas de notre ressort de choisir la meilleure offre parmi les actions potentielles mais nous sommes plutôt dans une optique de description qui va aider ou éclairer un décideur qui devra prendre une décision finale, par exemple un élu. Il s'agit alors de formaliser différentes acceptabilités pour élaborer cette décision et établir les liens fonctionnels entre elles.

Nous avons alors élaboré dans ce chapitre un modèle relatif à chaque acceptabilité de manière à appréhender les notions utilisées par les experts. Des entretiens avec ces experts nous ont amené à obtenir en un temps relativement court, un ensemble suffisamment complet de données manipulées par les experts de telle sorte que chaque acceptabilité ait pu être modélisée. Le premier modèle concernant l'acceptabilité individuelle a servi de base entre l'homme, le véhicule et l'environnement. La conception des autres modèles a été ensuite inspirée par la méthodologie utilisée pour ce modèle. Chaque domaine peut de cette manière être comparé de manière plus homogène.

Ces modèles vont nous permettre dans le chapitre suivant de construire un modèle global qui va tenter de prendre en considération au même niveau les différents champs disciplinaires. Cette fusion répondant au terme de l'inter-acceptabilité résultera d'ententes et de compromis parmi les experts de manière à converger vers une grille de lecture légitime.

Chapitre IV. La synthèse des modèles d'acceptabilité

Introduction

L'objectif principal de cette thèse est de concevoir une grille de lecture nous permettant d'aider un décideur final dans le choix d'une solution technique en considérant au même niveau les diverses acceptabilités énoncées dans le chapitre précédent. Nous allons donc dans ce chapitre commencer par évoquer ce que représente l'inter-acceptabilité ainsi que les raisons et les moyens de sa mise en place. Nous allons détailler ensuite la construction des modèles aboutissant à cette inter-acceptabilité, puis construire la vision synthétique de l'ensemble des notions évoquées dans chaque acceptabilité.

IV.1. Introduction à l'inter-acceptabilité

IV.1.1. La définition et le pourquoi de l'inter-acceptabilité

L'acceptabilité d'un système tient compte, *a priori*, d'un point de vue précis. Ce point de vue peut représenter un domaine d'ordre technique sur la faisabilité du dispositif qui sera mis en œuvre ou sur les coûts engendrés pour que celui-ci soit économiquement viable. Nous comprenons immédiatement qu'un dispositif techniquement possible peut ne pas être produit étant donné le coût élevé qu'il représente, et inversement un dispositif non onéreux mais irréalisable techniquement ne sera jamais produit. Il faut dans ce cas tenter de relativiser et de trouver les compromis de chaque point de vue de manière à ce que ce dispositif puisse convenir à ces 2 points de vue.

Dans notre étude, 4 acceptabilités sont étudiées et chacune d'entre elles évoque ses propres convictions. Malgré leur incompatibilité intrinsèque, le but est de montrer qu'il est possible de trouver ce compromis de manière à juger directement d'un dispositif en disposant sur le même plan les acceptabilités individuelle et sociale des conducteurs et les acceptabilités juridique et économique des gestionnaires. Cette fusion des points de vue, représentée sur la figure IV.1, représente l'inter-acceptabilité et éclairera globalement le décideur final sur la solution à adopter lors de sa prise de décision.

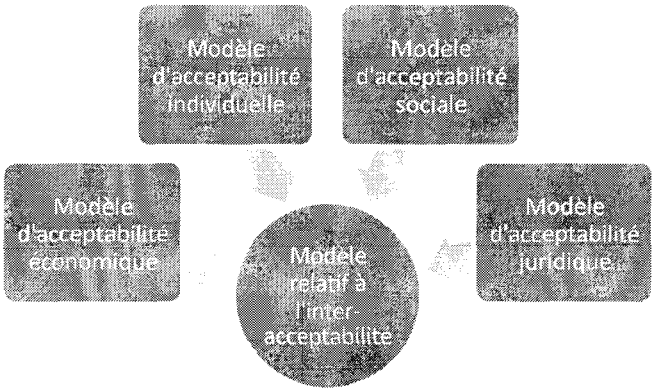

Figure IV.1.Schéma fonctionnel vers l'inter-acceptabilité

IV.1.2. Comment mettre en œuvre cette inter-acceptabilité

Dans un premier temps nous allons rassembler les modèles définis dans le chapitre 3 de manière à évoquer les liens directs ou indirects, les points communs et les différences entre toutes ces acceptabilités. Cette étape nous permettra de structurer l'argumentation du modèle global. Dans

un second temps nous allons nous appuyer sur la méthodologie multicritère de Roy, la MMAD, de manière à concevoir un ensemble de critères synthétiques qui permettra de répondre à l'étude (Duquesne L. 2009).

IV.2. La construction des modèles d'inter-acceptabilité

IV.2.1. Le premier modèle comme fonction d'utilité

Des rencontres et des discussions sous la forme de « brainstormings » avec l'ensemble des experts au sujet de l'inter-acceptabilité ont permis de dégager une notion importante commune à l'ensemble des parties : l'accidentalité. Cette notion représente en effet le point central de l'étude puisque l'objectif est de réduire cette accidentalité. Elle est également présente sur l'ensemble des modèles exposés dans le chapitre précédent. L'agencement de ces modèles relativement à l'accidentalité s'est construit en plusieurs étapes.

Dans un premier temps, chaque acceptabilité a tenté de se situer par rapport à l'impact de l'accidentalité de manière à proposer la première approche globale du modèle d'inter-acceptabilité. La figure V.2. présente cette approche que je vais expliquer. Trois liens ont pu être construits :

- Les modèles des acceptabilités sociale et individuelle, relatifs au conducteur qui va effectuer une action, sont plutôt disposés en amont de l'accidentalité puisque c'est le comportement effectif du conducteur qui va induire un éventuel accident.
- Le modèle de l'acceptabilité juridique se situe davantage en aval de l'accidentalité puisque l'étude du cas accidentogène survient forcément à la suite d'un accident.

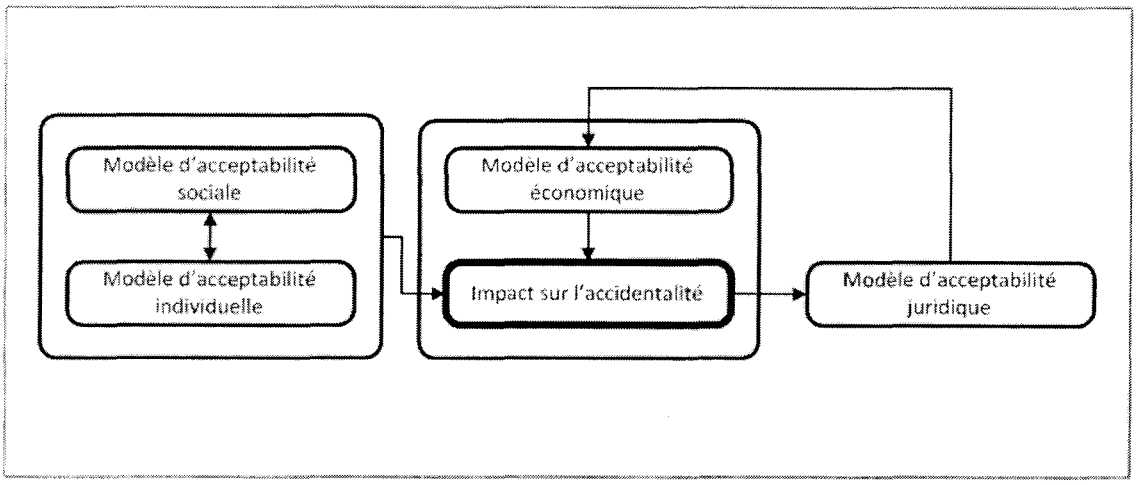

Figure IV.2. Approche globale du modèle de l'inter-acceptabilité

- Le modèle de l'acceptabilité économique comporte l'impact de l'accidentalité comme dimension à part entière. Il est donc central dans le modèle global.

La figure IV.3. montre comment les modèles d'acceptabilité individuelle et sociale se sont associés. L'assemblage amont de l'impact de l'accidentalité représenté par les deux acceptabilités s'initialise d'une part, par les croyances personnelles que le conducteur considère vis-à-vis du signal qui lui est présenté, ainsi que les croyances des autres conducteurs aux alentours. En d'autres termes le conducteur se pose la question de savoir pourquoi il obéirait à ce panneau et ce que vont penser les autres conducteurs environnants lorsqu'il se soumet à cette signalisation. Cette croyance évolue vers l'intention comportementale c'est-à-dire jusqu'à ce que le conducteur soit convaincu qu'il faut adopter un comportement lorsque ce panneau l'avertit du danger.

D'autre part et parallèlement à cette initialisation, le conducteur effectue l'acquisition de la cible en termes de perception, de compréhension et de crédibilité relativement à l'acceptabilité individuelle.

Ces deux branches engendrent un choix d'action du conducteur et un comportement effectif du véhicule qui induit éventuellement un accident. Donc le modèle de l'acceptabilité sociale influe sur le modèle de l'acceptabilité individuelle, et ce dernier agit directement sur l'accidentalité.

La figure IV.4. présente la liaison entre le modèle de l'acceptabilité juridique et l'accidentalité. La question juridique se pose forcément au moment où le conducteur se trouve dans une situation accidentelle, et où il peut invoquer un cas d'étude relatif aux causes de son accident seul ou avec autrui. Ce modèle se positionne donc en aval de l'accidentalité et nous présente les situations pouvant se produire à la suite de cet accident.

La figure IV.5. présente comment le modèle d'acceptabilité économique a été inclus dans le modèle global d'inter-acceptabilité. L'impact de l'accidentalité étant présent dans ce modèle en tant que dimension au sens de la MMAD, il représente une situation centrale dans le modèle. En effet, il s'agit de la seule dimension dans ce modèle qui devrait faire diminuer les coûts globaux si le dispositif choisi répond à une tendance à la réduction effective du nombre d'accidents ; les autres coûts étant déjà préétablis. La partie relative à l'achat du dispositif se situe en amont de l'accidentalité car cette donnée va initialiser son impact réel lorsque le système sera acheté puis installé. Enfin la partie relative à la maintenance du système se situe en aval de l'accidentalité puisque ces coûts seront conséquents de l'accidentalité impliquée par le dispositif installé. Ils vont donc s'accoler au modèle d'acceptabilité juridique, relativement à la branche impliquant la défaillance du dispositif.

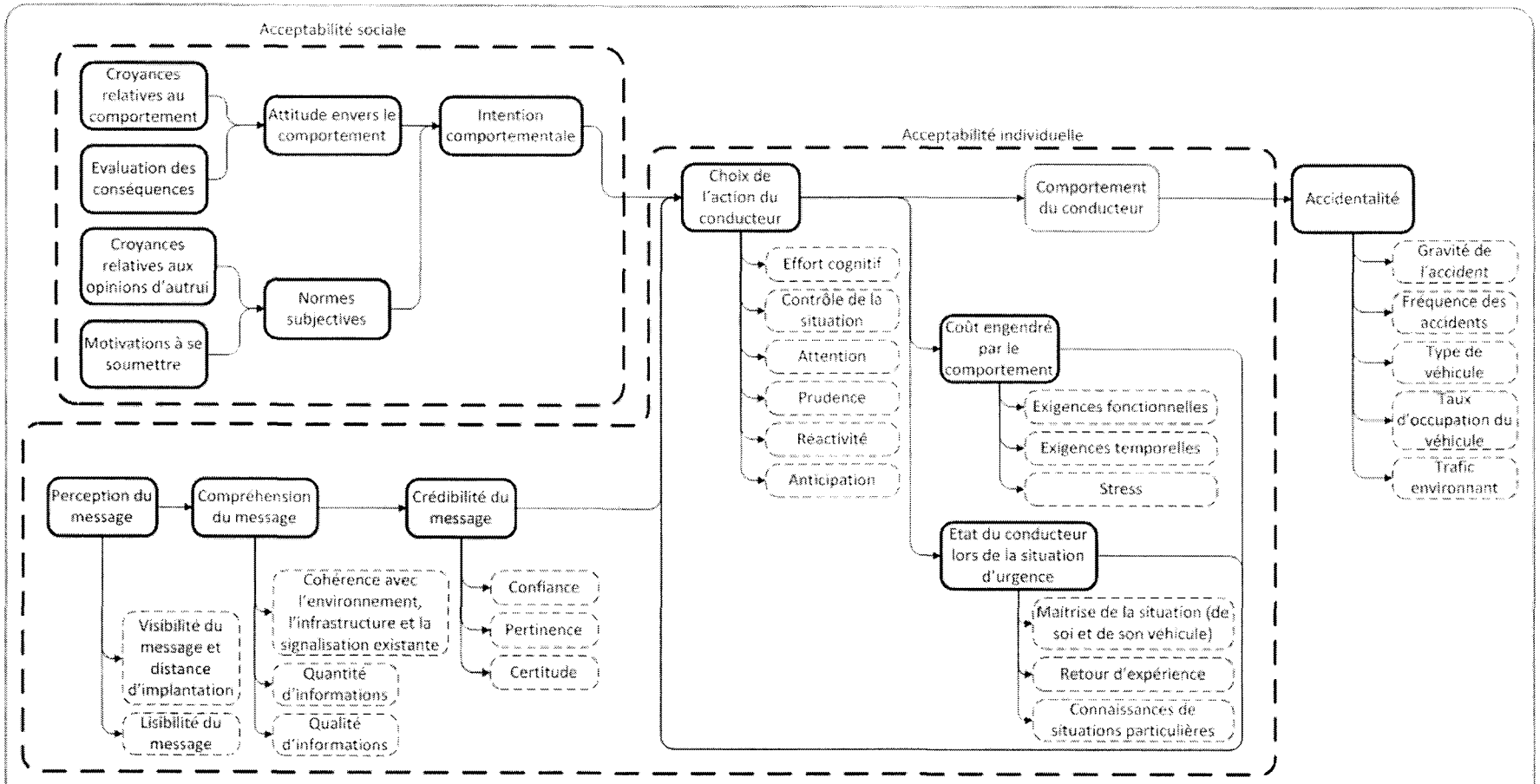

Figure IV.3. Association des modèles d'acceptabilité individuelle et sociale

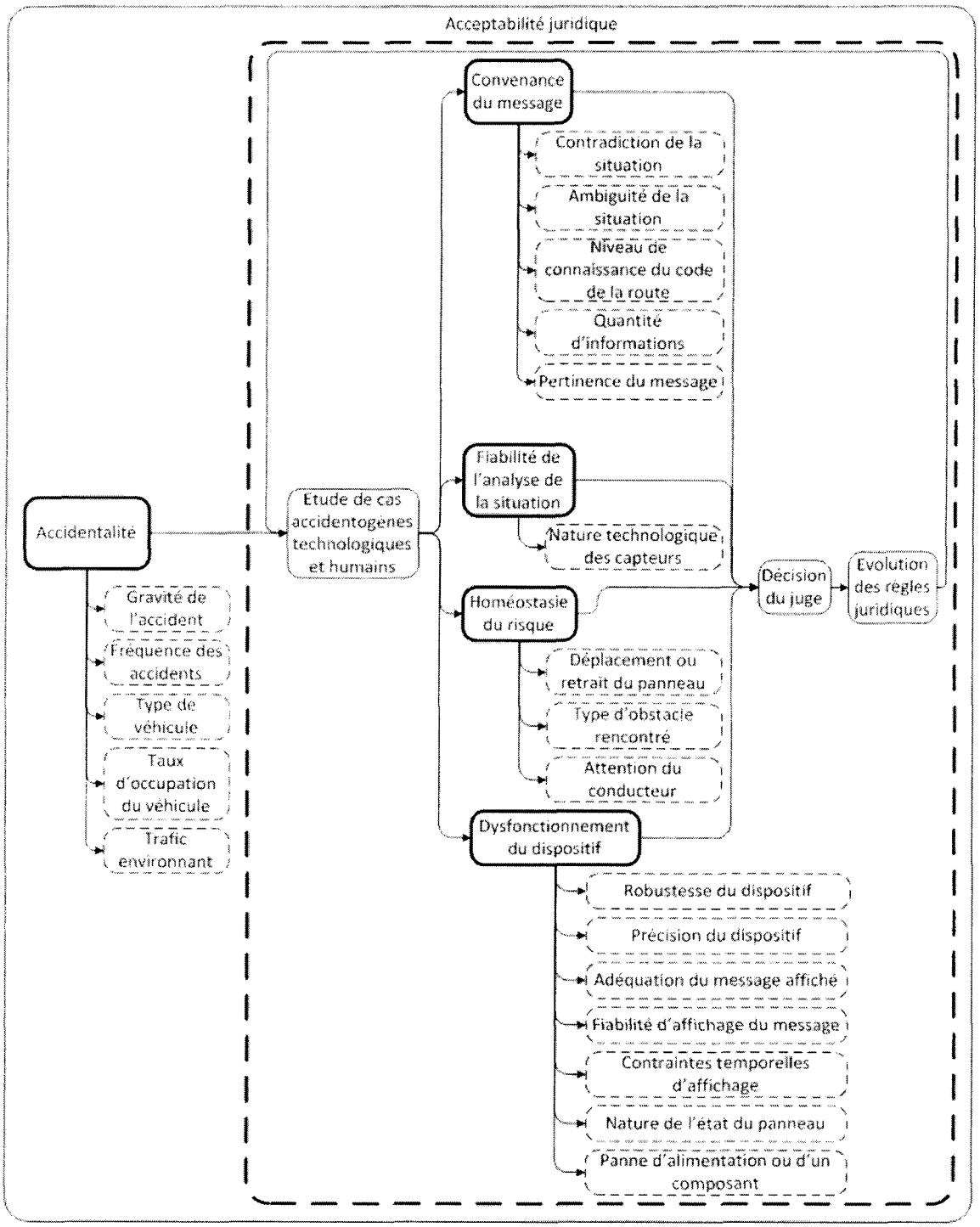

Figure IV.4. Liaison de l'accidentalité au modèle d'acceptabilité juridique.

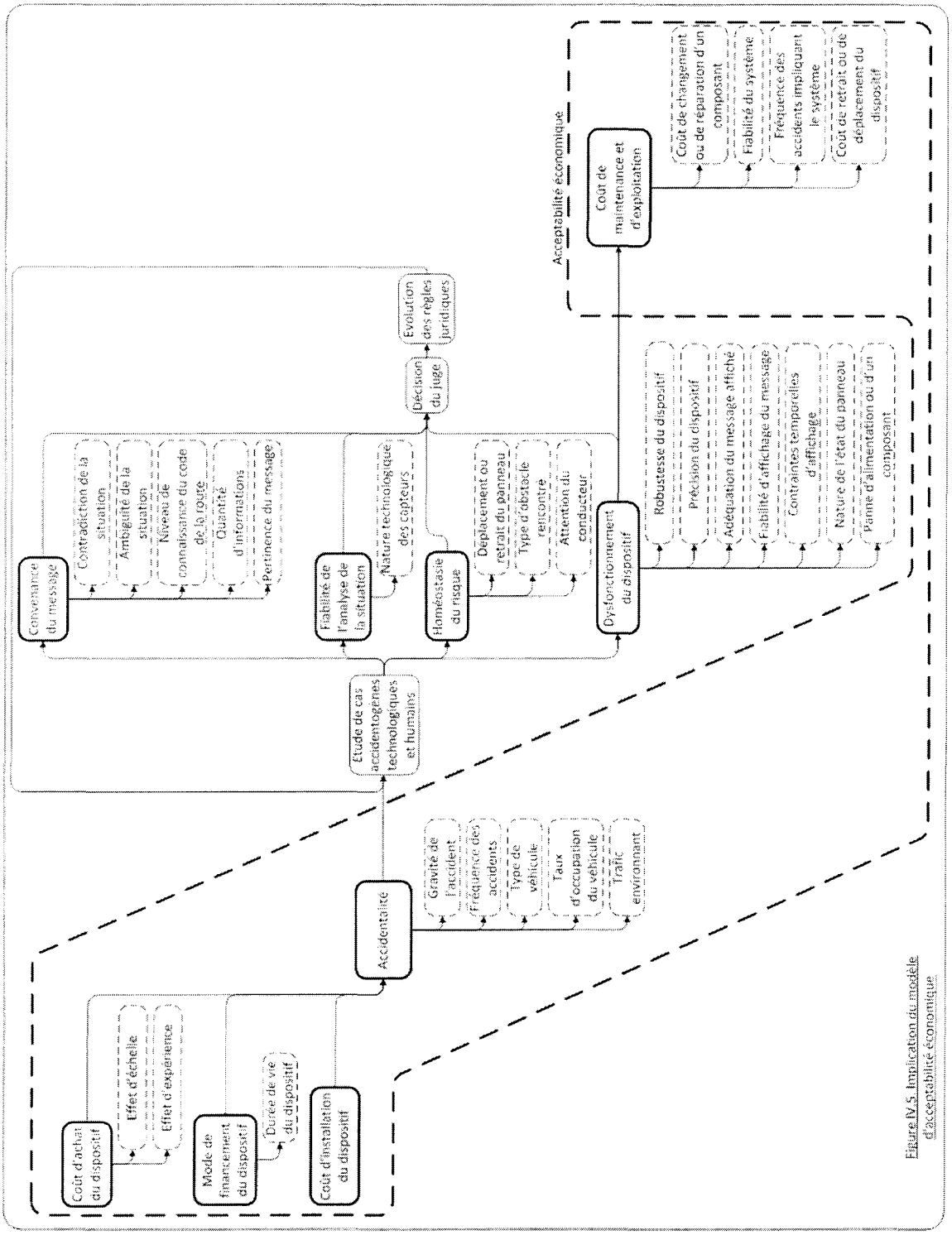

Figure IV.5. Implication du modèle d'acceptabilité économique

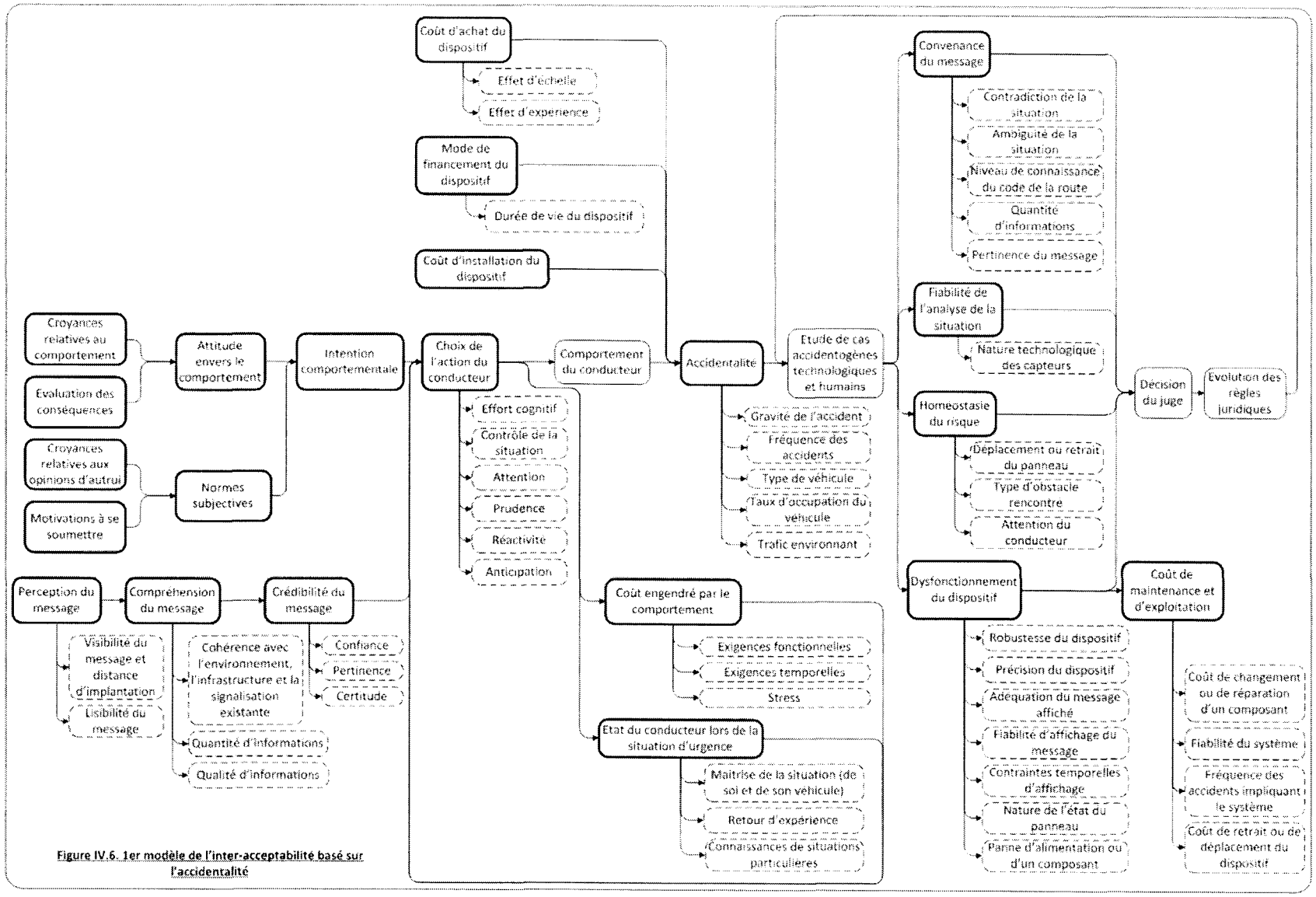

Figure IV.6. 1er modèle de l'inter-acceptabilité basé sur l'accidentalité

Deux entrevues avec l'ensemble des experts ont permis de concevoir le modèle de la figure IV.6. Lors de ces réunions, chaque expert a soumis son propre jugement vis-à-vis de la découverte des autres acceptabilités en essayant de s'exclure de son propre domaine. Les différents éléments présentés ci-dessus nous permettent de construire le modèle global d'inter-acceptabilité présent sur la figure IV.6.

Sur le modèle de la figure IV.6. l'accidentalité est centrale. Cette dimension étant clairement définie dans l'acceptabilité économique elle n'a pas été modifiée. Tout ce qui précède cette dimension relève principalement des acceptabilités individuelle et sociale. Cette dernière évoque ses 6 dimensions permettant d'engendrer l'intention comportementale du conducteur. Cette intention est ensuite injectée dans le modèle individuel au moment où le conducteur va choisir son action après avoir perçu, compris et adhéré au message présenté sur le PMV. Le coût d'achat et d'installation du dispositif ainsi que le mode de financement portent un impact non négligeable sur l'accidentalité puisque ce coût définit la qualité des capteurs utilisés.

L'ensemble des dimensions qui suivent l'accidentalité se rapporte aux études de cas accidentogènes de manière juridique selon le déroulement de la situation. Et enfin dans le cas où l'accident implique un dysfonctionnement du dispositif, il impactera sur la dernière dimension économique représentée par le coût d'exploitation et de maintenance qui va évoluer.

Cependant ce modèle qui résulte de l'assemblage des modèles initiaux **n'est pas entièrement satisfaisant pour les experts** :

- la situation de ce modèle se décline trop du point de vue du conducteur et pas suffisamment du décideur final qui devra adopter une solution SARI ;
- le point de vue humain dans ce modèle semble trop prépondérant et trop détaillé par rapport aux autres points de vue ;
- les modèles individuel et social sont davantage imbriqués : la crédibilité du message est relative à l'intention comportementale avant le choix d'une action.
- on remarque que dans l'acceptabilité économique, l'infrastructure, ou les coûts de la lecture des véhicules auscultateurs qui parcourront les routes, ne ressort pas suffisamment. Cette notion peut être placée dans l'accidentalité car elle représente un coût qui révèle si la situation est jugée dangereuse pour implanter le dispositif à cet endroit ;
- le sens des flèches, sur la figure IV.6, après l'accidentalité, ne signifie pas la même chose que les autres flèches causales. Il s'agit plutôt d'un choix suivant le cas où l'on se situe.

De ce fait nous avons conçu un second modèle plus centré sur le décideur final et qui reprend toutes ces réactions dans le but d'obtenir un consensus, au sein du modèle d'inter-acceptabilité.

IV.2.2. Le second modèle sous l'angle du choix social

Ce modèle reprend en considération toutes les remarques précédentes et les entrevues avec les experts ont abouti au modèle de la figure IV.7. Plusieurs réflexions nous ont amené à modifier l'imbrication des modèles d'acceptabilité individuelle et sociale. Le modèle de l'acceptabilité sociale aboutit aux intentions comportementales.

Vis-à-vis du modèle individuel, et d'après la figure IV.3, la crédibilité du message associée à l'intention comportementale engendre un choix de l'action du conducteur. Or, l'intention comportementale inclut déjà que le message est crédible. De ce fait nous avons positionné la crédibilité du message en amont de cette intention comportementale qui va induire un choix d'action pour le conducteur.

Une seconde réflexion s'est faite relativement aux coûts des véhicules auscultateurs qui parcourent les routes de France afin de repérer les endroits accidentogènes. Ils n'apparaissent pas clairement dans le modèle et peuvent représenter les coûts relatifs à l'infrastructure routière. Ce facteur peut donc être inclus dans le barème de notation de l'accidentalité étant donné qu'il représente indirectement la présence de zones dangereuses susceptibles d'y installer un dispositif issu de SARI.

Le fléchage relatif au modèle d'acceptabilité juridique se caractérise par un cas qui engendre une seule branche du modèle fonctionnel. D'après la figure IV.4. les dimensions qui suivent l'étude de cas accidentogènes technologiques et humains représentent un choix relatif aux circonstances de l'accident. Nous avons représenté différemment le fléchage à cet endroit.

Du point de vue du décideur final, les aspects du modèle de la figure IV.6. relatif au conducteur et situés avant l'accidentalité semblent trop prépondérants. L'imbrication des modèles d'acceptabilité individuelle et sociale a donc été déplacé dans un des cas relatifs au modèle de l'acceptabilité juridique et plus particulièrement à la convenance du message. Elles vont permettre de mieux apprécier la convenance du message et il sera possible de ce fait de savoir à quel endroit l'erreur humaine a été commise. De ce fait l'accidentalité dans le modèle présenté dans la figure IV.7. représente le point d'entrée et nous avons intégré l'ensemble des modifications qui ont été amenées par les experts de manière à pouvoir justifier d'un consensus pluridisciplinaire.

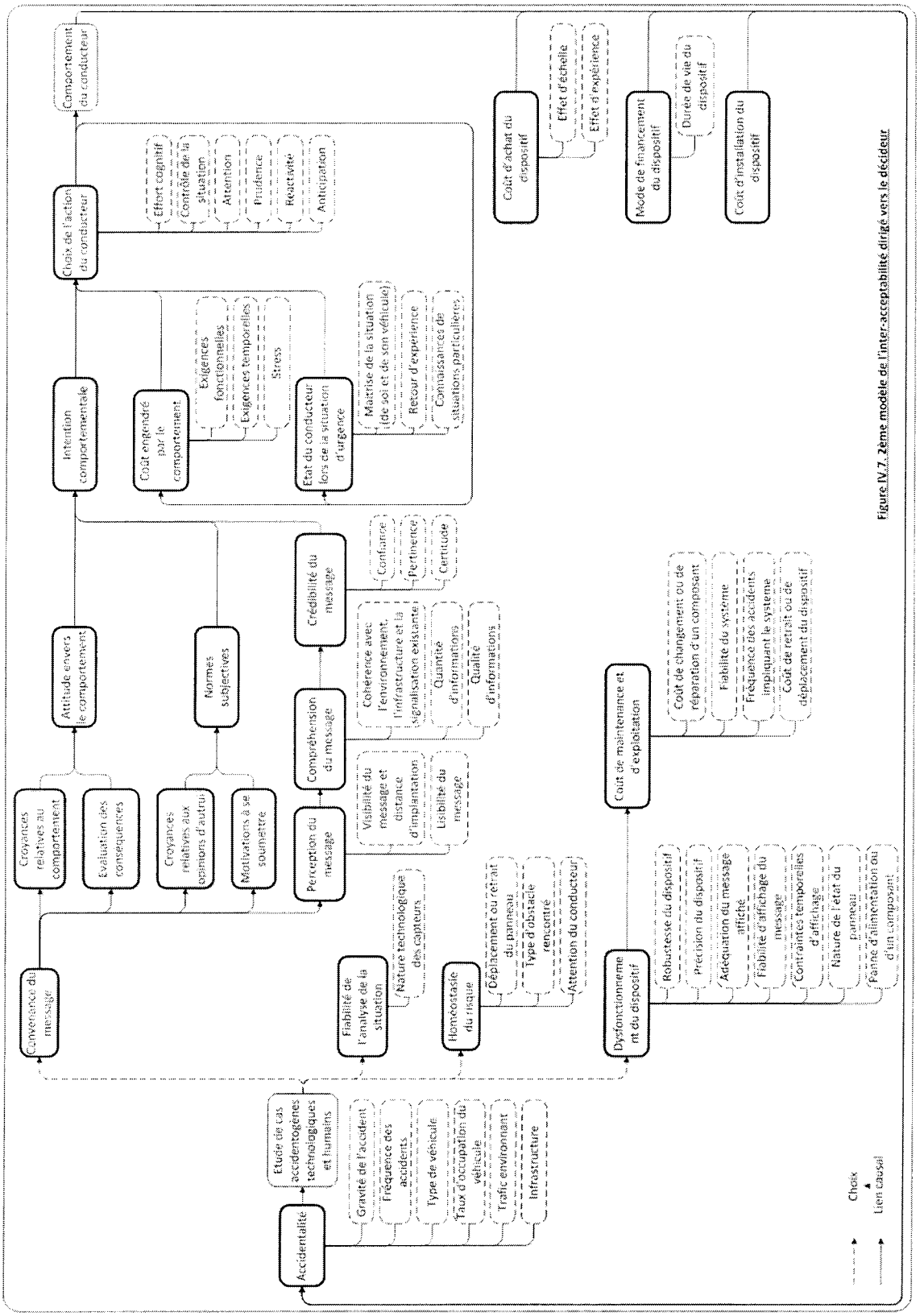

Figure IV.7. 2ème modèle de l'inter-acceptabilité dirigé vers le décideur

IV.2.3. Conclusion sur les modèles de l'inter-acceptabilité

Ces deux modèles présentent tous les deux des aspects différents de la vision de toutes les acceptabilités prises au même instant. Le premier modèle cherche à retrouver un élément commun aux différentes acceptabilités. Il indique comment les acceptabilités s'imbriquent autour de l'élément clé sans discernement de l'objectif majeur de l'étude. Le second modèle est davantage approprié à un schéma de prise de décision car il montre immédiatement les cas possibles de ruptures et de dysfonctionnements suite à un incident et montre les mises en œuvre directes économiques et humaines pouvant être la cause de ces incidents.

La construction de ces modèles a permis de montrer la constitution des 4 champs disciplinaires d'AJISE aux différents experts. Ce premier travail a permis de dégager des points communs, des compromis et des divergences globales. Néanmoins ces modèles ne suffisent pas dans cet état. En effet, ils sont trop chargés, leur vision n'est pas assez synthétique et une réorganisation s'impose afin que la grille de lecture soit mieux adaptée au contexte de prise de décision.

IV.3. La synthèse des modèles de l'inter-acceptabilité

IV.3.1. Première étape : isolement des dimensions

La procédure de synthèse s'est déroulée de la manière suivante : dans un premier temps, l'intégralité des dimensions accompagnées de leur barème de notation ont été isolées et listées arbitrairement, sans tenir compte de leur organisation au sein du modèle initial. On perd, de ce fait, leur hiérarchie tout en conservant leur définition ainsi que leur barème de notation associé. Puis dans un second temps, des regroupements selon des catégories plus générales ont été créés, caractérisant au mieux chaque dimension. Nous relevons chacune des 22 dimensions dans le tableau IV.1.

N°	Liste des dimensions	Provenance des dimensions
1	Attitudes envers le comportement	Modèle social
2	Choix de l'action du conducteur	Modèle individuel
3	Compréhension du message	Modèle individuel
4	Coût d'achat du dispositif	Modèle économique
5	Coût d'installation du dispositif	Modèle économique
6	Coût de maintenance et d'exploitation	Modèle économique
7	Coût engendré par le comportement	Modèle individuel

8	Crédibilité du message	Modèle individuel
9	Croyance relative au comportement	Modèle social
10	Croyances normatives	Modèle social
11	Dysfonctionnements du dispositif	Modèle juridique
12	Etat du conducteur lors de la situation d'urgence	Modèle individuel
13	Evaluation des conséquences	Modèle social
14	Fiabilité de l'analyse de la situation	Modèle juridique
15	Homéostasie du risque	Modèle juridique
16	Impact de l'accidentalité	Modèle économique
17	Intention comportementale	Modèle social
18	Mode de financement du dispositif	Modèle économique
19	Motivations à se soumettre	Modèle social
20	Normes subjectives	Modèle social
21	Perception du message	Modèle individuel
22	Convenance du message	Modèle juridique

Tableau IV.1. Liste des 22 dimensions des 4 modèles obtenus

Ces dimensions sont désormais prises en considération individuellement de manière à les classifier vis-à-vis de leur signification.

IV.3.2. Reclassification globale des dimensions

Dans le tableau IV.1, la première dimension intitulée « Les attitudes envers le comportement », représente les jugements portés par les individus vis-à-vis du comportement et peut être incluse dans une catégorie plus générale intitulée « la réalisation du comportement ». « Le choix de l'action du conducteur » évoque davantage un élément caractéristique des « intentions des conducteurs ». « La compréhension du message » est évaluée par la lisibilité et la visibilité du message. Cette notion est davantage portée à « l'acquisition de la cible ». « Le coût d'achat du dispositif », évalué par l'effet d'échelle et d'expérience, évoque une partie de la « mise en œuvre technique » qui sera déployée pour une solution envisagée. Nous pouvons également considérer de la même manière le « coût d'installation du dispositif » et le « coût de maintenance et d'exploitation » : ils représentent l'ensemble des éléments indispensables à la « mise en œuvre technique » des solutions envisagées. Le « coût engendré par le comportement » représente les exigences et le stress du conducteur et évoque un élément relatif à la « réalisation du

comportement ». La « crédibilité du message » relative à la confiance, la pertinence et la certitude dans le message évoque plus généralement « l'acquisition de la cible ». La « croyance relative au comportement » et les « croyances normatives » évaluent les croyances par rapport à l'accomplissement ou non du comportement et par rapport aux opinions d'autrui. Ces deux dimensions représentent plus généralement l'ensemble des « connaissances » acquises par les conducteurs au court de leurs expériences. Les « dysfonctionnements du dispositif » sont plus généralement associés à la « mise en œuvre technique » du dispositif qui sera implanté. « L'état du conducteur lors de la situation d'urgence » et « l'évaluation des conséquences » sont deux paramètres qui influent sur la prise de décision du conducteur. Ces deux dimensions peuvent être positionnées dans les « intentions du conducteur ». La « fiabilité et l'analyse de la situation », « l'homéostasie du risque » et « l'impact de l'accidentalité » sont trois dimensions ayant un rapport avec la possibilité de l'intervention d'une situation inopinée et peuvent être catégorisées par « l'estimation du risque ». « L'intention comportementale », associée aux « intentions du conducteur », est relative à ce que l'individu veut mettre en œuvre dans le comportement attendu. Le « mode de financement du dispositif », en étroite liaison avec le coût d'achat du système peut se placer plutôt dans la sphère de la « mise en œuvre technique ». Les « motivations à se soumettre » relèvent plus particulièrement des « intentions du conducteur » étant donné que ce sentiment va affecter le choix de son comportement. Les « normes subjectives » représentent les croyances personnelles affectant le conducteur et peuvent contribuer aux « connaissances ». Enfin la « perception du message » et la « convenance du message » sont relatives à « l'acquisition de la cible » qui s'attache plutôt à la lisibilité ou à l'ambiguïté du message.

IV.3.3. Schéma récapitulatif de la reclassification

Il est donc possible, à partir de la mise à plat des 22 dimensions des différentes acceptabilités, de les rassembler en 6 catégories de manière à obtenir une vision synthétique globale des solutions considérées. Cette organisation se concrétise par la figure IV.8.

Cette catégorisation est assimilée à la notion de critères exprimés par la MMAD où chaque catégorie représente une fonction numérique qui peut être évaluée par le biais des barèmes de notations associés à chaque dimension. Nous allons expliciter cette évaluation dans le paragraphe suivant.

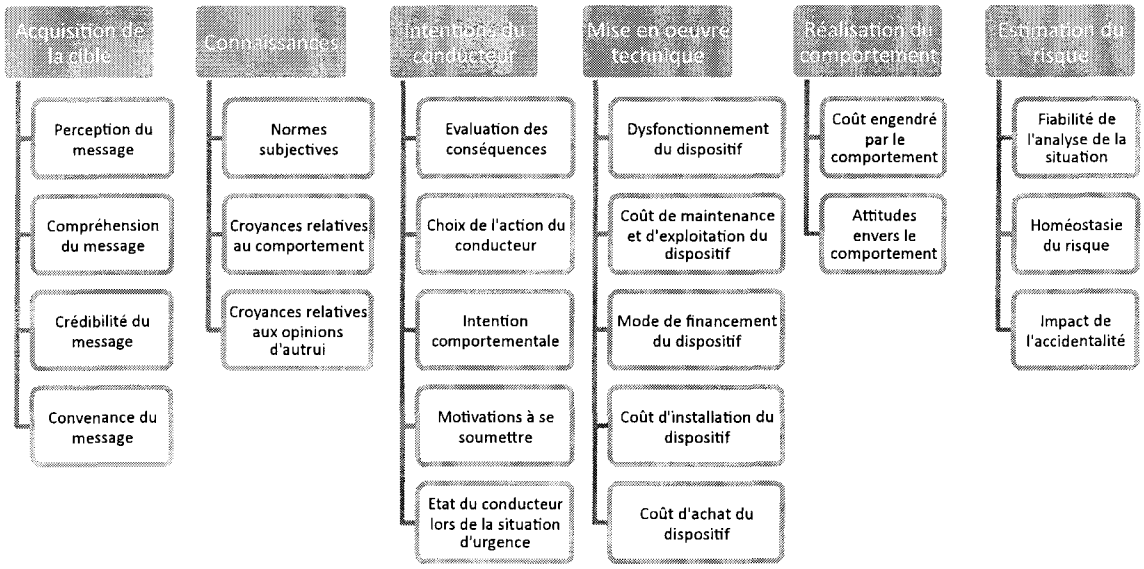

Figure IV.8. Catégorisation des dimensions dans le modèle de l'inter-acceptabilité

IV.4. L'évaluation des critères

IV.4.1. La notation des dimensions

Nous allons nous focaliser sur la dimension 15 du tableau IV.1 afin d'illustrer la notation. La dimension en question est « l'homéostasie du risque ». L'exemple caractéristique de cette situation est celui d'un conducteur qui, pour les besoins de son travail, passe chaque jour ouvré devant un PMV qui lui transmet des informations devenues habituelles du type « ralentir, vitesse trop élevée » ou « obstacle signalé ». Il adapte son comportement afin de se conformer aux conseils dispensés, au point de le faire machinalement. Un sentiment de sécurité se développe chez lui, baissant son niveau d'attention en ce point précis alors qu'une circonstance non détectée par le PMV, qui peut être une perte de cargaison par un véhicule précédent, une traversée d'animaux ou de gibier sur la chaussée peut se présenter brutalement à lui, rendant l'accident inévitable. Cette situation peut être évaluée par l'intermédiaire de « l'attention du conducteur », « le type d'obstacle rencontré » et « le déplacement ou le retrait du panneau ». Ce barème s'organise de la manière suivante :

- l'attention du conducteur est évaluée par ce conducteur selon 7 valeurs sur une échelle discontinue décroissante de la dangerosité de la situation allant de 6 à 0 où 6 représente l'absence totale d'attention et 0 une attention irréprochable ;
- le type d'obstacle rencontré est évalué par 4 valeurs selon une échelle discontinue décroissante de la dangerosité de la situation où 3 représente un obstacle de type

« humain », 2 est un obstacle du type « animal », 1 est un obstacle matériel et 0 représente l'absence d'obstacle ;

- enfin le déplacement ou le retrait du panneau est évalué de manière binaire toujours suivant la même échelle de décroissance afin d'être globalement cohérent. 1 représente le retrait ou le déplacement du panneau et 0 représente l'invariabilité du panneau.

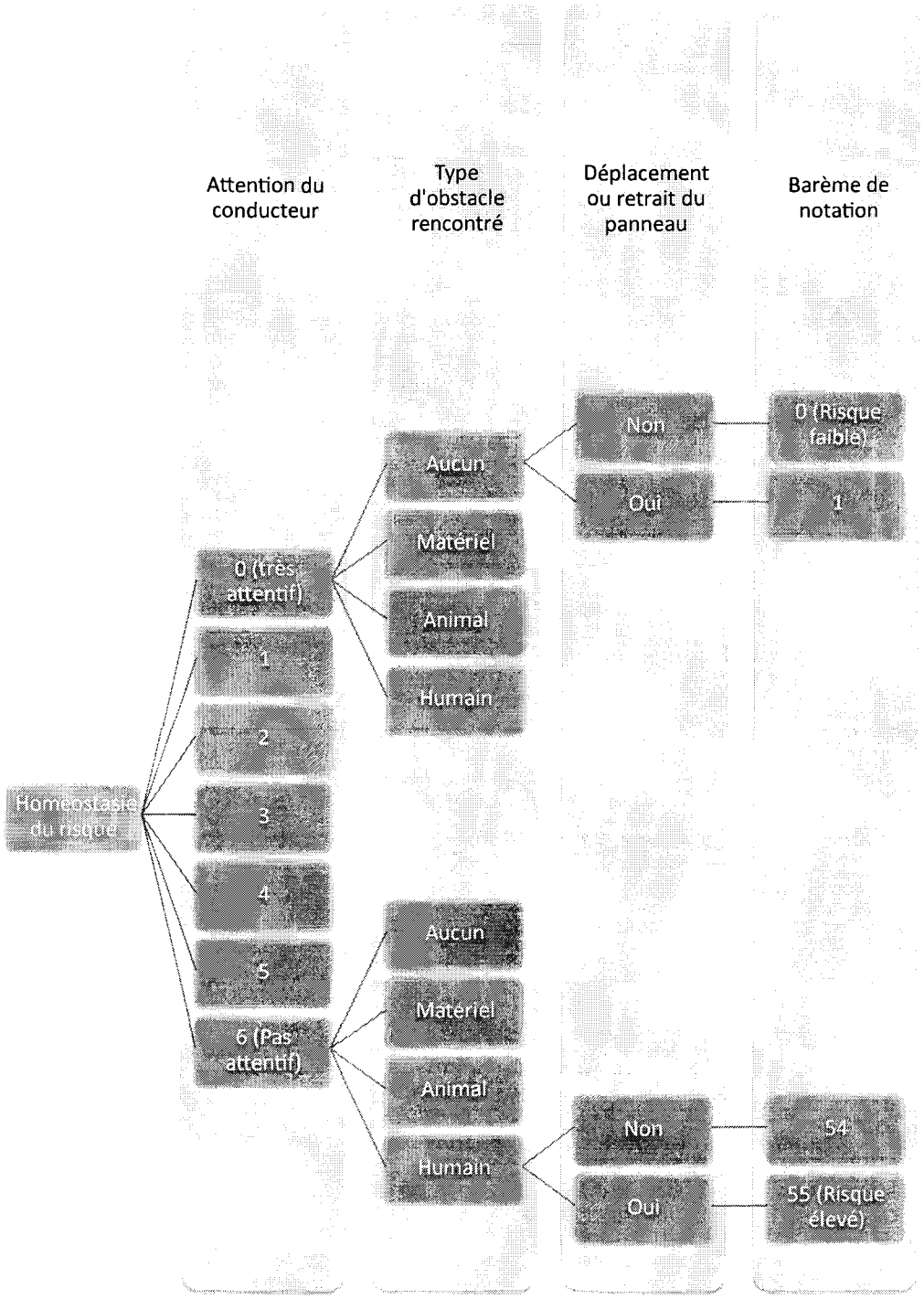

Figure IV.9. Evaluation de la 17ème dimension : homéostasie du risque

La dimension est évaluée par la succession des 3 échelles la composant. Elle comporte donc 56 états selon une échelle discontinue décroissante de la dangerosité de la situation et elle est illustrée dans la figure IV.9. Les 56 états résultent de l'enchainement des 3 barèmes de notation permettant d'identifier le niveau de l'homéostasie du risque. Les 3 barèmes comportant chacun plusieurs valeurs. La multiplication de ces valeurs (7x4x2) nous indique son évaluation.

La valeur 55 représente un risque élevé et 0 un risque faible d'accident lié à l'homéostasie du risque dans l'activité de conduite. Ce type d'évaluation peut être répercuté de la même manière pour l'ensemble des 22 dimensions à l'aide de leur barème de notation associés et explicités dans les modèles du chapitre 3. Intégrons maintenant ces dimensions au sein des critères formés précédemment.

IV.4.2. La notation des critères

Nous pouvons continuer sur la base de la 15ème dimension explicitée précédemment. Nous pouvons voir sur la figure IV.8. que cette dimension fait partie du critère intitulé « estimation du risque ». Celle-ci est évaluée par le biais de 3 dimensions : l'impact de l'accidentalité, la fiabilité de l'analyse de la situation et l'homéostasie du risque. Ces 3 dimensions sont évaluées selon un certain nombre d'échelons et les notes affectées à chacune d'entre elles seront incluses dans la notation du critère selon le principe de la moyenne arithmétique comportant éventuellement une pondération plus ou moins importante selon les experts. La notation est illustrée dans la figure IV.10.

SARI étant pour le moment non finalisé, toutes les données concernant les dimensions et les critères ne sont pas encore accessibles à tous les experts. Des expérimentations sont en cours sur des routes réelles et nous pouvons pour le moment exprimer comment les données sont acquises et exploitées sur le terrain.

A partir de ce qui a été effectué par rapport aux différentes acceptabilités et en parallèle à ce travail dans le thème transversal AJISE, des expérimentations sur routes réelles ont eu lieu de manière à pouvoir suivre l'évolution du comportement du conducteur entre le moment de la signalisation existante et le moment où l'installation des dispositifs ont été effectifs. Nous allons aborder dans le chapitre suivant comment les différentes données ont été recueillies lors de ces expérimentations.

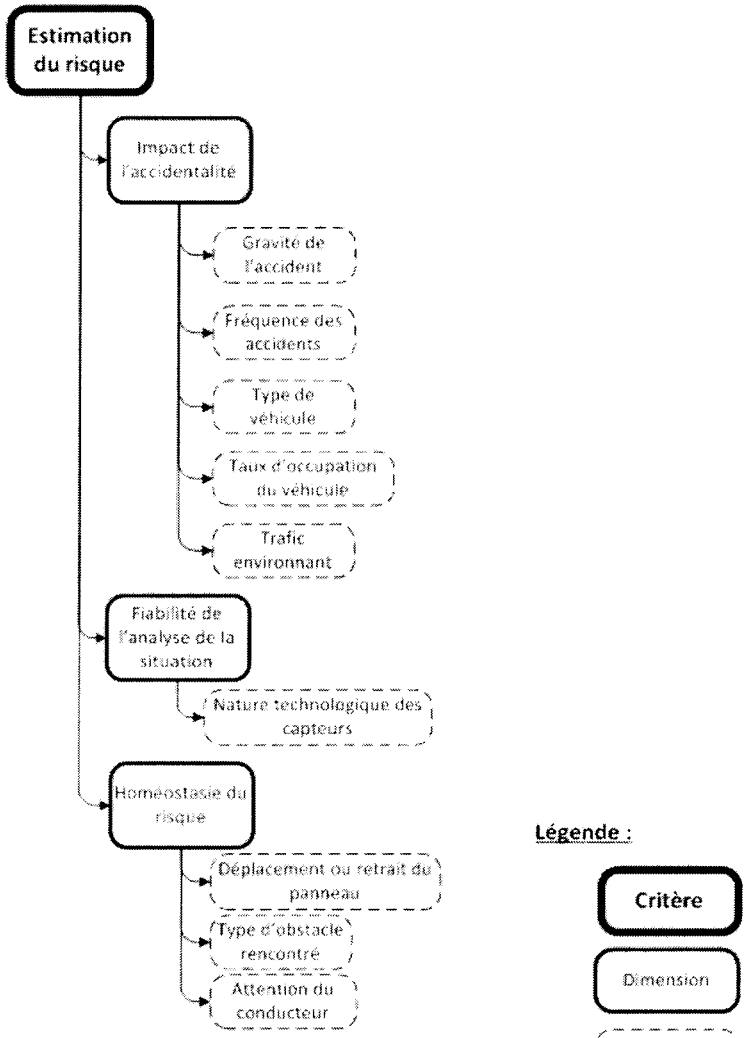

Figure IV.10. Evaluation du critère « estimation du risque »

N°	Dimension	Nombre d'échelons	Codage des échelons
16	Fiabilité de l'analyse de la situation	x	
17	Homéostasie du risque	56	55, 54, ..., 1, 0
18	Impact de l'accidentalité	y	

Tableau IV.2. Codage du critère relatif à la situation inopinée

Conclusion

Les modèles obtenus dans le chapitre précédent ont pu être mis en relation afin d'établir une stratégie de fusion des différentes acceptabilités. Cette tâche a tout d'abord été réalisée par le biais du facteur clé « accidentalité » qui a permis d'en faire un point commun global. La seconde approche visait à reconsidérer cet élément central vis-à-vis de la problématique de départ qui était de constituer une grille de lecture pour un éventuel décideur. Nous nous sommes donc aperçus que les aspects relatifs aux modèles individuel et social étaient trop prépondérants par rapport aux aspects économiques et juridiques. En effet, ces deux dernières disciplines sont plus importantes aux yeux du décideur final. Il a donc été décidé de construire ce second modèle de manière à prendre en considération les aspects humains au sein des disciplines économiques et juridiques.

Ces modèles ont ensuite été réduits de manière à obtenir une vision globale plus synthétique et plus rapidement opérationnelle pour un décideur potentiel.

Les évaluations des 6 critères finaux sont toujours en cours étant donné l'état d'avancement du projet AJISE. Les expérimentations et les moyens mis en œuvre afin d'aller récupérer les données objectives et subjectives nous aideront à apprécier ce modèle vis-à-vis des dispositifs qui seront déployés. Nous allons coordonner dans le chapitre suivant les données relevées lors des expérimentations et les intégrer dans les modèles obtenus de manière à fournir un exemple concret.

Chapitre V. Premières valuations expérimentales et perspectives de travail

Introduction

Dans ce dernier chapitre, nous allons évoquer les expérimentations qui se sont déroulées dans ce projet sur routes réelles afin de comprendre comment ont été évalués de manière objective et subjective les comportements des conducteurs.

Nous relierons donc notre étude aux expérimentations qui ont eu lieu vis à vis de l'évolution de la signalisation dans les portions de routes choisies. Durant tout le projet, chaque thème a expérimenté ses dispositifs aux endroits prédéterminés selon leur dangerosité. Des moyens ont été mis en œuvre afin de collecter les informations utiles relatives aux comportements des conducteurs.

Nous allons décrire dans un premier temps, la manière dont ont été organisées ces expérimentations. Dans un second temps nous présenterons les dispositifs qui ont permis de relever les mesures relatives aux comportements des conducteurs au passage sur ces sites expérimentés. Enfin nous allons tenter de relier ces mesures aux modèles établis dans le chapitre précédent, de manière à mieux nous rendre compte de la grille de lecture qui pourrait aider un décideur dans le choix d'un dispositif innovant.

Nous terminerons en proposant des axes de perspectives relatifs à l'élaboration d'une recommandation de cette grille de lecture, de manière à ce qu'elle soit communicable à grande échelle et qu'elle puisse répondre aux attentes du projet.

V.1. Le déroulement des expérimentations sur routes réelles

V.1.1. Le choix des sites

Les sites expérimentaux ont été présélectionnés en accord avec le Conseil Général des Côtes d'Armor, du fait de sa volonté de participer à ces expérimentations (Kerdudo K. 2005). Celui-ci a évalué les besoins relatifs aux thèmes techniques puis grâce aux recensements de l'accidentalité de cette région, ils ont pu dégager un certain nombre de sites envisageables.

Les contraintes permettant de dégager les sites pertinents ont été les suivantes :

- l'intensité du trafic doit être suffisante pour l'expérimentation ;
- la courbure de la voie relatant des difficultés de conduite doit être également suffisante ;
- l'état de surface de la chaussée ne doit pas être trop dégradé ;
- les abords du site ne doivent pas engendrer une quelconque modification comportementale du conducteur, comme par exemple une entrée d'agglomération à proximité du site ;
- il convient de pouvoir choisir un site déjà équipé par une source d'énergie électrique de manière à faciliter l'insertion du nouveau dispositif.

Les sites choisis par les différents thèmes techniques, présentés dans le premier chapitre, ont tous tenté de répondre à ces contraintes et ont été sélectionnés sur cette base appuyée par des études du CETE[21] Ouest basé à Nantes.

V.1.2. Le déroulement des campagnes expérimentales

Les expérimentations se déroulent en plusieurs phases, chaque phase durant quelques jours sur chaque site, de manière à évaluer l'impact de cette nouvelle signalisation par rapport à une situation de base existante (Pacaux-Lemoine M.P. 2008). Globalement 7 étapes marquent le déroulement de ces expérimentations :

- la première étape appelée « T0 » représente la mesure expérimentale de l'infrastructure dans l'état où elle se trouve afin d'identifier les difficultés et les besoins que peuvent ressentir les conducteurs ;

[21] CETE : Centre d'études techniques de l'équipement

- la deuxième étape « T0' », présente uniquement dans le thème RADARR, représente une mise en conformité de l'infrastructure par rapport aux décrets de loi ;
- la troisième étape « T1 » représente la situation à l'instant « T0 » où l'on vient greffer un premier dispositif d'ordre général et collectif, sauf dans RADARR. Dans le cas d'IRCAD, il s'agit de l'installation du premier PMV (panneau à message variable) signalant l'état de la chaussée mouillée. Dans le cas de RADARR cela se traduit par l'allumage de feux à éclat lorsque le véhicule roule trop vite assorti d'un panneau explicatif de l'allumage de ces feux. Enfin dans le thème VIZIR, cela se traduit par un PMV et par des bandes rugueuses au niveau des sommets de côtes alertant le conducteur dès son entrée dans un carrefour. ;
- la quatrième étape « T2 » introduit l'ajout d'un second dispositif qui se traduit de la manière suivante : dans IRCAD, un second PMV indique au conducteur de ralentir, et des accotements revêtus sont introduits dans le sommet de côte du site de VIZIR.
- La cinquième et sixième étape « T3 » et « T3Bis » relatives uniquement à IRCAD introduisent une signalisation plus ciblée vers un conducteur. Dans un premier temps un panonceau insiste sur la manœuvre de ralentissement et dans un second temps le PMV indique la plaque d'immatriculation du véhicule concerné par la difficulté qu'il va rencontrer ;
- Enfin la dernière étape consiste à retirer l'ensemble des dispositifs afin de vérifier la persistence d'une modification éventuelle du comportement du conducteur.

Le thème AJISE mène une campagne expérimentale entre chacune de ces étapes afin d'établir l'évolution des mesures relatives à l'intention d'agir et au comportement effectif des usagers. Nous allons présenter comment ce thème recueille les différentes informations sur le terrain.

V.2. Les dispositifs mis en place pour le recueil des données dans AJISE

Durant ces expérimentations, les personnes qui ont été interrogées représentaient pour la plupart une population locale et le trajet qu'elles empruntaient était principalement pour se diriger vers leur lieu de travail. Deux types de mesures ont pu être effectuées : des mesures objectives représentatives de la situation réelle du conducteur à l'approche de la difficulté du site et des mesures subjectives ressenties par le conducteur sur cette même portion de route (Pacaux-Lemoine M.P. 2008) (Bastien C. 2007).

V.2.1. Le recueil des données objectives

Les principales données objectives obtenues lors de ces expérimentations ont été les suivantes :

- des mesures de la vitesse des véhicules par l'intermédiaire de boucles magnétiques introduites dans la chaussée ;
- les accélérations et décélérations car les sites étaient équipées de plusieurs boucles de vitesse à des distances relativement faibles ;
- les freinages ont également pu être relevés sur certains sites par la présence d'une caméra détectant les feux stop du véhicule arrivant sur le site étudié ;
- ces mêmes caméras ont parfois rendu possible le relevé des changements de voies.

Le thème AJISE s'est équipé de manière à pouvoir relever l'ensemble des données objectives lorsque les conducteurs approchent de la difficulté étudiée dans le site. Ce dispositif a été centralisé autour d'un logiciel (RTMaps) de synchronisation temporelle de signaux de diverses sources de manière à pouvoir rejouer la scène de manière identique à la réalité. De trois à cinq boucles de vitesse distantes d'au moins cent mètres étaient généralement installées sur l'ensemble des sites. Un réseau (RS485 et RS232 via Ethernet) permettant de relever ces vitesses a été déployé. Deux caméras IP ont permis de relever le trafic général en avant et en arrière de la situation. Elles ont permis également de relever les freinages éventuels. Enfin un caméscope synchronisé avec le logiciel RTMaps a pu relever temporairement les plaques minéralogiques des véhicules qui passaient. Nous présentons le dispositif sur la figure V.1.

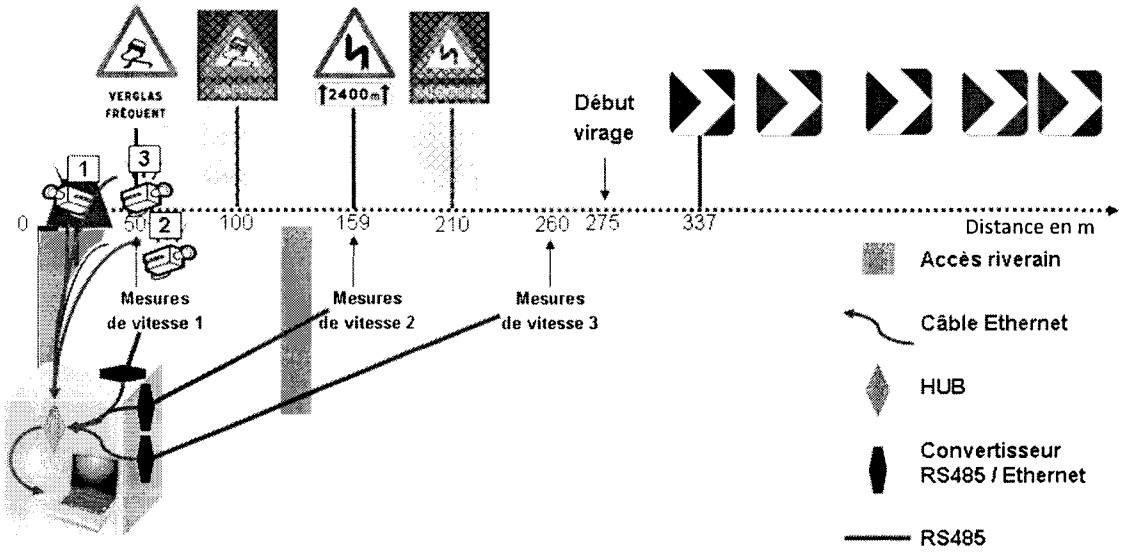

Figure V.1. Système de recueil de données (exemple du site IRCAD – Lannion)

Nous observons sur ce schéma 2 signalisations fixes provenant d'un risque de perte d'adhérence sur chaussée mouillée et de virages dangereux sur 2400 mètres. Cette signalisation est renforcée par le dispositif de PMV allumé au moment opportun. Ces messages variables font office de rappel de manière à insister sur le danger potentiel.

L'aspect logiciel concernant le recueil de ces données a été programmé sous RTMaps. Celui-ci a été capable de relier l'ensemble des signaux provenant des boucles de vitesses et des caméras présents sur la figure V.1, et d'enregistrer en temps réel les mesures objectives. Nous pouvons observer un écran de contrôle permettant l'enregistrement des signaux sur la figure V.2.

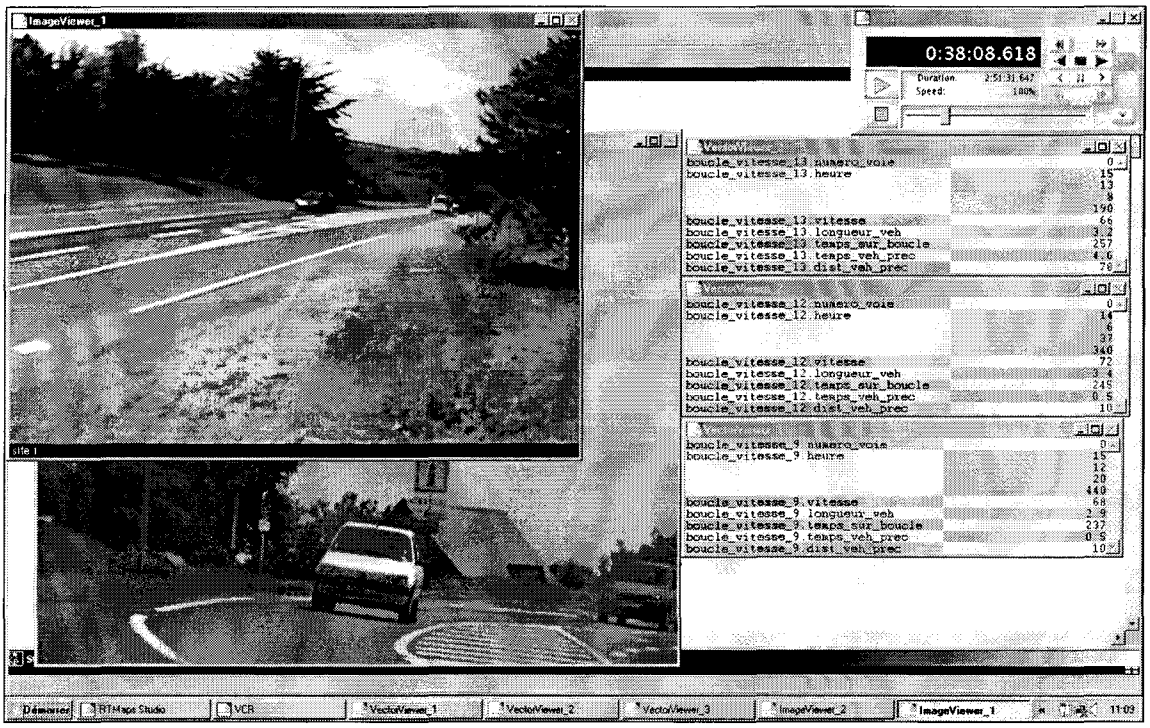

Figure V.2. Visualisation logicielle de l'enregistrement des données objectives

V.2.2. Le recueil des données subjectives

Les relevés des données subjectives ont nécessité plusieurs étapes (Anceaux F. 2007) (Somat A. 2008). La première étape a consisté à préparer les expérimentateurs à l'organisation des passations de questionnaires et aux démarches à appliquer pour arrêter les véhicules en toute sécurité. Les données subjectives relevées étaient complémentaires aux données objectives. La deuxième étape a été le passage des questionnaires par les expérimentateurs aux véhicules arrêtés. Les conducteurs devaient schématiser la situation qu'ils avaient vécue lors du passage sur le site.

Cette étape marquait ce qu'ils ont perçu et compris. Ils devaient ensuite répondre à des questions complémentaires selon plusieurs champs :

- l'état du conducteur ;
- la perception et la gestion de la difficulté ;
- la perception des dispositifs installés sur le bord des voies ;
- leur perception des signalisations dynamiques ;
- la perception du contenu du panneau ;
- l'attrait du message ;
- la confiance accordée à la signalisation.

Etant donné que les conducteurs n'ont pas pu être arrêtés très longtemps, la troisième étape a consisté à leur laisser un questionnaire plus long qu'ils devaient remplir ultérieurement de manière à recenser leurs habitudes de conduites et les caractéristiques de leur véhicule.

Les gestionnaires ont également été amenés à éclaircir leur situation en relevant les questionnaires sur les domaines suivants :

- la fiabilité et la robustesse des dispositifs ;
- la situation d'absence d'information du panneau suite à une panne ;
- la maintenance du dispositif.

Les données objectives repèrent les signes distinctifs de la voiture comme la forme, la couleur ou la marque afin de pouvoir faire la comparaison *a posteriori* des informations déclarées par le conducteur et des informations mesurées sur le terrain. En effet, durant les relevés subjectifs par les questionnaires, les expérimentateurs filmaient également la scène afin de pouvoir reconnaître le même véhicule pour comparer ensuite les faits réels avec les ressentis des conducteurs.

V.3. Première valuation du modèle d'interacceptabilité

Grâce à ces expérimentations nous avons pu relever des mesures concernant principalement les acceptabilités individuelles et sociales. Les expérimentations ont permis d'interroger les conducteurs sur la manière dont ils percevaient leur conduite mais également de visualiser les actions réelles qu'ils ont pu mettre en œuvre pour aborder la difficulté du site. Ces informations ont été confrontées. La grille de lecture élaborée dans le chapitre précédent présentant les critères évalués par le biais des dimensions pourra être remplie au fur et à mesure des expérimentations qui

ont encore lieu actuellement. Dès la fin du projet, nous pourrons chiffrer plus précisément les acceptabilités économiques et juridiques ainsi que compléter les acceptabilités individuelles et sociales, et nous nous rendrons compte alors de l'importance de certaines valeurs de manière plus globale.

Nous pouvons observer sur la figure V.3 qui présente la grille de lecture globale, que des données sont encore manquantes. Le projet n'étant pas encore terminé et toutes les expérimentations n'étant pas à ce jour abouties, la collecte des données manquantes se complète au fur et à mesure avec les différents acteurs du projet. De plus, les questionnaires ne couvrent qu'une partie des modèles par manque de temps auprès des usagers et ils sont adaptés pour être facilement compréhensibles par les usagers.

Du point de vue de l'acceptabilité individuelle, les variables présentes dans le modèle fonctionnel élaboré lors des réunions et qui ont été mesurées sont les suivantes :

- La « connaissance de situations particulières » (oui/non) et « le retour d'expérience » (oui/non) par le fait de savoir si l'itinéraire que les conducteurs empruntaient leur était familier.
- L' « exigence temporelle » (Echelle discontinue allant de 1 à 7) par le fait de demander au conducteur à quel moment il a détecté la difficulté et à quel moment il a été surpris.
- Le « contrôle de la situation » (Echelle discontinue allant de 1 à 7) par le fait d'avoir ralenti par rapport à la difficulté et d'avoir été correctement positionné sur la chaussée.
- La « visibilité du message et la distance d'implantation » (Echelle discontinue allant de 1 à 7) et la « lisibilité du message » (oui/non), à savoir si la signalisation est placée assez tôt pour être informé et pour adapter la conduite au virage ainsi que l'indication de ce qu'ils ont lu comme indications (panneaux, marquages...)
- La « qualité des informations » (Echelle discontinue allant de 1 à 7) et respectivement la « quantité des informations » (Echelle discontinue allant de 1 à 7) à savoir si la signalisation de la difficulté routière est suffisante et respectivement si des informations supplémentaires seraient nécessaires.
- La « cohérence avec l'environnement, l'infrastructure et la signalisation existante » (Echelle discontinue allant de 1 à 7) par le biais de l'utilité de la signalisation face à la difficulté rencontrée par le conducteur.
- L' « exigence fonctionnelle » (Oui/non) par le fait de rencontrer des difficultés particulières sur les trajets habituels.
- La « maîtrise de la situation » (Echelle continue).

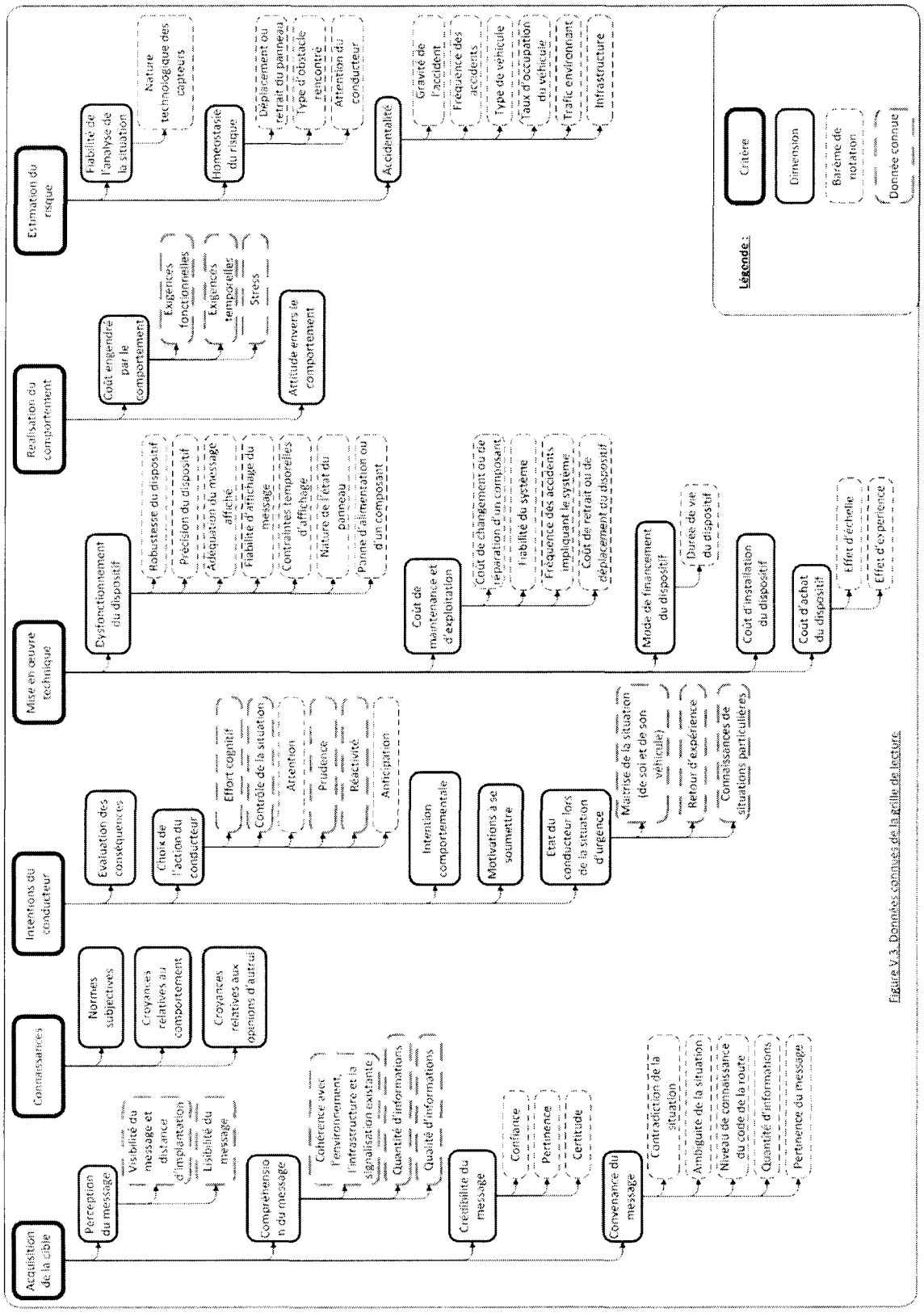

Figure V.3. Données connues de la grille de lecture.

- La « prudence » dans l'activité de conduite (Echelle continue).
- La « réactivité » (Echelle continue) par le fait de préférer des freinages ou des accélérations réguliers et légers ou vifs et intenses.
- Le « stress » (Echelle continue) en conduite.
- « L'effort cognitif » (Echelle continue) en conduite.

L'obtention des autres barèmes de notation dans les acceptabilités individuelles et sociales se fera au fur et à mesure de l'avancement du projet ainsi que des expérimentations encore prévues. Ceux concernant principalement les acceptabilités économiques ne s'obtiendront pas uniquement de la part des automobilistes, mais il faudra que les experts interrogent également les gestionnaires d'infrastructures, des constructeurs de panneaux à messages variables ainsi que les données routières nationales concernant l'évaluation de l'accidentalité. Enfin les barèmes associés à l'acceptabilité juridique seront d'une part obtenus grâce à un travail en collaboration avec les experts de l'acceptabilité individuelle puisque certains barèmes sont plutôt associés à ces aspects humains et ils devront également se rapprocher des thèmes techniques du projet ainsi que des constructeurs de panneaux à messages variables de manière à mieux cerner les autres barèmes associés à cette acceptabilité.

V.4. Les axes de perspectives

V.4.1. Pour la sécurité routière

Concernant la suite de l'étude, nous pouvons envisager, suite à l'acquisition de ces données sur le terrain par rapport à l'ensemble de toutes les acceptabilités, de les exposer aux différents experts de manière à pouvoir structurer cette grille de lecture. Il peut être envisagé de donner plus ou moins d'importance à un critère à la vue des résultats chiffrés par les expérimentations. Les confrontations entre les différentes acceptabilités seront plus constructives à partir du moment où l'ensemble des éléments seront acquis et l'image de cette grille de lecture de départ peut considérablement évoluer vers un modèle de plus haut niveau permettant éventuellement une généricité de la recommandation afin d'aider le décideur final à appuyer sa prise de décision.

Dès que toutes les expérimentations seront terminées et que les experts seront en mesure de fournir l'intégralité des données relatives à leur acceptabilité, nous pourrons, grâce à cette grille de lecture, confronter l'ensemble des six critères évalués précédemment. Les échelles de valeurs permettant d'évaluer chaque dimension peuvent révéler un besoin en terme d'importance relative,

afin de déterminer la juste valeur du critère. Cette étape nécessite que chaque expert établisse une pondération des différentes dimensions et des critères qui seront ensuite confrontés dans la recherche d'un accord commun. Les méthodes permettant ce consensus dans l'équilibre de la grille de lecture sont nombreuses. Des brainstormings permettraient dans un premier temps de justifier pour chacun le choix de cette pondération. Dans un second temps, des ajustements selon chaque experts pourront être apportés de manière à justifier et à appuyer l'argumentation du modèle obtenu.

Dans le cadre d'AJISE cette méthode pourra montrer qu'il est possible, à partir des modèles établis par un travail avec les experts, d'aider globalement à faire un choix parmi plusieurs solutions technologiques de manière globale et pluridisciplinaire, en identifiant l'ensemble des barèmes de notation de la grille de lecture. Cette vision pourra aider à enrichir scientifiquement le choix de la décision finale.

Globalement les premiers résultats de l'acceptabilité individuelle montrent que les conducteurs se remémorent correctement la signalisation même lorsque celle-ci est riche (Anceaux F. 2009). Les principaux aménagements qui semblent frapper le conducteur sont les bandes rugueuses et les plots lumineux. Par contre le signal de risque de perte d'adhérence lorsque la chaussée est mouillée est très largement oublié et l'intégration des principaux aménagements qui touchent le conducteur compense cet oubli. Concernant les signaux de limitation de vitesse, la plupart du temps les conducteurs sous-estiment ces rappels alors que généralement leur vitesse réelle n'excède pas la vitesse rappelée. Il faut remarquer également qu'il y a un besoin d'informations supplémentaires pour mieux avertir l'usager, surtout par rapport à VIZIR qui présente à la base des sites plutôt pauvres en signalisation. Au contraire ce besoin se fait moins ressentir dans les autres sites mais cela est peut être dû à la tranche d'âge plutôt élevée des personnes interrogées ainsi qu'à leur conviction d'être plus prudent. Pour des raisons évidentes il n'était pas possible de questionner les conducteurs aux heures de trajets professionnels.

Relativement à la méthode employée pour réaliser cette étude, il se peut que la grille de lecture ne soit pas totalement comblée par les données acquises lors des expérimentations. La méthodologie MMAD fait face à ce problème lors de la constitution de la famille des critères en termes d'incertitude, d'imprécision et d'indétermination dans leur évaluation. Ces indices devront être affinés afin de compenser l'absence totale ou partielle d'une notion présente dans la grille de lecture.

V.4.2. Extention de la méthode à d'autres domaines

La formalisation de ce problème n'est pas uniquement valable dans le domaine de la sécurité routière. Il cherche généralement à conseiller une personne en posant à plat la subjectivité. Celle-ci étant associée au problème posé permet de confectionner un système de valeurs permettant de faciliter la reflexion d'un décideur.

Ces techniques peuvent s'appliquer à de nombreux domaines. Nous pouvons l'évoquer par exemple pour identifier le tracé d'une nouvelle ligne de TGV ou par la recherche de techniques de stockage d'hydrogène dans de futurs véhicules. Dans le premier cas il s'agit de faire un compromis entre un tracé le plus court possible sans trop affecter les zones d'habitation ainsi que des zones environnementales protégées. Dans le second cas, il s'agit davantage d'un problème sécuritaire en évaluant les impacts en termes de dangerosité. Le compromis impliqué dans la situation de stockage de l'hydrogène relève de plusieurs champs possibles comme le coût relatif au remplissage et au stockage, à la solidité des réservoirs associés aux systèmes de pressiorisation.

Il est enfin envisageable de transposer ce travail dans le contexte du domaine hospitalier, par rapport au choix ou non d'un traitement curatif ou d'apaisement d'un patient. De nombreux facteurs interviennent également et une mise à plat de l'ensemble des disciplines médicales pourrait aider et éclairer un patient à prendre sa décision.

Conclusion

Dans cette partie, nous avons présenté brièvement la manière dont les différentes dimensions élaborées dans le chapitre précédent peuvent être dimensionnées et mesurées. Des expérimentations ont eu lieu notamment pour comparer l'état actuel de la signalisation sur des sites choisis par rapport à une signalisation dynamique prévenant le conducteur au moment opportun. Cette tâche va aider à évaluer les différents dispositifs qui ont pu être élaborés par les thèmes techniques. Il reste néanmoins à considérer plus globalement l'étude à l'intersection des différentes acceptabilités considérées, afin de consolider le modèle obtenu. Cette consolidation sera le résultat de compromis et de confrontations vis-à-vis de l'importance des données acquises sur le terrain.

La finalité des perspectives est d'obtenir un outil capable, à partir des connaissances expertes, d'aider à prendre une décision de manière globale en considérant au même instant un ensemble de contextes pluridisciplinaires, relativement à un contexte posé.

Cette étude peut être également intégrée dans un autre contexte routier que celui de SARI ou dans de futurs projets relatifs à la sécurité roiutière. Dans ce cas les barèmes, les dimensions ainsi que les critères sont à revoir mais la démarche est tracée dans cette étude.

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce mémoire a permis d'élaborer une aide à la décision globale qui prend en considération plusieurs disciplines au même niveau. Cette tâche ne peut se faire que par le biais de connaissances expertes dans chaque domaine et d'un formalisme permettant de cadrer et de poser le problème multicritère. La résolution de ces problèmes est toujours complexe étant donnée la diversité des points de vue. Néanmoins au final une décision doit être prise et il s'agit de l'argumentation de cette décision qui prend une valeur primordiale puisqu'elle sera la source de compromis.

Le premier chapitre présenté dans ce mémoire a permis de dresser le contexte de la sécurité routière dans des situations encore trop dangereuses. Le projet SARI, composé de trois thèmes techniques, vise à proposer des solutions en prévenant de manière dynamique le conducteur de situations où le danger est difficilement perceptible. Parallèlement le dernier thème de SARI, qui fait l'objet de ce mémoire, tente d'évaluer l'acceptabilité des thèmes techniques du point de vue social, individuel, juridique et économique, le but étant ici de concevoir une grille de lecture en considérant l'ensemble de ces acceptabilités.

C 'est pour cela que le second chapitre traite dans un premier temps l'acquisition de connaissances expertes : chacune de ces acceptabilités a des moyens différents d'accéder à l'évaluation d'un système et mesure les données différemment des autres. Il faut s'initier à connaître ces éléments de mesure dans le but de concevoir par la suite le problème. Ce problème relatif à plusieurs acceptabilités a une multitude de points de vue et il est donc multicritère. Dans le cadre de notre étude, l'aide multicritère à la décision va nous aider à poser le problème, à délimiter ses frontières et à concevoir une manière de le résoudre.

Le troisième chapitre est au cœur de l'extraction des connaissances dans chaque domaine d'expertise. Pour chaque acceptabilité, des modèles sont construits autour des données mesurées par les experts de manière à s'approprier leur mode de jugement et à identifier les facteurs clés qu'ils manipulent. Ainsi, un modèle relatif à chaque acceptabilité a été acquis par le biais d'entretiens directs avec les experts et renforcé par des processus documentaires permettant la validation des transcriptions des entretiens.

Le quatrième chapitre traite de la synthèse de ces modèles qui permettront d'aboutir à un modèle global. Tous les experts de chaque acceptabilité participent à des brainstormings de manière à concevoir un modèle global au vu des modèles préalablement établis pour chaque acceptabilité. De cette manière la confrontation directe entre les experts permet de dresser une argumentation

capable de construire un modèle fonctionnel global composé de plusieurs dimensions. Ce modèle complexe est ensuite modifié puis synthétisé, en s'appuyant sur la méthodologie prenant en compte le caractère multicritère du problème, afin d'obtenir une vision globale plus claire des éléments manipulés. Et enfin une grille de lecture globale est constituée à l'aide de ces éléments synthétisés, par le biais d'une reclassification des différents éléments.

Enfin le cinquième et dernier chapitre montre parallèlement le travail d'expérimentation qui est effectué par le thème AJISE, afin de mieux modéliser les éléments manipulés dans cette étude. Il permet de faire le lien direct entre les mesures effectuées sur le terrain et les données manipulées dans les modèles afin d'obtenir une consolidation de la grille de lecture globale. Ce travail a permis de construire un outil permettant d'étendre la largeur d'une décision en disposant sur le même plan des points de vue différents à la base, mais qui s'argumentent autour de la résolution d'un problème multicritère.

Cette étude a permis plusieurs avancées. Elle a permis dans un premier temps de construire un outil d'aide à la décision en impliquant au même niveau un ensemble de disciplines *a priori* disjointes. Cet outil, acquis au moyen de solides argumentations expertes et grâce à l'appui d'une méthodologie support permettant de poser le problème, permet d'élargir le champ de vision d'un décideur qui n'a plus à observer chaque point de vue et à les confronter pour savoir lequel doit l'emporter. Il peut se référer à cette grille support de la décision et il peut de ce fait clairement justifier sa prise de décision en cas d'incompréhension par rapport à d'autres acteurs mis en jeu autour de la décision. Cette étude peut être le support de nombreuses prises de décision dans de nombreux domaines où plusieurs champs disciplinaires viennent se confronter, ce qui représente la majorité des cas. Nous pouvons évoquer les champs de recherche dans le domaine ferroviaire et plus particulièrement dans la conception du tracé d'une nouvelle ligne de TGV. Ces dispositions peuvent également toucher les domaines de l'énergie par le biais du moyen de stockage de l'hydrogène dans de futurs véhicules. Et enfin nous pouvons transposer un système de prise de décision dans le domaine médical en établissant une aide décisionnelle pour le patient dans le cas de graves maladies afin de mieux le préparer à une solution de traitement ou d'apaisement au vue de nombreux critères.

Références bibliographiques

Ajzen I., Fishbein M., « *The influence of attitudes on behavior* », In D. Albarracín B.T. Johnson & M.P. Zanna Edition, The handbook of attitudes, Mahwah, NJ, Erlaub, pp. 173-221, 2005

Anceaux F., Bastien C., « *Synthèse sur les aspects méthodologiques à mettre en place pour le recueil des données sur les différents thèmes et leur exploitation* », http://sari.prd.fr/Documents/ DocumentList.php, Livrable SARI_AJISE_LAA_07_L231, 2007

Anceaux F., Huvelle S., Bastien C., « *Analyse des données recueillies lors des pré-expérimentations et recommandations pour les expérimentations* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, Livrable SARI_AJISE_LAMIH_PERCOTEC_09_L234_V1.2, 2009

Anceaux F., Rajaonah B., Bastien C., Somat A., Follenfant A., Mezzane H., « *Revue de Littérature : Acceptabilités Individuelle et Sociale* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_AJISE_LAUREPS_06_L0211_V1.0, 2006

Aron M., Bergel R., Debaëne J.Y., Dodet L., Le-Breton P., Lemaire E., Louah G., Saint-Pierre G., Violette E., « *IRCAD:Sur-risque par temps de pluie* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_ IRCAD_INRETS_06_L161_V1, 2006

Bastien C., Anceaux F., Pacaux-Lemoine M.P., « *Protocole d'évaluation des plots sur route "privée"* », http://sari.prd.fr/Documents/ DocumentList.php, livrable SARI_AJISE_LAA_07_L232, 2007

Benkirane M., « *Contribution à la méthodologie d'extraction des connaissances dans le domaine du diagnostic technique* », Thèse de Doctorat en automatique, Valenciennes, 1991

Bernard A., « *Repenser le calcul économique public* », Conseil Général des Ponts et Chaussées, 2004

Boose J.H., « *A knowledge acquisition for expert systems based on personnal construct psychology* » International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 23, pp. 495-525, 1985

Botrel K., « *Document de définition de SARI* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_AniSci_ERDYN_05_ER2_V20, 2005

Bout O., « *Les avancées discrètes du principe de précaution* » Revue Responsabilité civile et assurances, Vol. 7, Etude 11, 2006

Bremond R., Sayd P., Guimier N., Guye O., « *Logiciel de détection et de suivi de mobiles* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_VIZIR_CEA_08_L222, 2008

Brémont R., « *VIZIR : Descripteurs de lisibilité en ligne droite* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_VIZIR_INRETS_07_L151, 2007

Damart S., Roy B., « *Débat public et expertise : entre rationalité et légitimité* » Annales des Mines, Gérer et comprendre Vol. 0, Etude 28, pp. 4-22, 2004

Deregnaucourt J., Drouot L., « *Rapport de synthèse sur les aspects méthodologiques à mettre en place pour le recueil des données sur les différents thèmes et leur exploitation : acceptabilité économique* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_AJISE_ERDYN_06_L2122_V40, 2007

Do M.T., « *IRCAD : Rapport de synthèse* » http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_IRCAD_LCPC_Synthèse_T1, 2006

Do M.T., Anelli P., Gothié M., Schaffer G., « *IRCAD : Etude bibliographique* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_IRCAD_LCPC_05_1.1_V2, 2005

Dunne S., « *Interviewing techniques for writers and researchers* », London, A&C Black, 122 p., 1995

Duquesne L., Crevits I., Millot P. « *Criteria elaboration to consider individual acceptance of the variable road signs* », 25th European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control, EAM'06, University of Valenciennes, France, September 2006

Duquesne L., Millot P., Pacaux-Lemoine M-P., Crevits I., « *Approach of multicriteria decision aid for the acceptability of variable road signs* », 28th European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control, EAM'09, University of Reims, France, September 2009

Duribreux-Coquebert M., « *MODESTI : vers une méthodologie interactive de développement de systèmes à base de connaissances* », Thèse de Doctorat, université de Valenciennes, 1995

Ehrlich J., Marchi M., Jarri P., Salesse P., Guichon D., Dominois D., Leverger C., « *LAVIA, the French ISA project : main issues and first results on technical tests* », 10th ITS World Congress, Madrid, 2003

El Jaafari M., Forzy J.F., Navarro J., Mars F., Hoc J.M., « *User acceptance and effectiveness of warning and motor priming assistance devices in car driving* », In Proceeding of the European Conference on Human Centred Design for Intelligent Transport Systems, HUMANIST'2008, 8p., Lyon, France, Avril 2008

Fishbein M., Ajzen I., « *Belief, Attitude, Intention, and Behavior : an Introduction to Theory and Research* », Chap 1, Addison-Wesley,Reading, MA, 1975

Gaines B.R., Shaw M.L.G., « *Eliciting, knowledge and transferring it effectively to a knowledge-based system* » IEEE Transactions on knowledge and data engineering, Vol. 5, N°1, pp.4-14, 1993

Gallenne M.L., Caubet C., « *SARI automatic road condition monitoring to provide information to drivers and road managers* », 5th European Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services, ITS Hannover, Germany, 1-3 June 2005

Gallouin J.F., « *Transfert de connaissances systèmes experts : techniques et méthodes* », Editions Eyrolles, 168p., 1988

Gammack J.G., Young R.M., « *Psychological techniques for eliciting expert knowledge : Research and Development in Expert Systems* », Proceeding of the 4th Technical Conference of the British Computer Society Specialist Group on Expert Systems, University of Warwick, New York, Cambridge University Press, 12-20 December 1984

Goyat Y., Menant F., Riouall A., « *RADARR - Rapport préliminaire de la mise en œuvre* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_RADARR_LCPC_06_L351, 2006

Guillevic P., Andrieux C., Do M.T., « *État hydrique des chaussées : Modélisation des hauteurs d'eau* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_IRCAD_LCPC_06_WBS_12, 2006

Hammiche S., Denant-Boèmont L., « *Cohérence du calcul économique et financement public des grands projets d'infrastructure - Le cas de l'autoroute ferroviaire* », Revue économique « le financement des grandes infrastructures », sous la direction de P. Thalmann, Vol. 48, N°2, pp. 271-294, mars 1997

Hart A., « *Acquisition du savoir pour les systèmes experts* », Collection Sciences Cognitives - Edition Masson, 1988

Hautière N., Labayrade R., Aubert D., « *Real-Time Disparity Contrast Combination for Onboard Estimation of the Visibility Distance* » IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 7, N° 2, pp. 201-212, 2006

Hoc J.M., Amalberti R., Cellier J.M., Grosjean V., « *Adaptation et gestion des risques en situation dynamique* », In J.M.Hoc & F. Darses (Eds.), Psychologie ergonomique : tendances actuelles, pp.221-251, Paris : Presses Universitaires de France, 2004

Johnson P.E., Zualkernam I., Garbier S., « *Specification of expertise* », International Journal of Man-Machine Studies, N°26, pp. 161-181, 1987

Kerdudo K, Queguiner R., « *RADARR - Choix des sites expérimentaux* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_RADARR_CETEW_05_L321, 2005

Kerdudo K., Gothié M., Violette E., Vigouroux P., Aron M., Do M.T., « *IRCAD : choix des itinéraires et chiffrage des expérimentations* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_IRCAD_GTSI_06_L331_V1, 2006

Koulaidis V., Tsatsaroni A., « *Un cadre pour reconsidérer l'enseignement des sciences : distinguer expérimentation et expérience* », ASTER Revue de recherche en didactique des sciences expérimentales, N°28, pp. 167-189, 1999

Larive C., Pillant F., Grosse J.Y., « *Eléments de réflexion sur la mise en valeur des piedroits et des équipements de sécurité des tunnels routiers* », Tunnels et ouvrages souterrains, Association française des travaux en souterrain, Paris, N°196, pp. 237-243, 2006

Mahé H., Vesoul P., « *Acquisition des connaissances et adaptation à l'utilisateur : outils et méthodes* », Actes des 7ème journées sur les systèmes experts et leur applications, pp. 625-646, EC2, Avignon, 1987

Mammar S., Martinet P., Glaser S., Netto M., Nouvelière L., Thuilot B., « *Méthodes de l'automatique pour l'assistance et l'automatisation de la conduite automobile* », Journées Nationales de la Recherche en Robotique, JNRR'05, Guidel, Morbihan, France, 5-7 octobre 2005

Mars F., « *Driving around bends with manipulated eye-steering coordination* », Journal of Vision, Vol. 8, N°11, pp. 1-11, août 2008

Martinez J., « *Commande de l'inter-distance entre deux véhicules* » Thèse de Doctorat, Grenoble, 2005

Michel G., « *Acceptabilité juridique - Etude de cas - Expression finale des cas* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_AJISE_GMConseil_08_L2102_V2.0, 2008

Millot P., « *La supervision et la coopération Homme-Machine dans les grands systèmes industriels ou de transports* », In J-g Ganascia (Ed.), Sécurité et Cognition, Hermès, Paris, 1999

Montgolfier J., BertierP., « *Approche multicritère des problèmes de décision* », Collection Afcet, Editions Hommes et Techniques, Suresnes, France, 247p., 1978

Most S.B., Astur R.S., « *Feature-based attentional set as a cause of traffic accidents* », Visual Cognition, Vol. 15, pp. 125-132, Février 2007

Mucchielli R., « *Le questionnaire dans l'enquête psycho-sociale* », Entreprise moderne d'édition, Librairies techniques, Paris, 1971

Olson J.R., Rueter H.H., « *Extracting expertise from experts : methods for Knowledge acquisition* », Experts Systems, Vol. 4, N°3, pp. 153-168, 1987

ONISR., « *Sécurité (la) routière en France : le bilan de l'année 2006* », La Documentation Française, 2007

Pacaux-Lemoine M.P., Anceaux F., Monguy G., Bordel S., Queguiner R., « *Contribution à la passation des expérimentations sur route* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_ AJISE_LAMIH_SHM_L14_V2.0, 2008

Pacaux-Lemoine M.P., Gallenne M.L., « *Comportement du conducteur : du quantitatif au qualitatif* », Conférence Internationale Francophone d'Automatique, CIFA'08, Burarest, Roumanie, 3-5 septembre 2008

Pianelli C., Abric J.C., Saad F., « *Les représentations sociales de la vitesse, de la limitation de vitesse et du LAVIA chez les conducteurs* », Actes INRETS N°105, pp. 169-185, 2006

Plainchault P., « *Sécurisation de la conduite par communication véhicule infrastructure à base de transpondeurs* », Thèse de Doctorat, Toulouse, 2005

Pomerol J.C., Barba-Romero S., « *Choix multicritère dans l'entreprise : principes et pratique* », Paris: Collection informatique, Sciences Publications, Hermès, Paris, 1993

Rajaonah B., Tricot N., Anceaux F., Millot P., « *Role of intervening variables in driver-ACC cooperation* », International Journal of Human Computer Studies, Vol. 66, pp. 185-197, 2008

Roy B., « *Méthodologie multicritère d'aide à la décision* », Economica, Collection Gestion, Paris, 1985

Roy B., « *Science de la décision ou science de l'aide à la décision* », Revue Internationale de Systémique, Vol. 6, N°5, pp.497-529, 1992

Roy B., Bouyssou D., « *Aide multicritère à la décision : méthodes et cas* », Economica, Collection Gestion, Paris, 1993

Sayd P., Guye O., « *VIZIR - Plateforme d'acquisition et de traitement de données vidéo* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_VIZIR_VITEC_07_L221, 2007

Schärlig A., « *Décider sur plusieurs critères : Panorama de l'aide à la décision multicritère* », Collection Diriger l'entreprise, Presses Polytechniques et universitaires Romandes, Lausanne, 1985

Shinar D., Dewar R.E., Summala H., Zakowska L., « *Traffic sign symbol comprehension : a cross-cultural country study* », Ergonomics, Vol. 46, N°15, pp. 1549-1565, Décembre 2003

Somat A., Terrade F., « *Résultats des pré-test en fonction de la personnalisation des messages et des différents types de messages (Prescriptif et évaluatif)* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_AJISE_LAUREPS_06_L0271_V1.0, 2008

Somat A., Terrade F., Follenfant A., « *Mise en place et réalisation d'un pré-test des liens entre les attitudes des usagers et leurs comportements effectifs* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_AJISE_LAUREPS_06_L0241_V1.0, 2006

Somat A., Terrade F., Follenfant A., Huvelle S., Anceaux F., « *Rapport sur l'observation des comportements et des attitudes des usagers avant installation* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_AJISE_LAUREPS_06_L0281_V1.0, 2008

Steuer R., « *Multiple criteria optimization : theory, computation and application* », John Wiley & Sons Inc, 2nd Ed, New York, 1986

STIF., « *Les coûts externes des transports. Compte déplacements des voyageurs en Ile-de-France* », Syndicat des Transports en Iles de France, Chapitre III, 2001

Thamm B., « *La nouvelle directive relative à la sécurité des tunnels routiers* », Routes et Roads, AIPCR N°324 IV, pp. 90-98, Octobre 2004

Tricot N., « *Conception et évaluation de systèmes avancés d'aide à la conduite automobile* », Thèse de Doctorat en automatique, Université de Valenciennes, 2005

Vincke P., « *L'aide multicritère à la décision* », Collection statistique et mathématiques appliquées, Editions de l'Université de Bruxelles, Bruxelles, 1989

Wardman M., Bonsall P.W., Shires J.D., « *Driver response to variable message signs : a stated preference investigation* », Transportation Research, Part C, N°6, pp. 389-405, 1997

Warren W.H., « Perceiving affordances : Visual guidance of stair climbing », Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance, American Psychological Association, Washington DC, Etats-Unis, Vol. 10, N°5, pp. 683-703, 1984

Willig C., « *Introducing qualitative research in psychology - Adventures in theory and method* », Mc Graw Hill, Open University Press, 2nd Ed, Maidenhead, 2008

Yahiaoui G., Dupré G., Lechner D., Naude C., Schaefer G., « *RADARR - Fonction de risque : recueil de l'expertise sur la causalité du risque* », http://sari.prd.fr/Documents/DocumentList.php, livrable SARI_RADARR_NEXYAD_05_L151, 2005

Zeleny M., « *Multiple criteria decision making* ». Mc Graw Hill, New York, 1982

Une approche d'aide multicritère à la décision pour l'acceptation d'une signalisation routière dynamique

Résumé

Cette recherche s'inscrit dans le cadre de la sécurité routière et plus particulièrement dans la conception d'un système de signalisation routière dynamique sur le bas coté de la route à destination du conducteur lors de situations potentiellement dangereuses. Elle a pour ambition de mieux les informer en leur donnant une meilleure lisibilité et une meilleure prévisibilité de l'état de la route et des difficultés pouvant en résulter. Elle vise plus précisément à concevoir une méthode de jugement destinée à évaluer de tels systèmes en prenant en considération les points de vue, individuel et social du conducteur, économique des gestionnaires et juridique des assurances. Le caractère multicritère de ce problème vient du fait que ce qui est acceptable selon un point de vue ne l'est pas forcément selon un autre. Pourtant il n'est pas possible de séparer les jugements. Il apparaît alors nécessaire de structurer cette communauté d'acceptabilités. Nous avons établi dans un premier temps un modèle relatif à chaque acceptabilité par le biais d'entretiens directs avec des experts de chaque domaine. Puis l'ensemble de ces modèles ont ensuite été synthétisés en un modèle global d'inter-acceptabilité en considérant chaque domaine au même instant. En s'appuyant ensuite sur une méthodologie multicritère d'aide à la décision, un travail de synthèse et de classification a permis d'aboutir à une grille de lecture qui pourra permettre d'éclaircir un éventuel décideur sur le choix d'une action. Cette grille de lecture a été valuée partiellement par des expérimentations qui se sont déroulées sur routes réelles de manière à conforter l'étude.

Mots clés : aide multicritère à la décision, extraction de connaissances, conduite automobile, sécurité routière, signalisation routière dynamique.

Approach of multicriteria decision aid for the acceptability of dynamic road signs

Abstract

This research deals with road safety, specifically the design of a dynamic road sign system for drivers in situations potentially dangerous. The system seeks to better inform drivers by making the road signs that present road condition information more readable thus making it easier to negotiate these conditions and difficulties that result from interpreting visual information poorly. The specific goal was to develop a method for assessing road sign systems legally, economically, socially and individually. The multicriteria dimension of the method is due to the fact that what is acceptable from one point of view is not inevitably acceptable from another, and that it is impossible to separate the judgments. We initially established one model in each acceptability by direct discussions with experts. All of these models were then synthesized in an inter-acceptability global model which consider all the acceptability together. Based on a multicriterion decision aid methodology, a synthesis and classification work made it possible to lead to a reading grid which will help a decision maker to choose an action. This grid was partially valued by experiments on real roads to approve the study.

Keywords : multicriterion decision aid, knowledge extraction, automobile driving, safety roads, dynamic road signs.

Bibliothèque Universitaire de Valenciennes

00900596