



**INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE
SUR LES TRANSPORTS ET LEUR SECURITÉ**

**Pierre VAN ELSLANDE
Katel FOUQUET**

avec la participation de

**Jean-Emmanuel MICHEL
Dominique FLEURY**

Analyse approfondie de l'accidentologie en aménagements urbains : Erreurs, facteurs, contextes de production

Rapport final sur convention INRETS/DSCR N° 02-70-028 Etude N°2

*Rapport de convention INRETS/DSCR
INRETS/RE-04-913
Mai 2004*

Les auteurs

*Pierre VAN ELSLANDE
Katel FOUQUET
Jean-Emmanuel MICHEL
Dominique FLEURY*

L'Unité de Recherche

*M.A, Département Mécanismes d'Accidents, Chemin de la Croix Blanche, 13300 Salon-de-Provence
Tél : (33) 04 90 56 86 30 - Fax : (33) 04 90 56 25 51*



**INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE
SUR LES TRANSPORTS ET LEUR SÉCURITÉ**

Copyright : Reproduction autorisée sous réserve d'en mentionner l'origine

Réalisation : INRETS – Centre Marseille-Salon de Provence – Chemin de la Croix Blanche – F-13300 Salon de Provence
FRANCE

Fiche bibliographique

1 UR (1er auteur) Dpt Mécanismes d'Accidents (MA)		2 Projet SEGUR		3 Rapport INRETS n°	
4 Titre <i>Analyse approfondie de l'accidentologie en aménagements urbains : Erreurs, facteurs, contextes de production</i>					
5 Sous-titre				6 Langue F	
7 Auteur(s) VAN ELSLANDE Pierre, Chargé de Recherche, INRET-MA FOUQUET Katel, Ingénieur d'Etudes, INRETS-MA MICHEL Jean-Emmanuel, Ingénieur d'Etudes, INRETS-MA FLEURY Dominique, Directeur de Recherche, INRETS-MA				8 Rattachement ext.	
9 Nom adresse financeur, co-éditeur DSCR – Grande Arche de la Défense 92055 PARIS LA DEFENSE				10 N° contrat, conv. 02-70-028	
				11 Date de publication Mai 2004	
12 Remarques Les auteurs remercient les membres des équipes EDA, sans qui cette étude n'aurait pu être réalisée					
13 Résumé L'aménagement constitue à la fois le support physique des déplacements et la grille de lecture des événements qui s'y déroulent. Son adaptation à ses utilisateurs conditionne de manière non négligeable les comportements qu'ils mettent en oeuvre, notamment dans la ville. Les politiques de gestion de l'urbanisme ont évolué depuis une vingtaine d'années et tentent aujourd'hui d'intégrer et de satisfaire de nombreuses préoccupations (sécurité, qualité de vie, etc.). Cependant, les accidents en milieu urbain restent importants, que ce soit par leur nombre ou par leur gravité. L'objectif de cette étude est de chercher à identifier ce qui caractérise ce type d'accidents, afin de mieux en comprendre les mécanismes et les spécificités par rapport aux accidents ayant lieu en rase campagne. L'accent est mis sur les difficultés auxquelles les usagers de la route et de la ville sont confrontés, ainsi que sur les répercussions de ces difficultés dans leur activité en situation critique. Les résultats mettent en évidence des différences sensibles dans les processus fonctionnels défaillants dans la ville et en dehors. Une analyse des facteurs et des contextes de production des "erreurs humaines" dans la ville permet ainsi d'expliquer certains fondements de l'accidentalité urbaine. Ce travail est fondé sur les Etudes Détaillées d'Accidents réalisées à l'INRETS-MA.					
14 Mots clés Conduite automobile - Accidents - Aménagements urbains - Perception - Cognition - Erreur humaine			15 Diffusion Libre		
16 Nombre de pages 83		17 Prix	18 Non confidentiel		19 Bibliographie oui

Table des matières

SYNTHESE	7
INTRODUCTION.....	9
1. DE L'ART ET DES TECHNIQUES URBAINES	11
1.1. De la ségrégation à l'intégration : rappels historiques	11
1.2. Des principes d'aménagements urbains	12
1.3. Sécurité, aménagement et processus cognitifs.....	13
1.3.1. Représentation, catégorisation, anticipation	13
1.3.2. La lisibilité de la rue	15
2. CADRE D'ANALYSE DES ACCIDENTS DE LA VILLE	17
2.1. Problématique : l'erreur humaine et le système de circulation	17
2.2. Méthode, population et terrain d'analyse	19
2.2.1. Données sources : les Etudes Détaillées d'Accidents de la route.....	19
2.2.2. Population étudiée	20
2.2.3. Méthode d'analyse	21
3. RESULTATS : ERREURS, FACTEURS ET CONTEXTES DE PRODUCTION ...	25
3.1. Erreurs et facteurs d'erreurs en milieu urbain.....	25
3.1.1. Spécificités des erreurs de perception.....	27
3.1.2. Spécificités des erreurs de diagnostic	43
3.1.3. Spécificités des erreurs de pronostic.....	48
3.1.4. Spécificités des erreurs de décision d'engagement de manœuvre.....	53
3.1.5. Spécificités des erreurs d'exécution de manœuvre	59
3.1.6. Spécificités des défaillances globales	61
3.2. Contextes de production des erreurs urbaines.....	63
3.2.1. Analyse globale des éléments explicatifs des défaillances	63
3.2.2. Tâches de conduite et défaillances	65
3.2.3. Défaillances urbaines et type de voirie	69
4. DISCUSSION	77
5. REFERENCES.....	81

Synthèse

La conduite en milieu urbain se singularise par de nombreux aspects : diversité des environnements traversés, des modes de déplacement, des usagers et des usages, des flux de circulation, et se traduit par voie de conséquence en un large éventail des situations que l'on peut y rencontrer. Ces caractéristiques ont des répercussions plus ou moins directes sur les problèmes de sécurité. Complexité des situations, multiplicité des interactions, importance du bâti, sont ainsi des particularités de l'urbain qu'il faut prendre en compte dans l'analyse de l'insécurité et l'orientation des moyens visant à y remédier. Tous ces éléments caractérisent le contexte de déplacement et conditionnent de ce fait, au moins en partie, les comportements qui y sont mis en oeuvre.

La sécurité n'est pas l'objectif premier de l'aménagement urbain, au point de se trouver parfois ensevelie sous d'autres considérations citadines et politiques. Elle est toutefois devenue un souci croissant de "l'aménageur", qu'il a progressivement cherché à intégrer dans les équipements. Les logiques d'aménagement ont ainsi évolué au cours de l'histoire de la ville, sous-tendues par différents modèles dont ont découlées différentes manières de voir des progrès possibles. Partant d'une approche techniciste focalisée sur des concepts architecturaux, l'urbanisme s'est peu à peu ouvert à des questions plus larges, s'intéressant notamment aux pratiques et modes de fonctionnement des usagers de l'agglomération. Le programme "Ville plus sûres, Quartiers sans accidents" (CETUR, 1990) constitue à cet égard une étape significative dans la perspective de promouvoir un environnement favorable à la sécurité et la qualité de vie urbaine par des actions sur l'espace public fondées sur des approches pluridisciplinaires. C'est dans cette même perspective que la présente étude a souhaité s'inscrire, avec pour objectif de mieux connaître les spécificités des problèmes accidentogènes que rencontrent les usagers de la ville au cours de leurs déplacements.

L'approche qui y est développée considère l'utilisateur urbain dans son double statut *d'acteur de déplacement* qui va être sujet à une certaine "erreur" lors de la confrontation à une situation critique, mais également *d'héritier des dysfonctionnements du système* qui vont contribuer à l'émergence de ces défaillances. Plus précisément, l'objet du présent travail est l'analyse "clinique" d'accidents survenus en agglomération, pour une amélioration des connaissances sur leurs genèses, déterminants et spécificités, du point de vue des difficultés qui se posent aux conducteurs et dont ces accidents sont les témoins et les révélateurs. Les connaissances issues de d'une telle analyse seront considérées comme importantes pour une meilleure adaptation de l'aménagement urbain aux usagers qui s'y déplacent. C'est donc sous l'angle de la spécificité des problèmes rencontrés par les usagers de la ville qu'un échantillon de personnes impliquées dans un accident urbain (n = 260) a été étudié selon une approche cognitive, en comparaison avec un échantillon de référence de personnes accidentées dans un environnement de rase campagne (n = 333). Ces données sont issues des Etudes Détaillées d'Accidents pluridisciplinaires constituées à l'INRETS-MA. La méthode d'analyse de ces cas consiste à appréhender individuellement dans un premier temps les processus de *défaillance fonctionnelle* ("l'erreur humaine") des différents usagers, en les reliant aux paramètres du contexte qui ont contribué à leur genèse ; puis, dans un deuxième temps, à regrouper les cas qui se produisent selon des mécanismes similaires de façon à constituer des *scénarios types* de production des erreurs les plus fréquentes.

Une analyse macroscopique de la répartition des erreurs accidentelles fait ressortir une différence nettement significative ($X^2 = 29,84$, $p < .001$) entre les usagers de l'agglomération et ceux de la rase campagne. Cette différence d'ensemble entre les deux échantillons s'appuie notamment sur une prédominance manifeste des erreurs de type "perceptif" en milieu urbain. Cette catégorie de défaillances rend ainsi compte de la moitié des problèmes relevés en agglomération, alors qu'en rase campagne elle n'en représente qu'un tiers. Ceci atteste globalement d'une spécificité des erreurs auxquelles les usagers de la ville sont sujets, et corrobore l'hypothèse d'une relation déterminante, directe ou indirecte, entre les exigences et contraintes caractéristiques de la conduite urbaine, et la nature de l'accidentalité que l'on observe en ville.

- Trois mécanismes majeurs sous-tendent ces problèmes perceptifs. Le premier rend compte d'une *difficulté de répartition des ressources attentionnelles* des usagers sur les différentes sources d'information qui s'offrent à eux en concurrence. L'inflation des stimuli, la multiplication des éventualités, la profusion des variables à intégrer, la diversification des situations d'interaction que l'on peut rencontrer en ville tendent à générer une recherche d'information focalisée sur une composante partielle de la situation, au détriment de la détection d'un élément potentiellement accidentogène. Une telle problématique mérite ainsi l'attention de l'aménageur et du

gestionnaire, dans une optique de simplification des interactions et d'une meilleure clarté des informations essentielles. Le second problème correspond à la *non détection d'un élément crucial de la scène en raison d'une gêne à la visibilité* générée par l'environnement et par les autres véhicules en mouvement ou en stationnement. L'accès à l'information ressort donc comme un des problèmes-clés de la conduite urbaine, et l'aménagement de la circulation en ville devrait mieux le promouvoir, que ce soit du point de vue du mobilier urbain, du bâti, de la signalisation, des panneaux d'information, etc. Une troisième défaillance qui ressort typiquement en ville réside en la *mise en oeuvre d'une stratégie de recherche d'information sommaire et/ou précipitée*, les usagers restreignant le temps et l'attention consacrés à cette activité dans certaines situations. La surreprésentation d'une telle défaillance pourrait encore une fois découler des caractéristiques de la conduite urbaine, notamment du point de vue de la fréquence des manœuvres en interaction avec le trafic et des exigences temporelles et dynamiques liées à la gestion des recherches d'information sur les différentes sources. Ces éléments sont associés souvent à une forte pratique de la manœuvre réalisée et à la plus faible attention qui est accordée à sa réalisation, qui rend souvent les conducteurs sensibles à un "effet d'entraînement". L'impatience contribue également à cette défaillance, provenant d'une incompatibilité entre une contrainte de temps subjective et les contraintes liées au trafic.

- L'examen des erreurs de diagnostic produites par les usagers de la ville dans leur analyse des situations d'interaction routières révèle d'une part des *difficultés de compréhension du fonctionnement de certains sites* aux aménagements trop complexes, atypiques, peu lisibles, qui induisent en erreur les usagers non locaux ; d'autre part des *erreurs de compréhension du comportement des autres usagers* pour certaines manœuvres spécifiques, inattendues, mal indiquées. Des gênes à la visibilité y contribuent, par manque d'indices sur le motif du comportement d'autrui. L'aménagement devrait améliorer la compréhension de l'infrastructure, et plus indirectement faciliter la compréhension des manœuvres en limitant leur éventail de possibles et en les rendant structurellement plus sûres.

- Les défaillances de pronostic ne sont pas spécifiques à l'urbain, mais s'y inscrivent particulièrement du fait de la fréquence des interactions auxquelles on y est confronté. Elles trouvent majoritairement leur source dans l'articulation de deux facteurs : le sentiment prioritaire qui induit des attentes trop confortées, et l'engagement inopiné d'une manœuvre atypique d'un autre usager. La population des deux-roues est particulièrement représentée. Pour contrecarrer ces problèmes, les mesures auront indirectement pour objet de favoriser des vitesses modérées, de promouvoir une meilleure visibilité, et une tempérance du sentiment prioritaire suscité par l'aménagement.

- Les défaillances décisionnelles se particularisent également dans la conduite urbaine par les éléments qui y contribuent : gênes à la visibilité et/ou à la progression qui poussent à la réalisation de manœuvres risquées, densité du trafic qui incite à la prise de décision rapide, au détriment des précautions nécessaires à leur mise en oeuvre, banalisation des situations et trop faible attention portée à leur analyse. Les deux-roues sont, en ville, particulièrement enclins à la violation délibérée (manœuvres atypiques, illégales, négligence des règles de sécurité).

Même si d'autres éléments y participent, l'aménagement représente un facteur substantiel de la sécurité de la circulation urbaine. A contrario, ses défauts éventuels et son inadaptation aux modes de fonctionnement des usagers qui y circulent contribuent de façon plus ou moins directe à l'accidentalité de la ville. Ils interviennent ainsi dans plus de 45 % des accidents urbains étudiés. De tels résultats permettent ainsi de tabler sur une diminution de cette accidentalité par une amélioration des équipements urbains. Les mesures d'aménagement devraient concerner la promotion d'une meilleure visibilité réciproque des différents types d'usagers et d'une meilleure lisibilité des informations (limiter les "attracteurs d'attention"), tout en veillant à maintenir des vitesses de trafic modérées. Une cohérence de conception, une pondération du trafic et une tempérance du sentiment prioritaire contribueraient également à une meilleure harmonie des interactions qui s'établissent entre les différents usagers, en favorisant la mise en oeuvre de procédures de recherche d'informations plus adaptées, ainsi que de processus de compréhension, d'anticipation et de prise de décision plus efficaces.

Introduction

L'objet de ce travail est l'analyse clinique¹ des accidents survenant en agglomération, pour une amélioration des connaissances sur leurs genèses, déterminants et spécificités, du point de vue des difficultés qui se posent aux conducteurs et dont ces accidents sont les témoins et les révélateurs. Une telle approche sera considérée comme fondamentale dans une perspective d'amélioration des aménagements urbains.

La ville se singularise par de nombreuses caractéristiques : diversité des environnements traversés, des modes de déplacement, des usagers et des usages, des flux de circulation, et se traduit par voie de conséquence en un large éventail des situations d'interaction que l'on peut y rencontrer. Ces caractéristiques ont des répercussions plus ou moins directes sur les problèmes de sécurité. Pour y adapter les comportements, la réglementation limite assez fortement la vitesse des usagers. Complexité des situations, multiplicité des interactions, modération forte des vitesses, sans oublier bien sûr l'importance du bâti, sont ainsi des particularités de l'urbain qu'il faut prendre en compte dans l'analyse de l'insécurité et l'orientation des moyens visant à y remédier, notamment par l'aménagement.

Les logiques d'aménagement ont évolué au cours de l'histoire de la ville, sous-tendues par différents modèles dont ont découlé différentes manières de voir des progrès possibles. Partant d'une approche techniciste focalisée sur des concepts architecturaux, l'urbanisme s'est peu à peu ouvert à des questions plus larges, s'intéressant notamment aux pratiques et modes de fonctionnement des usagers de l'agglomération. Sont ainsi entrées dans son champ de préoccupation, des questions telles que les processus de représentation mentale, de catégorisation, d'anticipation, etc., processus qui participent à l'adaptation de l'individu à son environnement. Ces questions, d'ordre psychologique, ont trouvé leur miroir opérationnel dans le concept de "*lisibilité*", cette aptitude de l'environnement à évoquer un sens cohérent avec sa nature et sa fonction. Une telle évolution de regard aura ainsi des répercussions dans les techniques d'aménagement qui seront mises en œuvre. Ces préoccupations sécuritaires ont participé à l'élaboration et la mise en place de nouveaux dispositifs, parfois "contraignants", visant à harmoniser les interactions entre les différents usagers. Leurs effets sont manifestes et démontrés : réduction des vitesses pratiquées en ville, baisse du nombre et de la gravité des accidents d'agglomération, etc.

Mais des progrès sont encore à faire, la ville reste un lieu où l'on se blesse et se tue. Malgré les vitesses contenues, près de la moitié des blessés graves de la route le sont dans la rue. L'accidentologie clinique peut contribuer à comprendre pourquoi et aider ainsi à orienter les contre-mesures. La littérature traitant de ces questions est abondante et les recherches qu'elle relate sont nombreuses. Mais un tel risque en matière de sécurité routière légitime les recherches de perfectionnement des dispositifs mis en œuvre, perfectionnement qui dépend de l'acquisition de connaissances sans cesse actualisées. L'analyse fine des accidents devient dans ce contexte un outil nécessaire pour permettre d'isoler les spécificités de l'accidentalité urbaine, et ce, notamment, grâce à l'identification des dysfonctionnements propres aux différents modes de déplacements et des circonstances dans lesquelles ils apparaissent.

L'approche qui est développée ici considère l'usager de la ville dans son double statut d'acteur de déplacement qui va être sujet à une certaine "défaillance fonctionnelle"² lors de la confrontation à une situation critique, mais également d'héritier des dysfonctionnements du système routier (et urbain) qui vont contribuer à l'émergence de ces défaillances. Par delà la recherche accidentologique de la spécificité des problèmes liés à la conduite urbaine, la question générale qui est investiguée dans cette étude n'est pas "à qui la faute ?", encore moins "qui sont les chauffards ?", mais quelles sont les combinaisons et interactions d'éléments qui permettent d'expliquer l'accidentalité qui résulte de ces problèmes spécifiques. Il importe en effet, d'un point de vue scientifique et dans un souci d'opérationnalité, de se démarquer d'une approche de sens commun qui va chercher à voir³ dans le "facteur humain", et selon une logique d'attribution stéréotypée, la cause unique et univoque des problèmes posés. Il est bien évident que c'est l'usager qui a l'accident puisque c'est lui qui se déplace. Mais il ne faut pas omettre qu'il se déplace dans un certain contexte dont il ne maîtrise pas tous les paramètres, un "environnement de déplacement" à la fois spatial, dynamique et social, constitué d'interactions avec un

¹ Au sens étymologique de l'examen au cas par cas.

² Au sens de l'incapacité momentanée d'une fonction sensorielle, cognitive ou psychomotrice à remplir son objectif habituellement adaptatif (Van Elslande, 2003a).

³ Et y parvenir aisément : il suffit de se cantonner à une analyse de surface.

aménagement et les autres utilisateurs de ce bâti. Et comme en attestent de nombreux travaux de recherche, en accidentologie notamment, ce contexte a un poids déterminant dans la genèse des comportements et leur inadaptation éventuelle aux caractéristiques de la situation qu'ils ont pourtant pour intention de maîtriser⁴. C'est à la mise en évidence de tels facteurs "indirects" de dysfonctionnement du système de circulation qu'est consacrée la présente étude, dans la perspective d'une meilleure connaissance des difficultés qui en découlent pour les usagers, à travers les accidents qui en résultent. Le rapport qui en rend compte est ainsi constitué :

1. Un bref rappel de "l'art et des techniques" qui ont contribué à la réflexion et la conception de l'aménagement urbain et au traitement de sa sécurité.
2. Un exposé de la problématique de recherche et la méthode sur la base de laquelle elle est investiguée. Le questionnement se situe dans le champ de l'analyse cognitive des conduites humaines contextualisées, et s'applique aux données approfondies recueillies sur les accidents de la route.
3. Un compte-rendu des résultats de l'analyse accidentologique approfondie, par comparaison notamment d'un échantillon d'accidents urbains à un échantillon de référence d'accidents survenus hors agglomération.

⁴ Il n'est pas toujours inutile de rappeler qu'un conducteur cherche rarement à avoir un accident... même s'il développe parfois un comportement qui y contribue.

1. De l'art et des techniques urbaines

L'urbanisme a évolué dans ses conceptions, intégrant progressivement des questions qui dépassent une logique "d'architecte" pour appréhender graduellement des aspects plus complexes, et notamment les usages et les modes de fonctionnement des usagers. C'est ainsi que les questions sécuritaires ont fait émerger la nécessité d'analyses plus poussées et des traitements appropriés. Il faut toutefois rappeler avec Fleury (1998), que si la sécurité a constitué plus ou moins un souci de l'urbaniste dès l'entrée de l'automobile dans la ville, elle n'est pas l'objectif premier de l'aménagement urbain, au point de se trouver parfois ensevelie sous d'autres considérations citadines et *politiques*.

1.1. De la ségrégation à l'intégration : rappels historiques

Au cours des dernières décennies, les conditions de circulation en agglomération ont subi de nombreuses évolutions dues à la complexification du système : alors que le nombre d'usagers et les modes de déplacement étaient en constante progression, les surfaces urbanisées connaissaient en mesure un accroissement de taille. Cette évolution exacerbe en conséquence le nombre et la diversité des situations d'interactions potentielles et rencontrées dans la ville, générant un certain nombre de difficultés concernant la fluidité et la sécurité relatives au trafic routier qui la traverse ou y circule.

Les réflexions se sont alors multipliées pour tenter de proposer des solutions. Très tôt, un premier courant de pensée, initié lors du Congrès International d'Architecture Moderne (Le Corbusier, 1957), préconise la *ségrégation* des modes et des flux. L'urbanisme revêt ainsi un caractère fonctionnaliste et s'efforce d'aboutir à la création de réseaux différenciés par modes de déplacement, spécifiques par leurs aménagements et sans connexion entre eux. Ces concepts ont inspiré bon nombre de politiques et leur bien-fondé a en grande partie pu être vérifié, certains de ces réseaux étant aujourd'hui toujours effectifs (e.g. les réseaux autoroutiers en rase campagne ou les voies piétonnes en ville). Au concept de ségrégation des modes s'est associé un principe de hiérarchisation des voies et des flux qu'elles véhiculent. Ainsi, les réseaux primaires sont conçus pour ne servir que de voies de transit, les voies artérielles facilitent la circulation entre les différents quartiers, et des "zones d'environnement" (Buchanan, 1964) sont envisagées pour ne concerner que le trafic local et résidentiel. La hiérarchie croissante du réseau va intensifier l'assignation de fonctions de plus en plus spécifiques aux différentes voies (Alphan, 1991). Cette logique de dissociation des modes de déplacement par un aménagement différencié va constituer un atout à ne nombreux égards : fluidité du trafic, homogénéité des vitesses, efficacité des transports publics, et en théorie, sécurité accrue du fait de l'évitement d'interactions conflictuelles entre modes hétérogènes. Cependant, comme l'indique Fleury (2002), un tel modèle n'est pas sans présenter un certain nombre d'effets pervers d'un point de vue sécuritaire, pour autant que ces principes ne sont généralement pas rigoureusement appliqués et qu'il existe des passages obligés d'intersections entre réseaux distincts qui vont focaliser les conflits de modes. L'analyse des accidents atteste de ce qu'une conception urbaine qui privilégie la fluidité va générer des problèmes, notamment aux points de croisement et dans les zones de transition, par les niveaux de vitesse qu'elle induit et leur différentiel (Fleury et al., 1985). Des contraintes d'emprise et de coût rendent également difficile une application de tels concepts dans de nombreux sites urbains ; les centres-villes anciens, par exemple, se prêtent souvent malaisément, ou au prix d'investissements importants, à l'implantation d'aménagements de réseaux différenciés. Plus globalement, le problème posé par un tel modèle "ségrégué" de la circulation en agglomération est qu'il repose implicitement sur une conception de la rue en tant frontière entre quartiers plutôt que sur une logique d'intégration des modes de déplacement dans l'activité urbaine (Millot, 2003). Le résultat en est souvent une inadéquation entre les mouvements de déplacement et la vie des riverains, qui n'est pas sans conséquence sur la sécurité.

En réaction aux inconvénients de cette spécialisation fonctionnelle des espaces de circulation, émerge dans le milieu des années 1970 une solution alternative basée sur le concept hollandais de "Woonerf", ou "cour urbaine" (Loiseau Van Baerle, cité par Fleury, 1998), dont l'objectif est de permettre la coexistence de tous les usages de la voirie. Cette nouvelle façon de voir la gestion de l'urbanisme repose, à l'opposé de la précédente, sur un principe d'*intégration* des modes et des fonctions. Elle vise la cohabitation des différents usagers de la ville, qu'ils soient résidents ou en transit, qu'ils circulent à pied, en deux-roues ou en voiture, dans le double objectif d'une bonne sécurité et d'une meilleure qualité de vie. De façon parallèle, l'émergence de cette conception de "zones de rencontres" entre usagers va coïncider avec à un renouveau des perspectives en matière de sécurité

routière : port du casque et de la ceinture de sécurité rendu obligatoire, lutte contre la conduite en état d'ébriété, limitations de vitesse, etc., ainsi qu'avec une volonté de re-dynamisation des centres-villes. C'est dans cet objectif qu'ont été conduites les expériences de "traffic calming" en Europe du Nord pendant les années 1980 (pour une synthèse voir Kjemtrup et Herrstedt, 1992 ; Fleury, 1998). Elles ont permis de faire évoluer la coexistence entre les fonctions, les modes de déplacement et les usages, en concentrant les efforts sur la régulation des vitesses de circulation et en mettant au point des dispositifs physiques adaptés (giratoires, ralentisseurs, chicanes, rétrécissement de la largeur des chaussées...). La France adopte elle aussi ces nouvelles techniques et met en œuvre, en 1984, le programme "Villes plus sûres, Quartiers sans accidents" (CERTU, 1994), visant à intégrer vie locale et transports motorisés. L'expérience s'étant révélée concluante, ces pratiques innovantes pour l'aménagement des voies urbaines se généralisent et renforcent l'idée selon laquelle mesures de sécurité et gestion urbaine trouvent un intérêt commun à coexister.

1.2. Des principes d'aménagements urbains

Les différents axes de recherche développés ont servi de précurseurs à la mise en place de nouvelles politiques de gestion urbaine, elles-mêmes à l'origine d'aménagements innovants. Les différents concepts qui ont alors émergé ont depuis été validés par expérimentation et sont aujourd'hui largement acceptés et répandus¹. Ces démarches reflètent les évolutions qu'ont connu les villes du XXème siècle, évolutions inspirées de modèles qui, au fil du temps, ont élargi leur champ de priorités. Ainsi, si les premiers travaux sur les réseaux urbains avaient, comme on l'a vu, pour objectif principal d'améliorer la fluidité du trafic - par le biais de la ségrégation des flux et des modes en particulier -, les modèles qui s'ensuivirent adoptèrent une vision plus globale et s'efforcèrent de tenir compte des considérations sécuritaires - notamment par la réduction des vitesses à l'aide de dispositifs techniques (Jørgensen, 1992) -, des transferts modaux, de la satisfaction des riverains, de la lutte contre les nuisances environnementales, etc.

Mais deux questions restent posées. De nombreux aménagements sont réalisés dans d'autres buts que la sécurité routière. Ils y exercent cependant une influence marquée, souvent complexe, et parfois contre-productive du fait de la modification des comportements qu'ils induisent indirectement. Par ailleurs, améliorer la sécurité en ville ne résulte pas de la simple application de principes ni de techniques d'équipement, la preuve en est le résultat parfois décevant des interventions d'aménagement sur l'accidentalité urbaine. Ces questions soulignent le caractère primordial d'une analyse préalable à tout aménagement, une analyse qui ne se limite pas à du "bon sens d'aménageur" et qui envisage, en connaissance de cause, les conséquences de cet aménagement sur le comportement de ses futurs usagers. Et ceci, sous peine de déplacer les problèmes sécuritaires qu'il visait à résoudre, voire d'en générer de nouveaux².

A partir des résultats issus de nombreux travaux expérimentaux et accidentologiques, plusieurs principes, fondés scientifiquement, essentiels pour un usage approprié des dispositifs urbains (Fleury, 1998) ont pu être proposés dans l'objectif de promouvoir un meilleur impact sécuritaire :

- *Principe de cohérence* : les aménagements se doivent de favoriser la prévisibilité des événements et de véhiculer le plus de cohérence possible entre les attentes des conducteurs et la réalité dans laquelle ils circulent.
- *Principe d'homogénéité* : un même aménagement, quel que soit son emplacement, doit concourir aux mêmes objectifs.
- *Principe d'univocité* : les interprétations qui découlent de la perception d'un aménagement ne doivent pas être ambiguës.
- *Prise en compte de l'enchaînement dynamique* : la succession des dispositifs ne doit pas mettre l'utilisateur en difficulté, au niveau de l'exécution de sa tâche de conduite, sachant que celle-ci est contrainte par des caractéristiques temporelles et dynamiques.
- *Le traitement des transitions* : de la même façon que pour le point précédent, la transition d'un environnement urbain à un autre (enchaînement de types de voies, etc.) doit s'effectuer sans difficulté pour l'utilisateur et pour sa sécurité.

Comme l'indique Fleury (2002), un manque de cohérence dans le traitement de l'environnement urbain est générateur d'insécurité, et une bonne cohérence peut en conséquence être considérée comme un principe important d'amélioration de la sécurité. La recherche de cette cohérence doit se faire du point de vue des

¹ On pourra se référer aux dossiers guides du CERTU, notamment.

² Pour lesquels il sera, bien sûr, toujours possible d'incriminer par la suite la responsabilité des usagers...

utilisateurs, et nécessite ainsi la prise en compte de leurs modes de fonctionnement et des processus qu'ils mettent en oeuvre, tels que nous en fait état notamment la psychologie cognitive¹.

1.3. Sécurité, aménagement et processus cognitifs

L'activité de déplacement - notamment au moyen d'un véhicule - comporte des aspects sensori-moteurs évidents². Mais elle requiert également de la part de l'opérateur la mise en oeuvre de nombreux processus qui font appel aux connaissances, pour la compréhension des situations et l'anticipation de leur rencontre. Les recherches du domaine ont mis l'accent sur certaines de ces fonctions jugées essentielles dans le cadre de la conduite et de ses exigences sécuritaires.

1.3.1. Représentation, catégorisation, anticipation

La conduite d'un véhicule étant soumise à de fortes contraintes dynamiques et temporelles, le bon déroulement d'une telle activité est donc tributaire des fonctions d'anticipation, attente, prévision, que va pouvoir développer l'utilisateur en fonction des indices que l'environnement lui fournit, ainsi que des connaissances dont il dispose et qui vont leur servir de cadre interprétatif, de grille de lecture. Alexander et Lunenfeld (1986) définissent deux sortes d'attentes : les attentes à court terme (ou "*ad hoc*") générées par la rencontre d'une situation ponctuelle ; et les attentes à long terme (ou "*a priori*") qui dépendent de schémas de connaissances pré-établis, acquis pendant l'apprentissage et au cours des différentes expériences de l'individu. La conduite automobile conjuguerait donc processus cognitifs ascendants, dans les cas où les anticipations sont déterminées par les informations prélevées dans la scène visuelle du conducteur, et mécanismes descendants, régis par des "structures" mnésiques élaborées lors de la rencontre préalable de situations. Cette double capacité à exploiter interactivement les informations favorise la régulation des problèmes rencontrés au moment de l'exécution de la tâche. Grâce à elle, le conducteur est en mesure d'anticiper l'évolution de la situation, de développer en conséquence des séquences adaptées de recherche d'information, et encore de sélectionner les modalités adéquates de résolution du problème identifié, par l'activation précoce de schémas d'action appropriés. La "perception" peut ainsi être vue comme une forme de test d'hypothèse (Neboit, 1980), dans laquelle les attentes générées sur la base des connaissances et de l'expérience sont mises à l'épreuve d'un échantillonnage d'informations sensorielles recueillies sur le monde physique. A l'autre bout de la chaîne fonctionnelle, la réalisation de l'action sera également sous la dépendance des attentes développées à l'égard de l'évolution des situations, qui vont amener la préparation prédictive d'une réponse. Les aspects de la situation qui sont en accord avec les attentes préalables, aident la réalisation de la tâche de conduite dans ses différentes composantes perceptives, cognitives, motrices. Les attentes qui sont contrariées aboutissent par contre à des recherches d'information inappropriées, des incompréhensions, des confusions, des erreurs de décision, et des temps de réaction plus longs de la part des opérateurs du déplacement. Ce à quoi l'utilisateur s'attend ou ne s'attend pas, a donc un impact majeur sur sa performance, et particulièrement sous des conditions de pression temporelle et/ou de charge informationnelle importante.

Toutes les étapes impliquées dans la réalisation de l'activité de déplacement (ainsi que dans toute activité à dynamique temporelle), qu'elles se situent en amont sur le versant perceptif ou en aval sur le versant effecteur, entretiennent donc un certain niveau de dépendance avec cette fonction anticipatrice qui constitue ainsi le pivot de l'activité. Quelles que soient les formes sous lesquelles on peut la mettre à jour et la décrire, l'anticipation constitue ainsi une composante essentielle de la régulation des activités humaines. C'est un travail sur le temps. Selon l'aphorisme de Neboit (1974), "*elle s'appuie sur le passé pour réguler le présent en fonction du futur*". Sur la base de quoi ces constructions mentales sont-elles établies ? Qu'est-ce qui conditionne leur activation en situation ? Ce sont, bien sûr, des questions-clés de la psychologie cognitive. Mais ce sont également des questions utiles dans la perspective de l'aménagement d'un environnement adapté aux modes de fonctionnement humains, qui favorise une recherche appropriée des informations issues de la mémoire et de l'environnement, la compréhension des situations rencontrées et leur régulation efficace. Dans son modèle de catégorisation, Rosch (1978) fournit des éléments de réponse en énonçant certains des principes sous-jacents à l'organisation de ces connaissances et à leurs modes d'utilisation.

¹ En étant bien clair que cette discipline n'est qu'une des nombreuses pierres susceptibles de construire une connaissance efficace des problèmes urbains, parmi lesquelles on citera : la sociologie, l'urbanisme, l'ingénierie routière, la politologie, etc.

² Si évidents, d'ailleurs, qu'on tend parfois à ne voir qu'eux, au point que la conduite devienne pure affaire de vision et de "réflexe".

Tout d'abord un principe dit - d'économie cognitive - en s'appuyant sur lequel l'individu va pouvoir traiter une quantité d'information maximum avec un coût cognitif minimum, en considérant comme semblables des éléments différents du monde (selon un processus de généralisation) tout en repérant des discontinuités (selon un processus de discrimination) utiles pour l'ajustement de ses conduites (Dubois, 1991). Ce double jeu de processus va conditionner la construction mentale de catégories d'unités, d'éléments, d'objets, d'entité, qui seront considérés cognitivement équivalents et alléger ainsi les ressources cognitives nécessaires pour les traiter.

Le deuxième principe conditionnant la formation des catégories, réciproque du premier en ce qu'il rend compte de leur détermination externe, concerne ce que Rosch évoque en termes de "structure corrélative des éléments du monde perçu". Énoncé plus simplement, ce principe rend compte de ce que les différents éléments constitutifs de l'environnement n'apparaissent pas isolément les uns des autres, ni ne coïncident de façon fortuite. En repérant ces régularités, l'être humain va ainsi élaborer des catégories mentales qui vont refléter, dans une certaine mesure, ces "co-incidences" du monde.

Un troisième vecteur important des recherches réalisées dans la lignée du modèle initié par Rosch, repose sur la notion d'organisation hiérarchique des catégories mentales (Dubois, 1991). Les connaissances humaines vont ainsi pouvoir s'appuyer sur différents niveaux d'appréhension du monde, du plus général au plus particulier, qui seront plus ou moins appropriés selon les activités visées. Au sein de cette hiérarchie, Rosch a démontré l'existence d'un niveau préférentiel, un "niveau de base" d'organisation et d'utilisation des informations. La spécificité de ce niveau de base serait d'être optimal du point de vue d'un arbitrage entre la nécessité d'un certain degré de richesse dans l'information utilisée pour l'activité (plus les catégories sont spécifiques, plus elles sont informatives) et la minimisation de l'effort cognitif requis pour appréhender cette information (plus les catégories sont générales, moins elles sont nombreuses et moins il y a de distinctions à faire pour catégoriser). Ce niveau de base d'appréhension du monde constituerait donc un compromis optimal, un juste milieu pour l'adaptation des conduites.

Enfin, concernant l'organisation interne de chaque catégorie, les recherches ont mis en évidence une différence de statut entre les exemplaires qui la composent. Contrairement aux catégories "savantes" (dans lesquelles tous les exemplaires occupent une position logique équivalente¹) les catégories "naïves" vont établir une hiérarchie entre leurs éléments selon leur caractère plus ou moins représentatif de la classe qu'ils composent. Les exemplaires "moineau" ou "canari", pour citer cet exemple très classique, seront ainsi plus aisément identifiés comme appartenant à la catégorie des oiseaux que ne le seront le pingouin ou l'autruche. Ce degré de typicité des exemplaires va s'organiser autour d'un élément focal : le "prototype", représentation mentale d'un exemplaire générique autour duquel s'organise la catégorie. Le prototype serait l'élément qui possède le plus grand nombre d'attributs communs avec les autres membres de la classe. Et plus un élément de l'environnement sera proche du prototype, plus son identification sera rapide. Il en sera de même avec les aménagements routiers.

Connaissances catégorielles et attentes entretiennent des relations indispensables à la réalisation d'une activité dynamique et temporellement contrainte. C'est par l'activation conjointe de ces deux processus que les usagers de la route et de la rue, vont pouvoir mettre en place, dans le cadre de leur activité de déplacement, un ensemble de stratégies de prélèvement et de traitement de l'information qui vont lui permettre d'agir en temps utile. C'est donc sur la base d'un aller-retour entre des indices détectés dans l'environnement et l'évocation de connaissances appariées, que ces stratégies vont pouvoir s'établir. L'adaptation des comportements est ainsi sous la double détermination de l'acquisition de connaissances opératives et de la capacité des indices environnementaux à évoquer des représentations appropriées. Cette dialectique est bien schématisée par Rasmussen (1981), rappelant qu'il n'y a pas de relation univoque entre les caractéristiques de la tâche et les fonctions humaines qui sont mises en œuvre, et que cette relation dépend à la fois des informations externes et des représentations internes, ainsi que des buts subjectifs et des critères de performances qui en découlent (Figure 1).

¹ Dans les sciences naturelles, par exemple, il n'y a pas d'oiseaux qui le sont plus que d'autres. Cette "famille" se compose d'exemplaires identiquement représentatifs sur la base d'un certain nombre de critères nécessaires et suffisants : bec, ailes, plumes, etc.

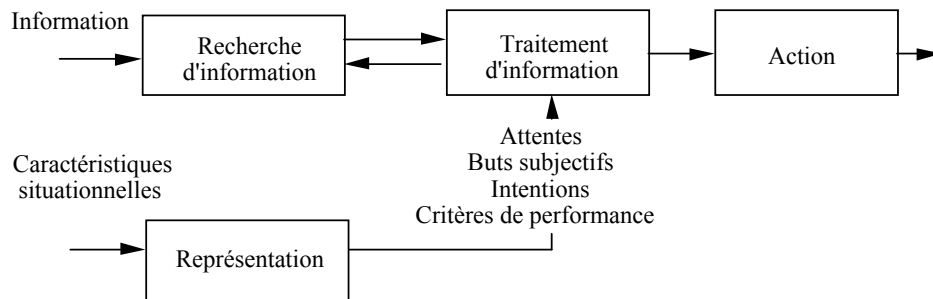


Figure 1. Modèle simplifié de fonctionnement de l'opérateur humain (Rasmussen, 1981)

Un conducteur qui arrive sur un lieu, le fait ainsi avec un ensemble de représentations et d'attentes activées par les caractéristiques situationnelles du contexte d'approche qui vont orienter à la fois sa recherche d'information et l'analyse qu'il va en faire.

1.3.2. La lisibilité de la rue

Les connaissances sur le monde sont donc construites sur la base d'un repérage de régularités dans les situations rencontrées antérieurement par l'individu et partagées par le groupe social. Elles vont être réactivées en situation à partir d'indices plus ou moins évocateurs puisés dans l'environnement. On voit poindre ici la double responsabilité qu'a l'aménagement de favoriser l'acquisition de connaissances pertinentes et structurées, ainsi que de susciter par les indices qu'il fournit l'évocation de représentations adaptées aux situations.

En lecture, les processus de compréhension s'appuient également sur une articulation entre des informations provenant des énoncés explicites du texte lu et les connaissances générales acquises antérieurement par le lecteur, qui vont constituer un cadre interprétatif et anticipatif du récit. La compréhension de phrases implique en effet la construction d'une représentation particularisée dont le sens ne peut être prédit de manière fiable à partir des définitions des mots constituant la phrase, telles qu'on pourrait les tirer d'un dictionnaire. Cette représentation permettra la production d'inférences qui pourront être plus ou moins complexes et établies de manière plus ou moins automatique. Les travaux sur la résolution de l'ambiguïté du sens des mots rendent bien compte de ce caractère inférentiel de la lecture. Ces recherches ont amené le constat que, bien que de nombreux mots du discours soient ambigus (polysémiques), ils sont rarement perçus à l'intérieur d'un contexte comme ayant plus d'une interprétation (Paul *et al.*, 1992). Les données expérimentales montrent ainsi que le traitement d'un terme ambigu s'effectue sans allongement de la durée de fixation du regard (Carpenter et Just, 1983), ce qui tend à prouver que l'ambiguïté ne serait même pas détectée. Le lecteur attribuerait ainsi immédiatement, en fonction du contexte et de la fréquence du sens des mots, une et une seule interprétation au mot ambigu. Cet amorçage contextuel de la signification permet ainsi un gain de temps et de ressources attentionnelles. Mais il peut également être trompeur en cas d'ambivalence du discours.

De la même manière que l'homme lit un récit, l'usager de la route (et de la rue) catégorise des *situations* et développe des attentes sur la rencontre d'*événements* congruents avec ces situations. Appliquées au domaine de la conduite automobile, ces questions ont ainsi fait émerger la notion de "lisibilité de la route" pour rendre compte de la capacité de l'espace routier à activer chez le conducteur les bonnes catégories et à susciter les bonnes inférences, en fin de compte à lire le récit routier sans se fourvoyer ni épuiser inutilement ses ressources de traitement. Lorsqu'il se déplace, l'individu évolue -particulièrement en milieu urbain- dans un environnement complexe générant un flux important d'informations concurrentielles à traiter plus ou moins simultanément. Ces informations transitent principalement par le canal visuel¹, on comprend la nécessité de mettre en place des aménagements (bâti, signalisation, traitement végétal, etc.) qui permettent au conducteur de détecter, d'identifier et de sélectionner facilement dans l'environnement les indices efficaces pour la régulation de son activité de déplacement. Précurseur de la question, l'urbaniste Lynch (1976) évoque la lisibilité de la ville en tant que clarté apparente, facilité avec laquelle on peut reconnaître ses éléments et les organiser en schémas cohérents qui prédisposent à la lisibilité de l'espace.

¹ Ce qui n'implique pas, comme on peut le lire parfois, que la conduite d'un véhicule est une activité "essentiellement visuelle" (on ne conduit pas qu'avec ses yeux...), mais que le canal visuel est un vecteur important de circulation de l'information ascendante, dans l'activité de conduite comme dans nombre d'activités humaines.

Or un environnement n'est lisible que sous certaines conditions. Il doit tout d'abord être *visible*, et l'être suffisamment en amont pour intégrer la composante dynamique du déplacement. Il doit ensuite être *perceptible*, c'est-à-dire discriminant du point de vue des informations pertinentes qu'il veut évoquer. Il doit en outre être *intelligible*, ce qui implique notamment que ces informations doivent être conventionnelles pour être comprises par le plus grand nombre possible d'utilisateurs et qu'elles doivent converger pour fournir des représentations non ambiguës. Toutes ces caractéristiques concourent à l'attribution d'une signification conforme à la réalité des problèmes à résoudre, et participent à l'élaboration de traitements cognitifs adaptés à la situation. Une fois que le conducteur a construit sa représentation de l'espace dans lequel il circule (la *scène routière*), il peut ainsi mettre en place des attentes appropriées sur les événements qui peuvent s'y produire (les *scénarios d'interaction*), déterminantes pour son comportement général de conduite, sa vitesse ou encore son niveau d'attention (la *régulation*).

Pour s'adapter aux caractéristiques de la cognition humaine, l'aménagement urbain doit ainsi non seulement générer à court terme des attentes conformes aux événements qu'il produit, mais il doit aussi susciter à plus long terme l'acquisition de connaissances cohérentes et homogènes sur ses régularités de fonctionnement. Cette lisibilité doit s'appliquer à tous les niveaux de l'aménagement (ville, itinéraires, sites routiers, points singuliers de l'infrastructure, situations d'interactions) si l'on souhaite favoriser la mise en place d'attentes adéquates à la réalité des événements (Fleury, 1998).

D'un point de vue ergonomique, la visée d'un équipement consiste à harmoniser l'interaction entre l'environnement et ses utilisateurs. L'aménagement urbain doit ainsi autant être déterminé par l'activité urbaine, qu'il doit la favoriser. Les processus cognitifs tiennent donc une place fondamentale du point de vue de la gestion urbaine, notamment parce que leur prise en compte conditionne "systématiquement" l'amélioration de la sécurité routière en ville. Cependant, ces processus cognitifs restent tributaires des caractéristiques dynamiques et temporelles de la conduite. C'est ainsi que l'aménagement doit intégrer des contraintes telles que la nécessité de réduire les temps de saisie de l'information ou encore le besoin d'assurer la cohérence entre les attentes et les situations rencontrées. La création de nouveaux aménagements urbains doit par conséquent tenir compte à la fois des caractéristiques humaines et des contraintes situationnelles pour promouvoir une meilleure lisibilité de la rue.

Pour opérationnaliser de telles questions, l'analyse des accidents selon une approche cognitive permet de décliner les principales difficultés rencontrées par les individus dans la mise en oeuvre des différents processus fonctionnels qui permettent habituellement l'adaptation efficace de l'activité menée dans l'environnement.

2. Cadre d'analyse des accidents de la ville

Malgré l'amélioration des connaissances et des techniques permettant une gestion plus sécuritaire du système de circulation, la proportion d'accidents ayant lieu en ville, bien qu'en léger retrait, reste problématique. Les données statistiques (ONISR, 2002) montrent que s'y concentrent plus des deux tiers des accidents corporels et du nombre des blessés, près de la moitié des blessés graves, et près d'un tiers des personnes tuées. Ce constat justifie que des recherches continuent à être menées pour comprendre et tenter de réduire ces données accidentologiques, et c'est dans la poursuite de cet objectif que se positionne la présente étude.

Les Etudes Détaillées d'Accidents réalisées par des équipes pluridisciplinaires à des fins de recherche constituent une source d'informations approfondies sur les mécanismes fins qui régissent les dysfonctionnements. C'est par leur investigation que les problèmes d'insécurité routière en milieu urbain sont ici analysés, et ce, sous l'angle de plusieurs interrogations :

- Peut-on définir des dysfonctionnements spécifiques à l'accidentalité urbaine par rapport à ceux que l'on relève en rase campagne ?
- Quels sont les principaux paramètres explicatifs des difficultés sécuritaires rencontrées par les usagers de la ville ?
- Peut-on rendre compte de régularités dans les circonstances qui conduisent aux accidents urbains ?
- En quoi la structure spatiale et fonctionnelle de l'agglomération joue-t-elle un rôle dans la genèse de ces accidents ?

Pour appréhender ces questions, il faut au préalable s'interroger sur la place de l'homme dans le système de circulation, ainsi que sur le statut de l'erreur dans son mode de fonctionnement.

2.1. Problématique : l'erreur humaine et le système de circulation

Il est de la nature de l'homme de se tromper. En effet, la capacité d'adaptation de l'être humain à un environnement complexe, variable, évolutif et incertain, repose notamment sur son aptitude à recourir à des heuristiques cognitives lorsqu'un fonctionnement algorithmique n'est plus possible. Par définition, les heuristiques sont des procédures rapides, économiques et la plupart du temps efficaces, mais qui n'amènent pas au bon résultat à coup sûr. Ce sont par conséquent les mêmes processus qui permettent à l'homme de s'adapter aux difficultés de l'environnement et qui le conduisent parfois à l'erreur. C'est cette conception que sous-tend la définition de l'homme en tant qu'*agent de fiabilité faillible* défendue par l'ergonomie¹. Par sa conception même, le système de circulation conduit l'homme à progresser dans un environnement complexe, variable, évolutif et incertain, pour lequel le recours à des heuristiques est une procédure obligée. Ce système exploite ainsi les capacités d'adaptation de l'être humain, et c'est d'une certaine manière cette capacité de commettre des erreurs et d'en corriger le plus souvent les plus importantes qui permet à l'homme de conduire. Un organisme qui ne saurait agir sans se tromper ne pourrait pas conduire une voiture, en tous cas pas dans les conditions de complexité et de variabilité qui définissent le système de circulation actuel. Il paraît ainsi difficile d'accabler les caractéristiques du fonctionnement humain, alors que ce sont ces mêmes caractéristiques qui font que le système routier peut fonctionner en dépit de toutes ses difficultés, imprévisibilités et imperfections (Van Elslande et Alberton, 1999).

Errare humanum est ? A cette question, Leplat (1999) répond que toute erreur peut à la fois être considérée comme humaine, qu'elle soit en amont celle du concepteur, ou en aval celle de l'opérateur, et jamais seulement humaine pour autant qu'elle se produise au sein d'un système socio-technique qui en a autorisé la genèse et la non récupération. C'est dans ce même esprit que Reason (1993) opère une distinction entre ce qu'il nomme les erreurs "actives" et les erreurs "latentes" (Figure 2). Les défaillances actives correspondent à l'activité des opérateurs qui sont à l'interface, "en première ligne" d'un système complexe, c'est-à-dire ceux qui ont pour charge la régulation et le contrôle direct de l'environnement : les conducteurs, pilotes, contrôleurs de processus, etc. Les effets de ce type d'erreur ont pour caractéristique de se faire ressentir dans des délais très brefs. Ils sont donc plus immédiatement repérables, et ce sont ceux sur lesquels les analyses tendent plutôt à mettre l'accent.

¹ Dès le début des années 70...

Les défaillances latentes ont en revanche tendance à se développer à partir des activités de ceux qui sont éloignés de l'interface de contrôle direct de cet environnement : les concepteurs, constructeurs, décideurs et autres gestionnaires. Les conséquences néfastes de ces erreurs peuvent rester longtemps en sommeil dans le système et ne se manifester qu'en se combinant avec d'autres facteurs qui vont révéler les brèches, les lacunes, les défauts dans les protections et les défenses du système en cause. Moins immédiatement repérables, elles tendent à être oubliées.

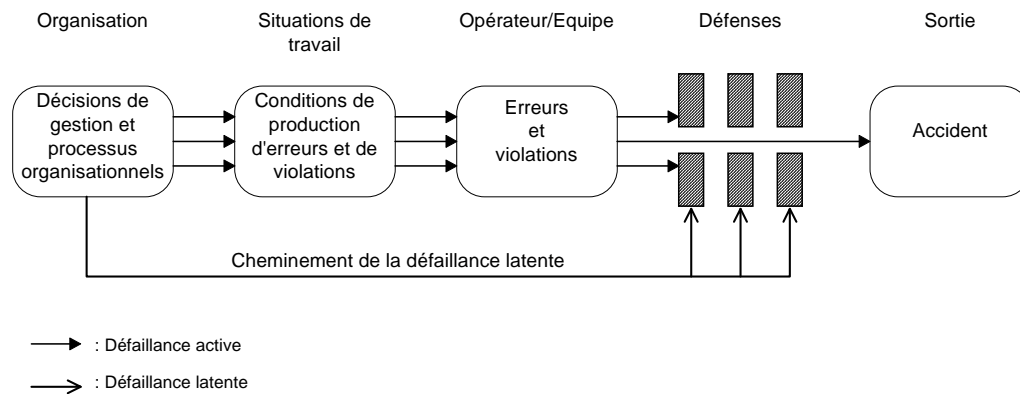


Figure 2. Cheminement des erreurs actives et des erreurs latentes (d'après Reason, 1993)

La conclusion à tirer d'une telle décomposition, est que même si les différents facteurs de dysfonctionnement se manifestent au niveau de l'action de l'opérateur, l'erreur ne peut s'expliquer uniquement par les "facteurs humains"¹ qui l'ont générée. Il est aussi souvent nécessaire d'examiner la participation des facteurs contextuels à l'émergence de cette erreur ou à sa concrétisation sous forme d'accident. N'identifier que les défaillances actives relève d'une analyse de surface, voire de parti pris, qui se contente d'un repérage des éléments terminaux des dysfonctionnements, ceux qui sont les plus apparents. En fin de compte : des effets, et non des causes.

L'analyse des erreurs accidentelles est ainsi doublement révélatrice : d'une part, des modes de fonctionnement des conducteurs et des défaillances auxquels ils peuvent être sujets sous certaines conditions, d'autre part, des lacunes dans les protections du système au sein duquel il se déplace. Une telle analyse rend compte, en définitive, des problèmes d'interaction qui s'établissent entre un système et ses utilisateurs. L'erreur n'est pas le fait du seul opérateur, elle est le symptôme d'un mauvais couplage entre cet opérateur et la tâche qu'on lui demande de réaliser (Neboit et *al.*, 1990). Selon une logique scientifique, la question n'est pas de savoir si les accidents sont unilatéralement "la faute" du conducteur², de l'infrastructure routière ou du véhicule, mais de comprendre comment et pourquoi l'interaction entre les différents composants impliqués a pu dégénérer en interférence, au point de produire une issue indésirable à la fois pour le système et pour son utilisateur. Du point de vue de ces interférences, l'objectif est de mettre en évidence les dysfonctionnements, à la fois pluricausaux (un accident s'explique rarement par une seule cause) et plurifactoriels (au sens où les problèmes vont faire intervenir conjointement les différents composants du système), dans la perspective d'une meilleure adaptation entre les environnements et les usagers du déplacement. A ce titre, il est essentiel de ne pas faire l'amalgame récurrent du sens commun³ entre ce que l'on nomme "erreur humaine" et "facteur humain". L'erreur, et à plus proprement parler *l'erreur non récupérée*,⁴ correspond à une défaillance momentanée de l'une ou l'autre de ces fonctions sensorielles, cognitives et motrices que l'homme met coutumièrement en oeuvre pour ajuster son activité aux difficultés de sa tâche, et y parvenir le plus souvent. Une telle *défaillance fonctionnelle* est la conséquence négative d'un ensemble intégré d'éléments causaux, combinant des facteurs humains, infrastructurels et véhiculaires. Il faut par conséquent identifier les erreurs pour bien comprendre la spécificité des difficultés rencontrées par les usagers dans leurs tentatives de régulation. Mais il est également indispensable de bien analyser les combinaisons d'éléments caractérisant les hommes, les infrastructures et les véhicules

¹ Un tel label tend à omettre que les concepteurs, aménageurs, gestionnaires, etc. n'en sont pas moins humains...

² Avec des cibles catégorielles facilement identifiables : les jeunes, les vieux, les drogués, les malades, etc. ; voire caricaturales : les "chauffards", les "délinquants de la route"...

³ Mais que l'on retrouve malheureusement souvent dans la littérature.

⁴ Les conséquences négatives des erreurs récupérées sont loin d'être prouvées (Amalberti, 2001).

impliqués dans la genèse de ces erreurs et dans leur non récupération, pour pouvoir définir des solutions aux problèmes identifiés.

L'étude de ces problèmes d'accidentalité, tels que nous les appréhendons sous un angle cognitif au travers des accidents de la route, n'est évidemment pas exhaustive dans sa perspective explicative des dysfonctionnements. De nombreux paramètres interviennent bien en amont, dans la conception même du système de circulation et dans les valeurs qu'il véhicule, que seule une approche plus macroscopique peut mettre à jour (Brenac, 2004 ; Guilbot et Ferrant, 2004 ; Reigner, 2004, Fleury, 2004). D'un point de vue historique, social, économique, voire politique, la route a plutôt été conçue pour produire du déplacement que de la sécurité. Cette conception n'est pas sans conséquence sur les sinistres qu'elle produit plus ou moins directement par les comportements auxquels elle incite et la structure d'aménagements qui ne leur sont pas compatibles. Les philosophies émergentes visent actuellement à inverser cette tendance, faisant de la sécurité un cheval de bataille des systèmes routiers. Ainsi en est-il des perspectives de "vision zéro" ou de "sécurité durable" (Rumar et Wegman, 1999) qui soulignent la notion de responsabilité partagée entre les différents acteurs de l'insécurité : les usagers de la route certes, mais également la société qui construit et entretient les routes, fixe les règles de circulation, ainsi que l'industrie qui conçoit et vend les moyens de transport. Il est notamment rappelé à ces deux derniers acteurs qu'ils doivent s'adapter aux caractéristiques des comportements et aux limites des aptitudes humaines, qu'ils ne doivent pas pousser à bout.

2.2. Méthode, population et terrain d'analyse

Les questions décrites dans la section précédente seront appréhendées selon une méthodologie spécifique qui a été développée dans la perspective d'apporter un complément aux connaissances déjà établies sur les phénomènes urbains et les enjeux sécuritaires auxquels ils correspondent. Cette méthodologie s'appuie sur une donnée originale : les études détaillées d'accidents, dont la visée qualitative permet une analyse fine des mécanismes et des processus engagés dans la genèse des problèmes en jeu. Un échantillon d'accidents urbains extrait de la base de données de l'INRETS-MA a ainsi été étudié, en comparaison avec un échantillon de référence d'accidents survenus en rase campagne.

2.2.1. Données sources : les Etudes Détaillées d'Accidents de la route

Débutées dans les années 1960 par Baker, et reprises dans les années 1980, les Etudes Détaillées d'Accidents (EDA) ont eu d'emblée pour objectif d'assurer une meilleure connaissance des mécanismes régissant les accidents de la circulation routière et des situations auxquelles sont confrontés les usagers (Ferrandez, Fleury, Malaterre, 1986). Elles se sont affinées avec le temps, notamment du point de vue de l'appréhension des processus psychologiques engagés, en liaison avec le développement des modèles cognitifs contemporains. Le principe de ces EDA consiste à établir, pour chaque cas d'accident étudié, le scénario de déroulement le plus probable et d'en analyser les processus fonctionnels impliqués, ainsi que les combinaisons de facteurs qui y contribuent.

Les études de cas reposent sur un recueil de données sur le terrain et l'analyse se fait par une équipe pluridisciplinaire de psychologues, d'ingénieurs, de techniciens, etc. Cette approche permet une meilleure compréhension des relations entre les différents facteurs impliqués. Le recueil se fait dès la survenue de l'accident, en plusieurs étapes. La première s'effectue sur la scène même de l'accident et le plus tôt possible après qu'il ait eu lieu, par des entretiens avec les différents impliqués, et le relevé d'un maximum de données sur les traces et les conditions matérielles de l'accident (véhicules, infrastructures, conditions atmosphérique, trafic, etc.). Sur la base de ce premier recueil, on élabore un premier scénario hypothétique de déroulement en confrontant les différentes données, scénario qui orientera et sera mis à l'épreuve du recueil complémentaire réalisé dans les 48 heures suivant l'accident. Dans cette seconde étape de collecte de données, on réalise de nouveaux entretiens visant notamment à vérifier ces hypothèses, à approfondir certains éléments restés imprécis¹, ainsi qu'à recueillir tout un ensemble d'information concernant la biographie, notamment routière, des impliqués. On réalise également un contrôle technique des organes de sécurité des véhicules susceptibles d'être impliqués (amortissement, freinage, direction, etc.). Un relevé des caractéristiques d'itinéraire d'approche est effectué, un plan des lieux de l'accident est établi. Toutes ces données sont ensuite mises en forme pour réaliser une reconstitution cinématique finale des

¹ Les conditions (émotionnelles, temporelles, etc.) de réalisation de la première interview ne permettent souvent qu'une appréhension des éléments les plus importants et les plus labiles sur la perception du déroulement des faits par les différents impliqués.

cas d'accidents à l'aide de modèles informatisés, et qui permet enfin d'effectuer une analyse en compréhension du cas.

L'étude de l'ensemble de ces éléments - traces, indices, mesures, interviews, reconstitution - permet ainsi une analyse fine du déroulement de l'accident. Différentes disciplines scientifiques sont requises pour ce travail : psychologie, dynamique du véhicule et mécanique, génie civil, médecine. L'analyse de ces données recueillies s'appuie sur i) une approche système qui met l'accent sur les interactions entre l'impliqué, son véhicule et l'environnement (approche "système"); ii) un modèle cinématique permettant la reconstruction et le paramétrage, dans le temps et l'espace, de la dynamique du phénomène; iii) un modèle du fonctionnement humain qui exploite les formalismes de la psychologie cognitive; iv) un modèle de découpage en phases – de conduite, de rupture, d'urgence, de choc – du déroulement de l'accident (Ferrandez, 1995). Cette analyse se fait donc séquentiellement, selon la reconstitution du déroulement dans le temps de l'accident. L'accident étant par définition un événement dynamique, son analyse s'effectue selon un découpage en séquences :

- La situation de conduite ou situation de pré-accident : situation de conduite "normale" qui intègre les objectifs, la tâche à réaliser, les attentes du conducteur. Elle est significative de la stratégie adoptée en abord du lieu de l'accident.
- La situation d'accident, qui correspond à l'instant de rupture qui amène une situation critique. Elle est créée généralement par la survenue d'un élément imprévu.
- La situation d'urgence où il y a mise en œuvre d'actions d'évitement, dès l'identification de la difficulté.
- La situation de choc, qui marque l'échec des actions entreprises. On décrit ici la nature du choc et les événements consécutifs.

La situation "d'accident" est considérée comme une étape charnière, au sens où elle rend compte du basculement dans une séquence dysfonctionnelle. Son analyse permet la comparaison des accidents entre eux sous l'angle des processus psychologiques qui entrent en jeu dans la défaillance. La rupture est généralement ponctuelle et instantanée, ce qui en fait un bon point de repère pour déterminer quelle fonction a été défaillante à cet instant précis. Cependant, chaque étape amène des éléments susceptibles d'expliquer les défaillances du système, et renseigne sur leur poids ou leur incidence dans la survenue de l'accident. L'intérêt d'un tel découpage est d'essayer de trouver les mécanismes qui ont amené un décalage entre les procédures mises en œuvre et celles qui auraient été adaptées à la situation. Il s'agit donc d'analyser la combinaison des différents paramètres - qu'ils soient internes ou externes au conducteur - qui ont obéré la mise en place d'une stratégie adaptée ou ont provoqué une défaillance à l'une des étapes fonctionnelles de traitement de l'information.

Le résultat de cette démarche est une collection de cas d'accidents analysés cliniquement, intégrant un diagnostic sur les mécanismes et les facteurs concourant au déclenchement, au déroulement, et aux conséquences de ces accidents. Un recoupement de ces monographies sur la base de différents critères de sélection permet la mise en place d'études thématiques comme celle qui est présentée ici, dont l'objet est la mise en évidence la spécificité des dysfonctionnements impliqués dans les accidents urbains.

2.2.2. Population étudiée

L'échantillon étudié se compose de 314 impliqués dans 171 cas d'accidents, dont 260 pour lesquels une défaillance fonctionnelle a pu être identifiée. 32 impliqués se caractérisent par une absence de défaillance, et seront ainsi considérés comme usagers "passifs" qui subissent la situation générée par un autre, et dont le rôle dans l'accident se limite donc à se trouver au mauvais endroit au mauvais moment. Dans les 22 cas restants, la défaillance est restée indéterminée du fait du caractère lacunaire ou incertain de certaines des informations qui ont pu être recueillies dans le cadre de l'enquête EDA. Il faut savoir, en effet, que la détermination des processus d'erreur exige des données approfondies (notamment par entretien) qu'il n'est pas toujours aisé d'obtenir¹.

Sept catégories d'usagers ont été établies. Elles sont non exhaustives mais s'efforcent de regrouper la plupart des modes de déplacement. Il s'agit :

- des piétons,
- des bicyclettes,
- des cyclomoteurs de cylindrée inférieure à 49 cm³,
- des motocyclettes de plus de 49cm³,

¹ Notamment par suite d'une falsification de témoignage, d'un refus d'entretien, ou du décès de la personne.

- des véhicules légers ou de tourisme,
- des bus,
- des poids lourds.

La répartition de ces différents types d'utilisateurs à l'intérieur de l'échantillon est relativement homogène avec ce qui a pu être observé au niveau hexagonal par l'Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière (ONISR) pour l'année 2002 (Figure 3).

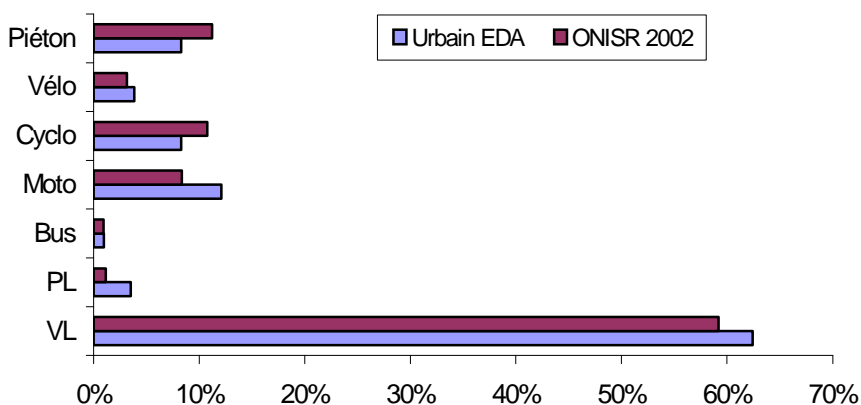


Figure 3. Répartition des catégories d'utilisateurs dans l'échantillon étudié et le bilan national (ONISR 2002)

Les différents paramètres accidentologiques caractérisant cet échantillon d'accidentés urbain seront comparés aux conditions d'occurrence accidentelle d'un échantillon de référence de 333 personnes impliquées dans un accident en rase campagne pour lesquelles une défaillance fonctionnelle a pu être identifiée lors d'une recherche préalable (Van Elslande et al., 1997).

2.2.3. Méthode d'analyse

Chacun de ces cas a été analysé individuellement de façon à faire ressortir, pour l'ensemble des impliqués, les difficultés qu'ils ont rencontrées et les différents paramètres du contexte de conduite qui en sont à l'origine. Selon une méthode qui vise à faire le lien entre approche qualitative et quantitative, ces analyses monographiques ont ensuite été regroupées au sein de "scénario-types de production de l'erreur" qui rendent compte de processus génériques qui conduisent à l'erreur dans la ville. Et enfin, à titre de complément exploratoire, nous avons eu recours à la cartographie dans l'objectif de mettre en évidence d'éventuelles relations entre les mécanismes de dysfonctionnement et la structure de la ville. Un intérêt particulier sera porté aux différentes catégories d'utilisateurs, aux tâches de conduite, aux tailles des agglomérations, ainsi qu'aux caractéristiques des voies de circulation, ces différents critères ayant été considérés comme critiques pour l'analyse.

Des erreurs et des facteurs

Dans la lignée des développements récents des travaux sur le thème de "l'erreur" (e.g. Reason, 1995 ; Leplat, 1999 ; Amalberti, 2001), celle-ci ne sera pas analysée comme la cause première de la dégradation des situations mais comme le symptôme et le vecteur des failles d'un système (Van Elslande, 2003a). Nous en rendrons compte par la suite sous le label de "défaillance fonctionnelle", et ce, pour trois raisons : d'abord, pour se démarquer des ambiguïtés de la notion d'erreur dans son acception courante (souvent synonyme de "faute"), ensuite pour cibler l'analyse sur les erreurs non récupérées (qui sont par définition celles que l'on étudie à partir de données d'accidents...), enfin pour inclure dans cette analyse des phénomènes plus larges liés aux capacités, notamment physiologiques, des individus. Autrement dit, cette notion rend compte de la défaillance de l'une (au moins) des fonctions cognitives, sensori-motrices ou psychophysiologiques qui permettent, en temps normal, à l'opérateur de s'adapter aux difficultés qu'il rencontre dans l'accomplissement de sa tâche.

Des travaux préalables ont été réalisés dans cette perspective, visant à montrer comment les dysfonctionnements dans les interactions du système Homme-Véhicule-Environnement s'expriment au plan des fonctions engagées par celui qui en a le contrôle direct : le conducteur. Ils ont amené l'élaboration d'une grille de classification des défaillances fonctionnelles (Figure 4) sur la base d'une particularisation des modèles

"classiques" d'analyse des erreurs (Rasmussen, 1986 ; Reason, 1993) aux spécificités des processus à l'œuvre dans les accidents de la route (Van Elslande et al, 1997 ; Van Elslande 2000, 2003a).

Cette grille rend compte d'une vingtaine de défaillances spécifiques impliquées aux différentes étapes de la réalisation de l'activité. Ces défaillances fonctionnelles sont réparties en 6 catégories : les 5 premières réfèrent à l'une ou l'autre des différentes étapes de "traitement" mises en œuvre dans la logique d'un modèle séquentiel (perception, diagnostic, pronostic, décision, exécution de l'action) ; la dernière correspond à une altération de l'ensemble de cette chaîne fonctionnelle, identifiée dans certains types d'accidents. Il faut préciser que le caractère séquentiel de cette grille de classification des défaillances ne sous-entend en aucun cas un fonctionnement séquentiel du conducteur (Van Elslande, 2003a). Il s'agit bien d'une grille d'analyse des dysfonctionnements et non d'un modèle de fonctionnement ou de dysfonctionnement de l'opérateur.

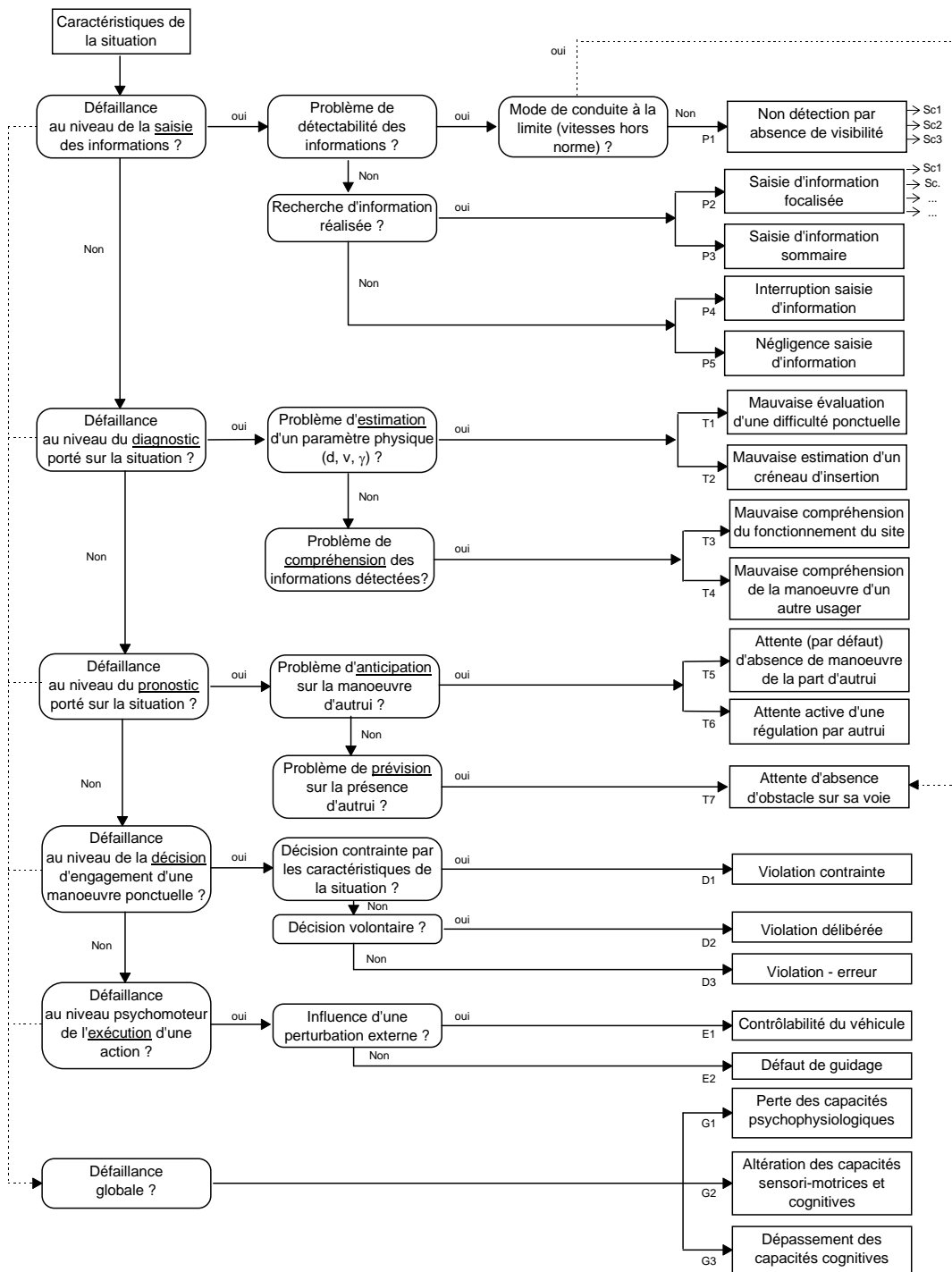


Figure 4. Grille de classification des défaillances fonctionnelles (Van Elslande, 2000)

Le concept de "défaillance fonctionnelle" est donc central dans l'analyse clinique des cas d'accidents. Il sera l'élément pivot de la comparaison des problèmes auxquels ont été confrontés les impliqués en ville et en campagne. Mais la défaillance n'est qu'un maillon dans la chaîne qui conduit à l'accident (Malaterre, 1987). Et s'il est important de connaître la nature précise des difficultés rencontrées par l'opérateur, il ne faut pas perdre de vue que les défaillances fonctionnelles dont il peut être l'objet s'inscrivent dans un contexte qui n'est pas anodin du point de vue de leur production, ni qu'elles s'expliquent par un certain nombre de facteurs qu'il est essentiel de mettre en évidence si l'on cherche à comprendre l'origine et le processus qui conditionnent une telle issue. Une fois identifiée, chaque défaillance est ainsi réintroduite au sein du "scénario occurrent"¹ qui en a autorisé l'émergence et qui rend notamment compte des combinaisons d'éléments qui l'expliquent, liés au conducteur et à l'environnement de sa tâche (au sens des différents paramètres qui entrent en jeu dans sa réalisation). On signalera à ce propos que si ces défaillances sont analysées sous un angle cognitif, la recherche de leurs causes humaines fait également intervenir des paramètres relatifs aux motivations (e.g. rattraper un retard, trajet ludique), aux émotions (impatience, peur), à l'état psychologique (degré d'attention) et physiologique (niveau de vigilance), etc. Et rappelons qu'en majorité, c'est la combinaison de différents facteurs provenant de différentes sources (Figure 5) qui va le plus souvent expliquer le basculement du conducteur d'une situation en marche normale vers une situation en marche dégradée (Van Elslande, 2000).

Enfin, l'attribution, à chacun des acteurs de l'accident, d'un degré d'implication dans la survenue de la perturbation et la dégradation de la situation renseigne sur le rôle tenu par les différents conducteurs participant à la genèse d'un même accident. Nous aurons donc recours à l'ensemble de ces variables afin de dégager les caractéristiques propres à l'accidentalité urbaine par comparaison à un échantillon témoin de cas d'accidents préalablement analysé et ayant eu lieu en dehors de la ville.

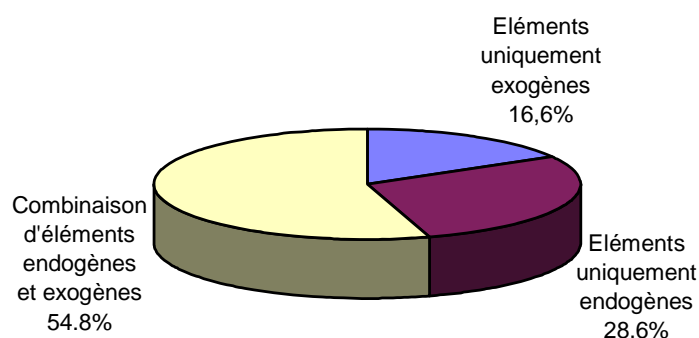


Figure 5. Eléments explicatifs des défaillances fonctionnelles de 392 conducteurs confrontés à une situation d'accident (Van Elslande, 2000)

Des scénarios-types

En accidentologie, les démarches traditionnelles se composent principalement de deux approches complémentaires mais pas toujours évidentes à relier. La première réside dans les analyses monographiques (études cliniques de cas), importantes pour l'approfondissement des connaissances, mais dont les conclusions restent spécifiques à chaque cas, ce qui soulève le problème de leur généralisabilité. La seconde relève des démarches statistiques de type "dénombrement de facteurs" qui permettent d'identifier un certain nombre de caractéristiques accidentogène statiques, mais n'autorisent que difficilement de traiter des processus à l'oeuvre.

Une "troisième voie" méthodologique insiste sur l'intérêt de faire apparaître des régularités portant sur la dynamiques des processus, et d'identifier des mécanismes génériques sur la genèse des accidents. Le concept de scénario-type d'accident de la circulation a ainsi pour visée de synthétiser et de généraliser les connaissances qui sont extraites des études monographiques. C'est une construction issue de la synthèse de plusieurs cas considérés comme semblables. Le scénario-type se définit comme un déroulement récurrent d'accidents : ceux-ci présentent de telles similitudes dans l'enchaînement des faits et des relations de causalité qu'on peut considérer leur ensemble comme une forme de modèle. Si l'intérêt immédiat du concept de scénario-type est d'identifier des groupes d'accidents homogènes, l'objectif opérationnel est de se fonder sur cette homogénéité pour ouvrir de nouvelles perspectives de prévention (Fleury et Brenac, 2001).

¹ Que l'on distinguera du "scénario-type" décrit ci-dessous : le scénario occurrent correspond à la monographie d'un cas, le scénario-type au regroupement de plusieurs monographies se déroulant selon une trame similaire.

Par rapport à cette conception globale, la spécificité de la présente analyse consistera à mettre l'accent sur la composante humaine impliquée dans les phénomènes, en définissant des scénarios types de production d'erreurs, s'exprimant sous la forme d'enchaînements typiques qui relient une tâche à réaliser, des éléments explicatifs ("facteurs"), une défaillance fonctionnelle, l'activité qui en découle et la situation d'accident résultante (Van Elslande, 2003a). Le déplacement de l'analyse du système dans son ensemble à celle du fonctionnement du conducteur en particulier ne revient pas à nier le caractère pluricausal de l'accident. Il s'agit simplement de décomposer cette multicausalité pour l'éclairer sous un angle particulier, celui des traitements perceptivo-cognitifs qui n'ont pu empêcher les conditions situationnelles de dégénérer.

Les défaillances fonctionnelles identifiées auprès des 260 impliqués de l'échantillon urbain seront ainsi répertoriées de façon à rendre compte des problèmes les plus récurrents du point de vue de leur genèse.

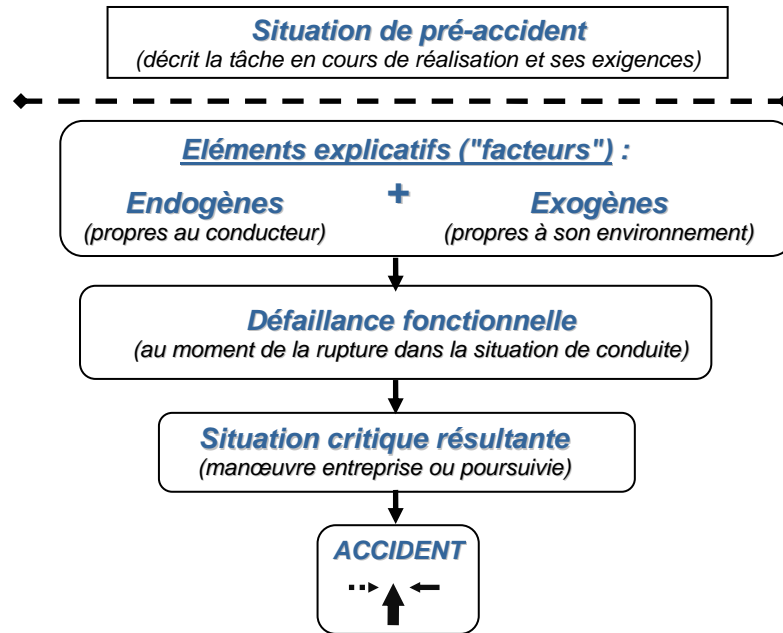


Figure 3. Structure des scénarios types

Cartographie des erreurs dans la ville

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) permettent de cartographier l'occurrence topologique des accidents de la circulation selon des critères définis en fonction de différents objectifs (CETUR, 1991). Cette cartographie permet ainsi de mettre en relation les phénomènes accidentels avec la structure spatiale et fonctionnelle d'une ville (CERTU, 2000). Nous y aurons recours, à titre de complément exploratoire aux analyses décrites ci-dessus, dans l'objectif de mettre en évidence d'éventuels liens entre les types d'erreurs produites par les différents usagers de la ville et le lieu d'occurrence des accidents qui en résultent.

En ce qui concerne la taille de l'agglomération, il a été convenu d'en dissocier deux types :

- les agglomérations de taille importante ; seront regroupés dans cette catégories les accidents ayant eu lieu dans les villes de Salon-de-Provence et d'Aix-en-Provence,
- et les agglomérations de taille moyenne qui se verront représentées par les villages alentours des deux localités citées précédemment (Pélissanne, Grans, Lançon-de-Provence, Eyguières, Luynes, etc.).

Enfin, deux types de réseaux viaires ont été considérés :

- les voies supportant des trafics importants et pouvant donc être assimilées aux voies artérielles,
- les petites rues, pratiquées pour la desserte des quartiers résidentiels par exemple.

3. Résultats : erreurs, facteurs et contextes de production

Cette section rend compte des principaux paramètres caractérisant la spécificité des difficultés accidentogènes rencontrées par les usagers de la ville, en comparaison notamment à un échantillon de référence d'accidents survenus hors agglomération.

Une première partie fait état des différents types d'erreurs auxquelles les usagers de la ville sont plus spécifiquement sujets et des divers éléments qui concourent à la genèse de ces erreurs. Une seconde partie appréhende la question de la contextualisation de ces problèmes, et notamment de leur localisation au sein de l'agglomération.

3.1. Erreurs et facteurs d'erreurs en milieu urbain

Rappelons au préalable que le terme d'*erreur* s'entend ici au sens ergonomique de l'incapacité momentanée d'une fonction sensorielle, cognitive ou motrice, habituellement correctrice, à compenser les difficultés rencontrées par l'opérateur lors de la réalisation d'une tâche dans une situation donnée. Il sera utilisé à titre de synonyme et de raccourci de la notion de *défaillance fonctionnelle*. De même, s'agissant des *éléments explicatifs* (ou facteurs) de ces erreurs, il faudra garder à l'esprit que cette analyse issue des EDA ne retient que les paramètres qui interviennent directement dans la dégradation des situations. Certains d'entre eux seront ainsi la conséquence de paramètres plus généraux - relatifs à la conception de l'aménagement, à celle des véhicules, comme à l'histoire de vie des usagers - qui interviennent bien en amont et qui seront seulement évoqués ici dans la mesure où leur mise en évidence requiert d'autres méthodes que les EDA.

Une analyse macroscopique de la répartition des problèmes rencontrés par les différents usagers au sein de catégories de défaillances fonctionnelles (Figure 6) fait ressortir une différence nettement significative ($X^2 = 29,84$, $p < .001$) entre les usagers de l'agglomération ($n = 260$) et ceux de la rase campagne ($n = 333$).

Cette différence d'ensemble entre les deux échantillons s'appuie sur une prédominance manifeste des erreurs de type "perceptif" en milieu urbain. Cette catégorie de défaillances rend ainsi compte de la moitié des problèmes relevés en agglomération, alors qu'en rase campagne elle n'en représente qu'un tiers¹. Ceci atteste globalement d'une spécificité des erreurs auxquelles les usagers de la ville sont sujets.

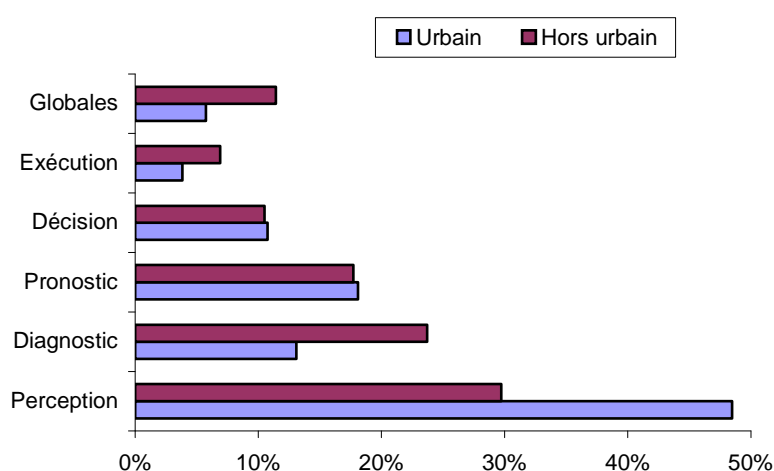


Figure 6. Répartition des catégories de défaillances fonctionnelles en milieu urbain et hors milieu urbain

¹ On peut noter que ces résultats sont globalement cohérents avec ceux d'une analyse quantitative réalisée sur un échantillon de procès-verbaux d'accidents représentatif à l'échelon national, impliquant plus de 6 000 usagers (Malaterre et al., 1991).

Par contraste, certaines catégories de défaillances apparaissent moins représentées en ville. Les défaillances de diagnostic, les problèmes d'exécution motrice de l'action, ainsi que les cas où l'ensemble des capacités du conducteur est mis en défaut ("défaillances globales") sont proportionnellement moins observées en milieu urbain qu'en dehors des agglomérations.

Enfin, les catégories d'erreurs de pronostic et de décision ne traduisent pas de différenciation entre les deux échantillons, du moins dans une perspective d'ensemble.

Une décomposition de ces différentes catégories de processus incriminés, telle qu'elle est rendue possible par l'analyse approfondie des cas (Figure 7), permet d'affiner cette analyse globale par un regard plus détaillé porté sur les *types* de défaillances qui composent ces catégories. Elle fait ainsi apparaître des modulations dans les différences observées au niveau global. Là encore, la dissimilitude entre les deux échantillons est hautement significative ($X^2 = 48,72$, $p < .001$), montrant une différenciation plus fine des types d'erreurs de conduite commises lorsqu'elles se produisent en ville. Les sections suivantes font l'objet d'une décomposition de ces résultats, catégorie par catégorie. L'accent y sera mis sur les situations qui apparaissent plus fréquemment en ville et/ou qui spécifient plus particulièrement les problèmes urbains. Néanmoins, toutes les défaillances seront passées en revue de manière à voir comment elles se particularisent du point de vue de leur explication lorsqu'elles se produisent en agglomération.

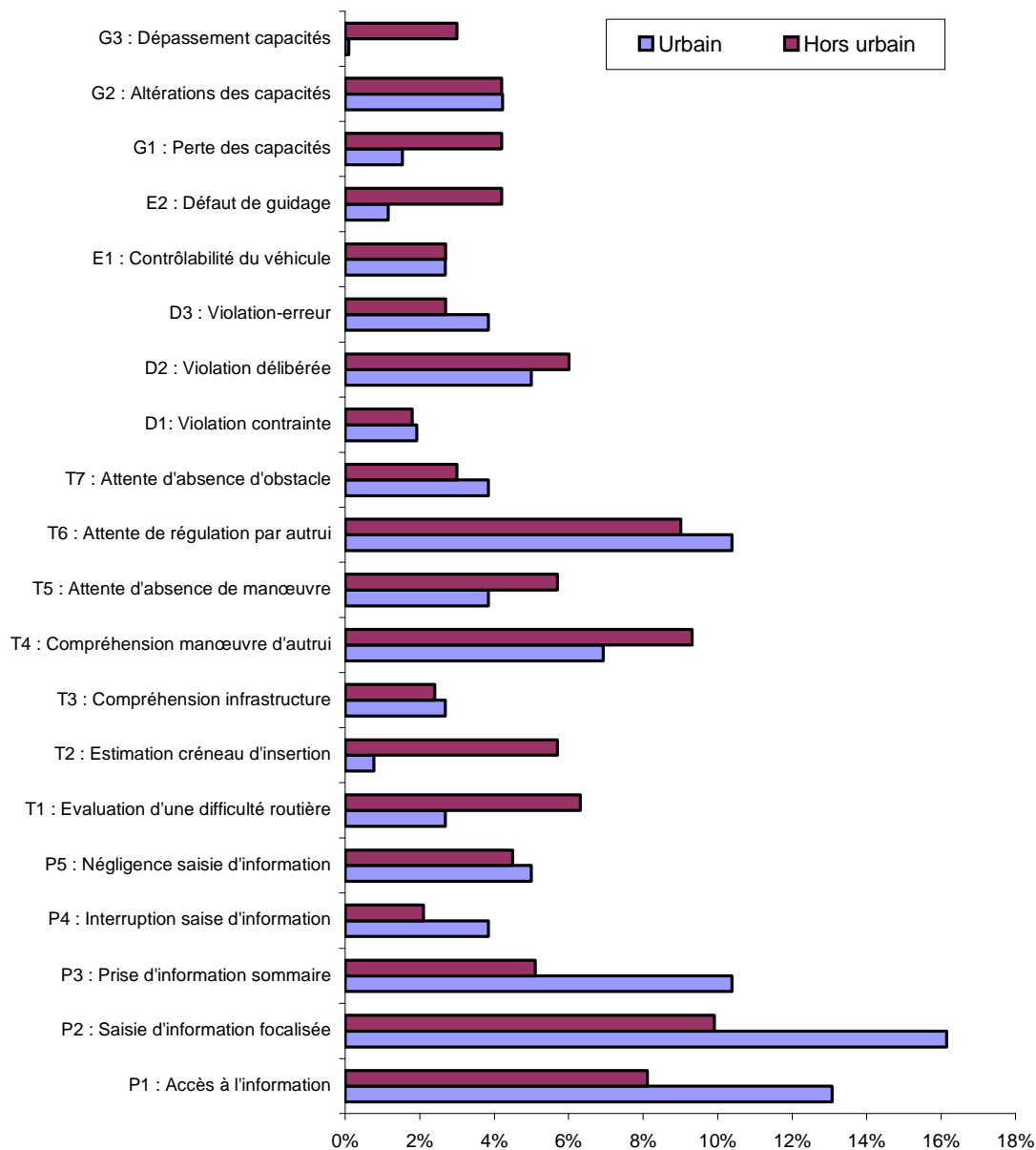


Figure 7. Répartition des types de défaillances fonctionnelles en milieu urbain et hors milieu urbain

3.1.1. Spécificités des erreurs de perception

L'adaptation efficace d'un individu à une situation de conduite donnée, est conditionnelle en premier lieu à la détection précoce de l'ensemble des données pertinentes pour la tâche à réaliser, sous peine de quoi l'ensemble de la chaîne fonctionnelle subséquente s'en trouve interrompue. Dans ce cas, l'accident découle de la non détection (ou détection trop tardive) de certains paramètres critiques de la situation, tels qu'une modification dans le fonctionnement d'un site ou la présence d'un autre usager sur une trajectoire de collision potentielle. Ces dysfonctionnements "perceptifs", s'ils se traduisent tous en fin de compte par une absence de détection en temps utile d'indices essentiels, peuvent toutefois renvoyer à des mécanismes très différenciés et qui dépassent largement la question des problèmes strictement sensoriels. Selon le modèle d'analyse utilisé ici (Figure 4), cinq types de défaillances rendent compte des difficultés perceptives rencontrées par les usagers. Comme on l'a vu, les problèmes de détection ressortent en tant que particulièrement spécifiques de l'urbain. Ainsi, dans les cinq configurations d'erreurs, les usagers de la ville sont surreprésentés, mais dans une proportion différente selon le problème considéré (Figure 8).

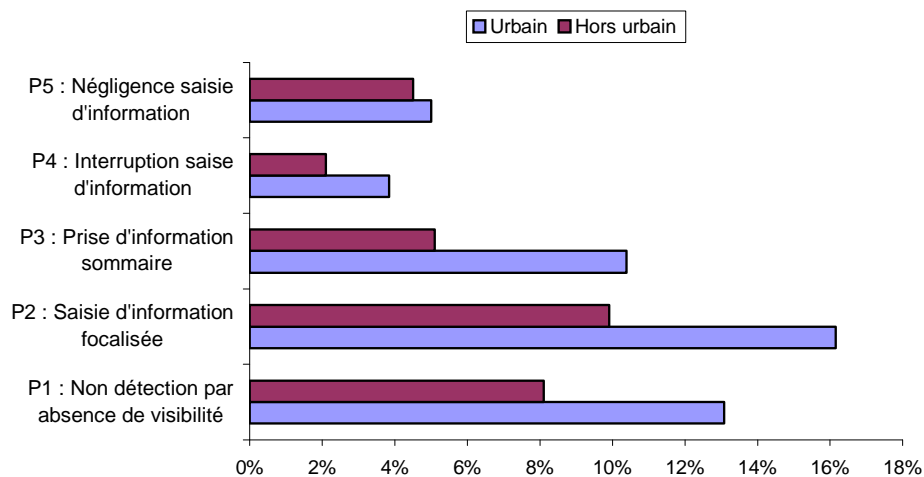


Figure 8. Répartition des types de défaillances perceptives en milieu urbain et hors milieu urbain

Erreurs et facteurs d'erreurs perceptives

Les problèmes d'accès à la visibilité (P1), de focalisation attentionnelle (P2) et de prise d'information sommaire (P3) sont les plus représentatifs des accidents en agglomération. Les défaillances correspondant à une interruption de la recherche d'information (P4) ou à une négligence de ses exigences (P5) différencient moins l'urbain, même si elles apparaissent malgré tout plus fréquentes qu'en rase campagne.

➤ Défaillance P1 : Non détection par absence de visibilité.

Ce premier ensemble de dysfonctionnements renvoie à un problème de détectabilité des informations offertes par l'environnement. Les accidents découlent ici de ce que les contraintes environnementales liées aux aménagements, à la présence d'autres véhicules, ou à des conditions de luminosité ont rendu impossible la détection d'un élément important de la situation au moment où l'usager en avait besoin. Les défaillances de type P1 semblent a priori évidentes à expliquer, voire tautologiques : les usagers n'ont pas vu parce qu'ils ne pouvaient pas voir. Elles font toutefois intervenir des mécanismes plus ou moins complexes et très différenciés selon qu'elles interviennent en ville ou en dehors.

La non détection par absence de visibilité représente 13 % de l'ensemble des problèmes identifiés en ville, 8 % de ceux de la rase campagne. Plusieurs facteurs explicatifs entrent en jeu, le plus souvent de manière combinée, pour amener une telle défaillance (Figure 9). En agglomération, les problèmes de visibilité concernent principalement des gênes ponctuelles provoquées par des véhicules en stationnement ou en mouvement (60 % des cas), ainsi que des masques générés par le bâti et l'aménagement (40 %). Ce problème d'accès à l'information va se trouver fréquemment associé avec un autre élément pour provoquer une défaillance : le comportement atypique, inattendu, d'un autre usager qui va surprendre l'opérateur, et dans une moindre mesure le sentiment prioritaire ressenti par ce dernier et qui va l'amener à ne pas tenir plus cas de sa visibilité limitée. Ces éléments vont ainsi contribuer à la non détection d'un conflit en temps utile.

Hors agglomération, le mécanisme de cette défaillance apparaît très différent. Les accidents de ce type s'y expliquent majoritairement par la rencontre d'un obstacle (véhicule, animal, etc.) non éclairé sur sa trajectoire, dans des conditions de visibilité dégradée (obscurité, pluie, etc.). Le cas typique en est le sur-accident de nuit sur autoroute.

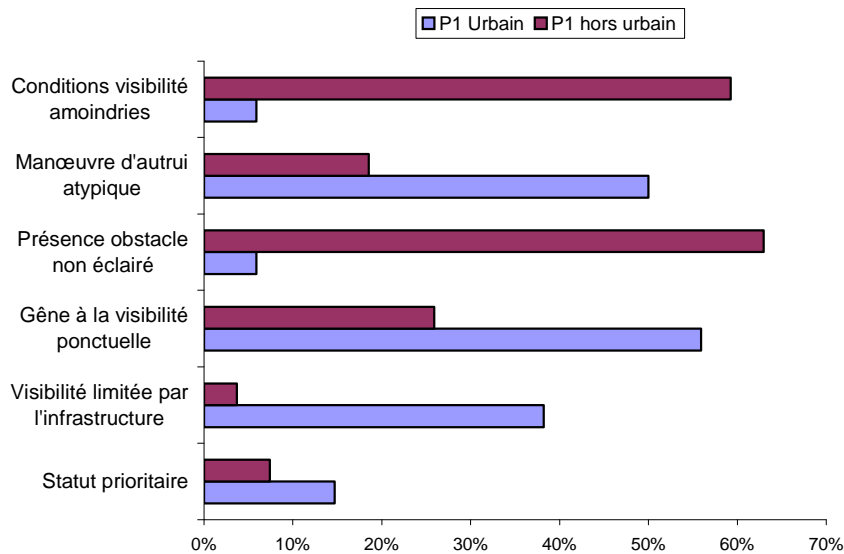


Figure 9. Répartition des principaux éléments explicatifs de la défaillance P1 en milieu urbain et non urbain¹

On notera que les problèmes d'éclairage ressortent peu dans les problèmes de visibilité que l'on observe en ville. Il faut toutefois garder à l'esprit que seuls les éléments qui interviennent directement sur l'accident sont retenus dans cette analyse. En déduire, par exemple, une innocuité de l'éclairage urbain serait négliger son influence en amont sur la lisibilité des voies et sur les attentes que les usagers développent vis-à-vis des événements qui peuvent s'y produire (Montel et al., 2004).

Si on la considère par types d'usagers, cette défaillance P1 est la seconde identifiée en ville chez les conducteurs de VL et de PL. Elle apparaît rarement chez les conducteurs de deux-roues et n'est relevée chez aucun des piétons qui composent notre échantillon (ceux-ci tendant plutôt, à l'instar des deux-roues, à en être les victimes désignées...). En termes de situations dans lesquelles ces défaillances interviennent (Figure 10), les problèmes de visibilité s'actualisent principalement en ville lors de la rencontre d'un usager (y compris piéton) qui s'engage sur la trajectoire (en intersection ou non), alors qu'en rase campagne, c'est en majorité lors de la rencontre d'un obstacle non éclairé que cette défaillance survient.

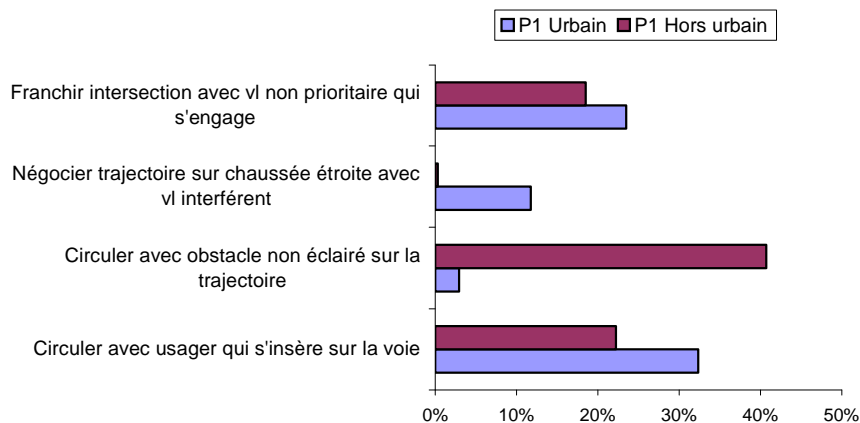


Figure 10. Principales tâches de dysfonctionnement pour la défaillance P1 en milieu urbain et non urbain

¹ Comme indiqué précédemment, une défaillance trouve le plus souvent son origine dans l'intervention combinée de plusieurs facteurs ; les figures qui en rendent compte font donc état de l'intervention de chacun de ces facteurs sur l'ensemble des défaillances en question (d'où un total supérieur à 100 %).

L'accès à l'information ressort donc comme un des problèmes-clés de la conduite urbaine, et l'aménagement de la circulation en ville devrait mieux le promouvoir, que ce soit du point de vue du mobilier urbain, du bâti, de la signalisation, des panneaux d'information, publicitaires, etc.

Un second ensemble de dysfonctionnements perceptifs particulièrement représentatifs des problèmes urbains va globalement renvoyer à une organisation défectueuse de la recherche d'information. Il va se décliner en deux types de défaillances spécifiques, faisant référence l'une à un problème de focalisation attentionnelle (défaillance P2), l'autre au caractère sommaire et précipité de la recherche d'indices réalisée (défaillance P3).

➤ Défaillance P2 – *Saisie d'information focalisée sur une composante partielle de la situation.*

Au moment de la rencontre d'une situation d'interaction plus ou moins complexe durant la réalisation de leur déplacement, les usagers vont centrer leur regard et restreindre leur attention à un aspect du problème qui leur paraît sur le moment primordial. Cette focalisation les amène à ne pas détecter une composante pourtant visible de cette interaction, et notamment un usager adverse. C'est la défaillance la plus fréquemment relevée en ville, elle totalise à elle seule plus de 16 % des erreurs. Un tel score soutient l'hypothèse d'une relation déterminante (directe ou indirecte) entre les exigences et les contraintes caractéristiques de la conduite urbaine, et la nature de l'accidentalité que l'on observe en ville. L'inflation des stimuli, la multiplication des éventualités, la profusion des variables à intégrer, la diversification des situations d'interaction que l'on peut y rencontrer provoquent ainsi chez l'usager une difficulté importante du point de vue de la répartition de ses ressources attentionnelles sur de multiples sources d'information concurrentes. Ces questions méritent ainsi toute l'attention de l'aménageur et du gestionnaire, dans une optique de simplification des interactions et d'une meilleure clarté des informations essentielles.

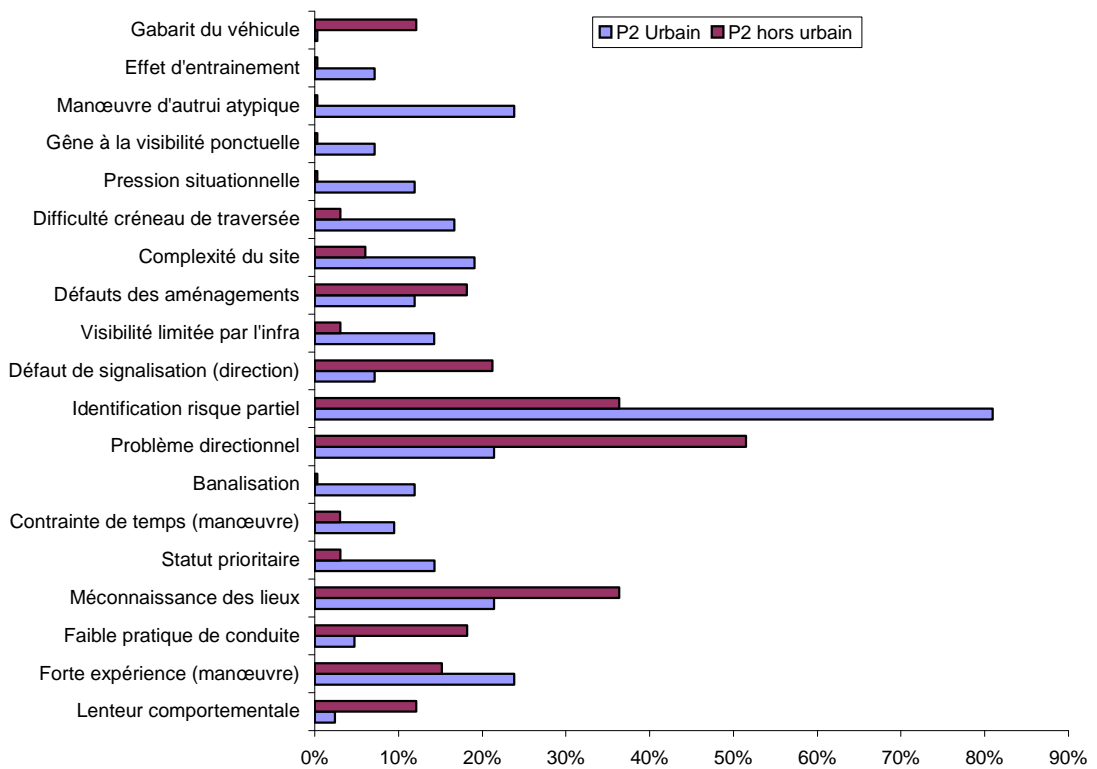


Figure 11. Répartition des principaux éléments explicatifs liés à la défaillance P2 en milieu urbain et non urbain.

Plus en ville qu'ailleurs, les problèmes de focalisation vont être associés, de façon quasi-systématique, à l'identification d'un risque potentiel avec une composante de la situation, celle sur laquelle l'usager va spontanément focaliser l'essentiel de sa prise d'indices (Figure 11). Ceci s'explique bien sûr par la quantité d'interactions rencontrées simultanément en agglomération. Mais le caractère inadapté de cette focalisation va également faire intervenir différents ordres de facteurs plus disséminés qui singularisent également l'urbain, et

qui rend compte de la nature de ces interactions. C'est notamment le cas des variables liées au trafic (effet d'entraînement ou de pression par les véhicules environnant, difficulté d'obtention d'un créneau de traversée, comportement atypique d'un des véhicules présents), à l'aménagement qui le supporte (complexité) et au sentiment de maîtrise de la situation (forte expérience de la manœuvre, sentiment prioritaire, banalisation de la situation).

En rase campagne, la recherche directionnelle et les problèmes qui y sont associés (méconnaissance des lieux, défaut de signalisation) sont souvent à l'origine de cette défaillance perceptive. Les problèmes de focalisation vont y être également en partie déterminés par des aménagements inadaptés à des véhicules d'un certain gabarit (par exemple des carrefours à zone de stockage central trop courte pour des PL) les obligeant à gérer concurrentiellement des prises d'information gauche/droite dans des conditions limite.

Parmi les sources d'information qui sont entrées en concurrence directe avec la détection d'un autre usager, on note donc que les problèmes de recherche directionnelle ressortent plus souvent hors agglomération. Mais il faut préciser encore une fois que la sous représentation d'un tel élément dans la genèse des erreurs de type "mauvaise focalisation" en ville par rapport à la rase campagne, n'implique en aucun cas l'insignifiance de ce facteur dans la sécurité urbaine. Non seulement il contribue malgré tout directement à 20 % de ce type de défaillances en agglomération, mais encore participe-t-il probablement à d'autres, en amont et moins directement vis-à-vis de l'accident¹.

Dans notre échantillon, les piétons (ainsi que les chauffeurs PL) sont en proportion de leur effectif très fortement concernés par les erreurs de focalisation, plus encore que les conducteurs de VL. En revanche, les usagers de deux-roues sont à cet égard plutôt en retrait, ne semblant développer que peu de problèmes de focalisation perceptive comparativement aux autres usagers du milieu urbain. Les situations les plus fréquentes dans lesquelles les problèmes d'orientation de la recherche d'information interviennent sont : les traversées d'intersection avec perte de priorité, que l'on retrouve de façon équivalente en urbain et hors urbain ; les changements de direction, proportionnellement plus marqués en rase campagne ; et les traversées de chaussée, qui singularisent bien évidemment la ville avec le phénomène piéton qui le sous-tend (Figure 12).

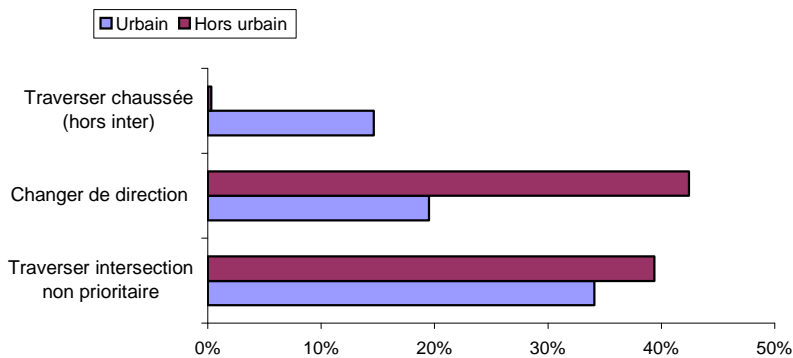


Figure 12. Principales tâches de dysfonctionnement pour la défaillance P2 en milieu urbain et non urbain

➤ Défaillance P3 – *Saisie d'information sommaire et/ou précipitée.*

Que ce soit en liaison avec le caractère routinier d'une manœuvre ou avec la rencontre d'une pression situationnelle, cette seconde défaillance dans l'organisation de la recherche d'information se caractérise par le fait que les usagers restreignent au minimum le temps et l'attention consacrés à cette activité. On retrouve deux fois plus souvent cette erreur dans notre échantillon d'accidents urbains que dans l'échantillon de référence. Cette surreprésentation pourrait encore une fois découler des caractéristiques de la conduite en ville, notamment du point de vue de la fréquence des manœuvres en interaction avec le trafic. Les analyses d'accidents font ainsi apparaître certaines combinaisons d'éléments qui spécifient l'origine de cette défaillance en agglomération et en dehors (Figure 13). En rase campagne, ce sont principalement les effets conjugués de la pression situationnelle et

¹ Le problème de recherche directionnelle n'est signalé ici que lorsque les données d'accident montrent que le conducteur cherchait des yeux ou lisait un panneau au moment critique et n'a pas détecté un usager interférent en conséquence directe de cette activité. Mais la tâche de navigation peut également solliciter de façon plus diffuse les ressources attentionnelles d'un individu et intervenir plus indirectement sur la défaillance qui en résulte, sans constituer pour autant un facteur avéré d'accident au sens des EDA.

de la difficulté de traversée de carrefours liée à la vitesse et la densité du trafic qui vont singulariser l'occurrence de ce type de défaillance. En agglomération comme en dehors, ce type d'erreur va faire intervenir une étroite association entre une contrainte de temps et une forte expérience du trajet parcouru et de la manœuvre incriminée. En ville, ce dernier élément va s'associer avec une certaine banalisation de la conduite et des situations rencontrées, pour amener une trop faible affectation de ressources attentionnelles en regard des exigences de la tâche en cours. Hors agglomération, cela se traduira plus souvent par un désinvestissement plus diffus vis-à-vis de l'activité de conduite. D'autres éléments vont encore se greffer pour favoriser cette défaillance en ville, tels que l'impatience générée par les temps d'attente, l'effet d'entraînement par un véhicule qui s'engage, un sentiment prioritaire. L'issue négative de la procédure de recherche d'information met également en cause un problème de visibilité, un peu plus souvent lié aux véhicules présents en urbain, et à l'infrastructure routière en rase campagne. En rase campagne, la recherche sommaire et/ou précipitée d'information est un problème qui se manifeste essentiellement dans les tâches de traversée d'intersection avec perte de priorité, alors qu'en agglomération les situations de changement de direction sont plus souvent représentées dans ce type de défaillance.

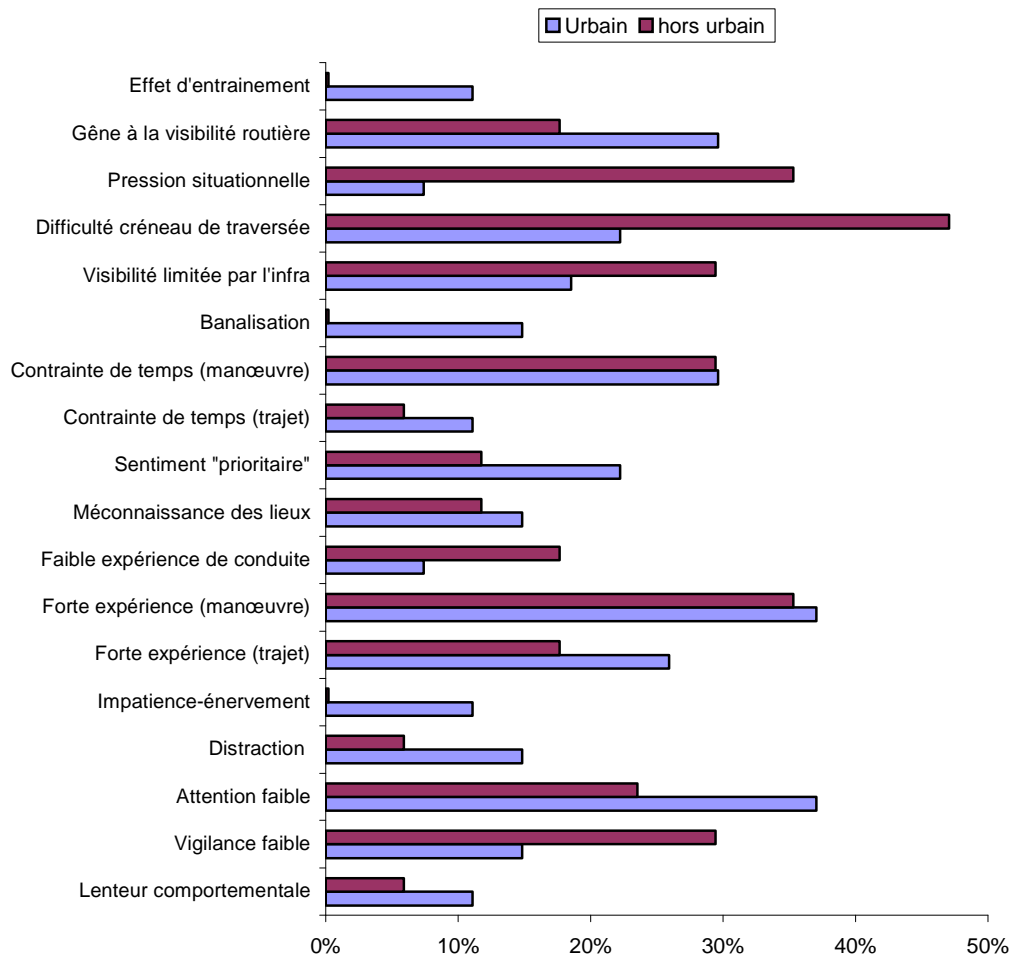


Figure 13. Répartition des principaux éléments explicatifs liés à la défaillance P3 observée en milieu urbain et non urbain

C'est chez les conducteurs de véhicules de tourisme que la défaillance est le plus fréquemment relevée. Proportionnellement à leur effectif, les piétons sont également sujets à cette défaillance P3. A nouveau, les usagers de deux-roues se distinguent par leur faible effectif pour ces erreurs perceptives - dont ils sont par ailleurs typiquement victimes (Van Elslande, 2003b). Les conducteurs de poids lourds, pourtant très représentés dans les défaillances de type P1 et P2, sont absents de cette catégorie de défaillance.

Outre les difficultés d'accès à la visibilité et les problèmes de mise en oeuvre des stratégies de recherche d'information, un dernier ensemble de dysfonctionnements qui aboutissent à la non détection d'un élément essentiel de la situation fait référence une lacune de recherche active d'informations sur la scène visuelle. Ce

problème procède soit de la mise en oeuvre d'une activité annexe (défaillance P4), soit du caractère "automatisé" de l'activité de déplacement réalisée (défaillance P5).

➤ Défaillance P4 – *Interruption momentanée de l'activité de recherche des informations.*

La mise en oeuvre d'une tâche annexe "matérialisée" amène un détournement momentané du regard et de l'attention portés à la scène routière. Moins représentée que les autres en urbain, cette défaillance perceptuelle intervient cependant un peu plus souvent qu'en rase campagne. La fréquence des interactions qu'on y rencontre vient encore une fois expliquer aisément qu'un détournement momentané de l'attention vers une activité concurrente (comme régler son poste, ramasser un objet, etc.) se concrétise plus fréquemment en accident dans le cas de la conduite en ville.

Comme pour P1, une telle défaillance perceptuelle s'explique par elle-même : que ce soit en ville ou non, la non détection résulte de manière quasi-tautologique de la mise en oeuvre d'une activité qui concurrence la prise d'information sur la scène visuelle. On notera toutefois un distinguo dans la logique et dans la nature de l'activité annexe différemment mise en oeuvre en et hors agglomération. Ainsi, en ville, la difficulté naît plus typiquement d'un attracteur externe (soit un stimulus de type panneau publicitaire, soit une action telle que le réglage de son rétroviseur, la recherche d'une place de parking) qui va momentanément détourner le regard et l'attention de la scène routière. En rase campagne, cette même défaillance s'inscrit plutôt dans une logique de faible sollicitation des ressources par la tâche en cours, qui va laisser dériver le focus attentionnel vers une activité annexe (regarder des éléments du paysage, discuter avec un passager, etc.). Cette tendance n'est bien sûr pas systématique, mais souligne encore une fois l'importance de "l'information" mise à disposition des usagers de la ville, dont les lacunes comme la profusion peuvent avoir autant d'effets négatifs.

➤ Défaillance P5 – *Négligence des exigences de recherche d'information.*

Lors de situations routinières ou à faible contrainte, l'attention des conducteurs devient si diffuse qu'ils n'identifient un élément interférent qu'au moment où celui-ci devient un obstacle. Dans ces cas d'accident, on ne relève pas d'activité annexe avérée, si ce n'est une activité strictement cognitive ("penser à autre chose"). Ces défaillances interviennent, pour notre échantillon, dans des proportions similaires dans et hors la ville, mais elles se différencient légèrement du point de vue des éléments qui les expliquent (Figure 14). En ville, une forte connaissance du trajet associée à une contrainte de temps amène l'adoption d'une vitesse trop élevée, sans pour autant stimuler une plus grande attention. En rase campagne, ce même résultat sera plutôt incité par un sentiment prioritaire qui amènera à négliger totalement un véhicule adverse, au point de ne le remarquer qu'au moment où il devient inévitable. Cette défaillance intervient principalement lors de la confrontation à un véhicule non prioritaire en intersection, et plus souvent dans le cas de la ville lors du rapprochement un véhicule qui circule plus lentement devant

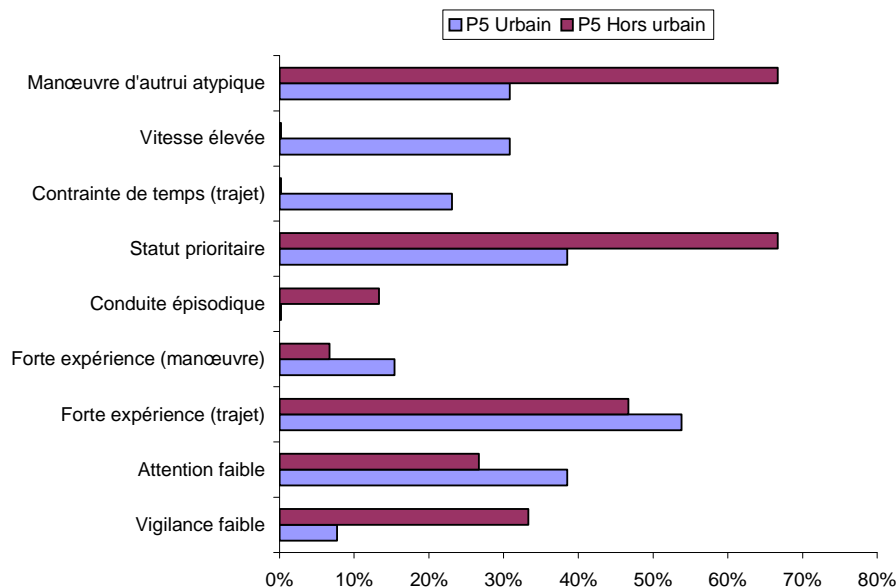


Figure 14. Principaux éléments explicatifs de la défaillance P5 en milieu urbain et non urbain

Scénarios-types d'erreurs perceptives en ville

L'analyse de cette première catégorie de défaillances correspondant aux "erreurs de perception" fait donc émerger certaines caractéristiques propres à l'accidentalité en milieu urbain. L'étude de ces caractéristiques va pouvoir être affinée et synthétisée par la mise en évidence des scénarios-types les plus représentatifs de la genèse de ces erreurs (Figure 15), selon la logique exposée en section 2.2.3.

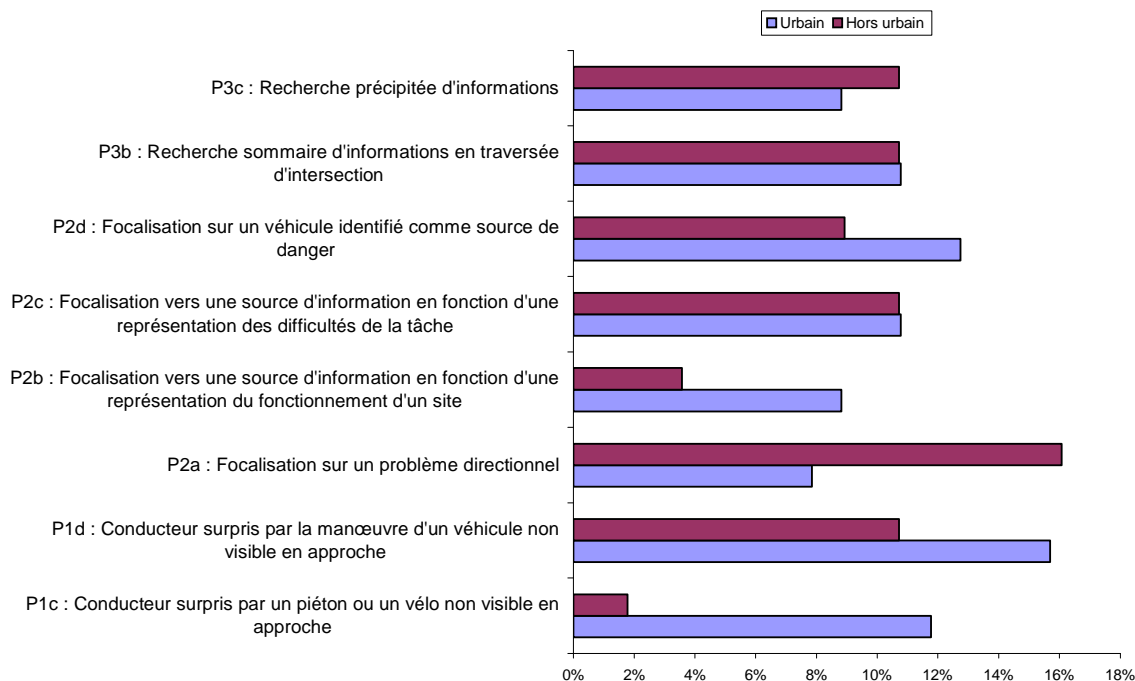


Figure 15. Répartition des scénarios-type perceptifs les plus représentés en milieu urbain comparativement au milieu hors urbain

Les premiers scénarios auxquels nous nous intéresserons concernent les conducteurs soudainement confrontés à l'engagement sur leur trajectoire d'un usager qu'ils n'avaient pas détecté auparavant. Les raisons de cette détection tardive tiennent à des gênes à la visibilité de différents types : défaut d'éclairage, éléments de l'infrastructure ou véhicules environnants... Tous ces facteurs participent donc à la non détection de l'autre et rendent la prévisibilité de sa manœuvre - souvent illégale ou atypique - problématique. Le premier scénario concerne la manœuvre d'un autre véhicule, le second l'irruption d'un cycliste ou d'un piéton.

➤ Scénario P1d : *Conducteur surpris par la manœuvre d'un usager non visible en approche*

Dans le cas du scénario P1d ayant lieu en agglomération, les facteurs qui participent à la survenue de la non détection sont surtout liés aux caractéristiques de l'infrastructure, ainsi qu'aux autres véhicules présents dans l'environnement du conducteur et qui vont agir comme des masques vis-à-vis de l'interaction à détecter¹. Dans un environnement urbain, le nombre et le volume des bâtis d'une part, les véhicules en circulation ou en stationnement d'autre part, sont ainsi souvent susceptibles de créer un masque à la visibilité pour le conducteur. C'est soit en intersection, soit en section courante que circulent les conducteurs au moment où ils rencontrent une difficulté non détectable au préalable, qui réside en la survenue d'un autre usager sur leur trajectoire. Aux problèmes de visibilité, vient s'ajouter celui de l'imprévisibilité du comportement des autres usagers, élément fréquemment relevé dans le scénario-type P1d. Cette manœuvre initiée par l'autre peut être extrêmement variée (un VL qui fait demi-tour sur un emplacement se prêtant mal à ce type de manœuvre, un deux-roues qui brûle un feu rouge à son insu, etc.) et peut être engendrée, comme on le voit à travers les différents exemples cités à l'instant, par tous les types d'usagers du milieu urbain. Lorsque le problème intervient en intersection, le statut prioritaire des conducteurs participe parfois de manière plus implicite à la défaillance, par le fait qu'il n'engendre

¹ Hors agglomération, ce seront surtout les conditions de visibilité dégradées (de nuit, par temps de pluie...) et les obstacles non éclairés sur la chaussée qui seront déterminants dans ce scénario.

pas de précaution particulière susceptible de compenser les lacunes de la situation. Une forte connaissance du trajet peut aussi agir dans le même sens.

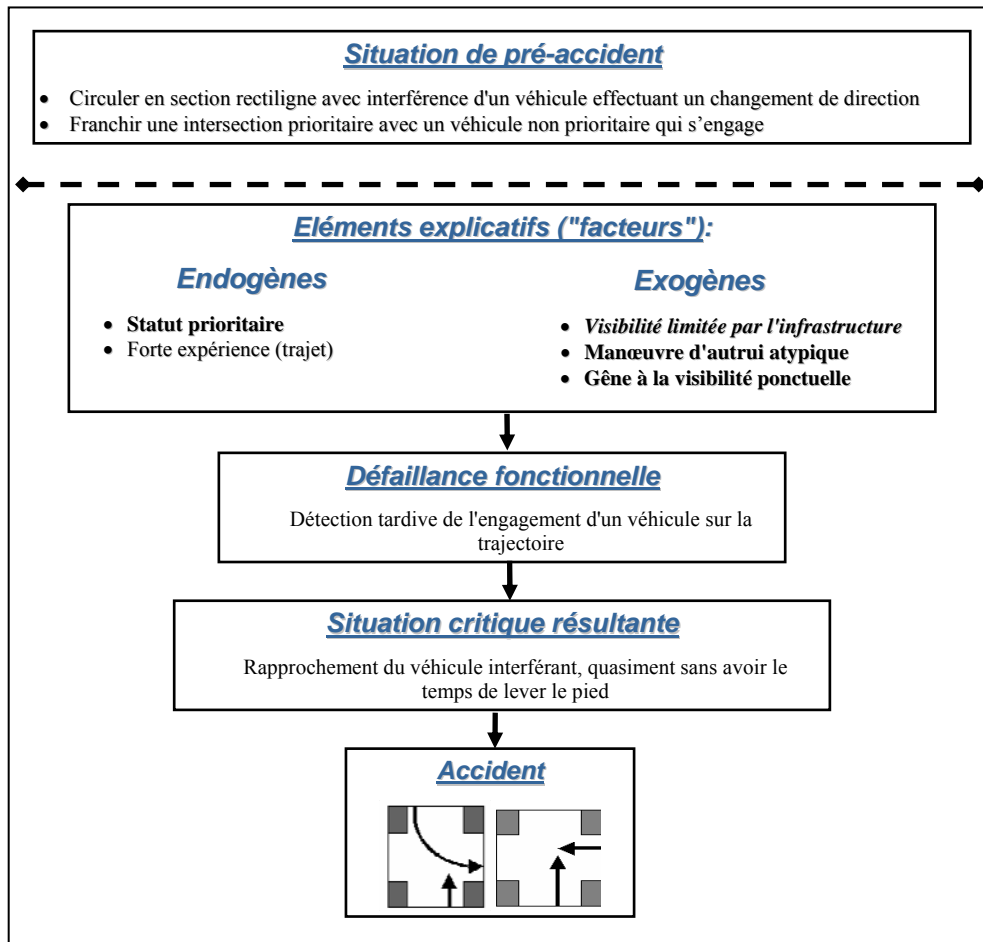


Figure 16. Scénario P1d : Conducteur surpris par la manœuvre d'un usager non visible en approche¹

➤ Scénario P1c : *Conducteur surpris par un piéton ou un cycliste non visible en approche*

Le scénario P1c un cas particulier du scénario P1d, spécifique notamment par le fait que le protagoniste en question est un piéton ou un cycliste. Les accidents se produisent majoritairement lors de situations où les conducteurs sont confrontés à l'insertion de l'autre usager sur la chaussée alors qu'ils circulent en section rectiligne. Dans ce scénario on ne retient quasiment jamais de facteurs relatifs au conducteur pour expliquer la défaillance. En effet, la situation de section courante ne laisse pas présager de possibilité de rencontre, comme c'était le cas pour les intersections du scénario précédent. La non détection de l'autre ne s'explique donc que par une gêne ponctuelle (véhicule stationné, soleil rasant) ou par les caractéristiques de l'environnement (bâti, mobilier, végétation ou autre) qui masquent la visibilité. En milieu urbain ces deux catégories d'éléments sont d'ailleurs relevées dans 100 % des scénarios, alors qu'en rase campagne la non détection du piéton ou du vélo est directement imputable aux problèmes de visibilité de type : accident de nuit dans lequel l'usager n'est pas éclairé. Dans tous les cas, le résultat en est la confrontation totalement inattendue avec le piéton ou le vélo qui s'engage soudain sur sa trajectoire².

¹ Les éléments qui figurent en caractère gras sont les plus représentés dans les scénarios urbains, ceux qui figurent en italique leur sont exclusifs (n'apparaissent pas dans les scénarios analogues en rase campagne).

² On trouvera un affinement des scénarios d'accidents impliquant des piétons dans Brenac et al. (2003).

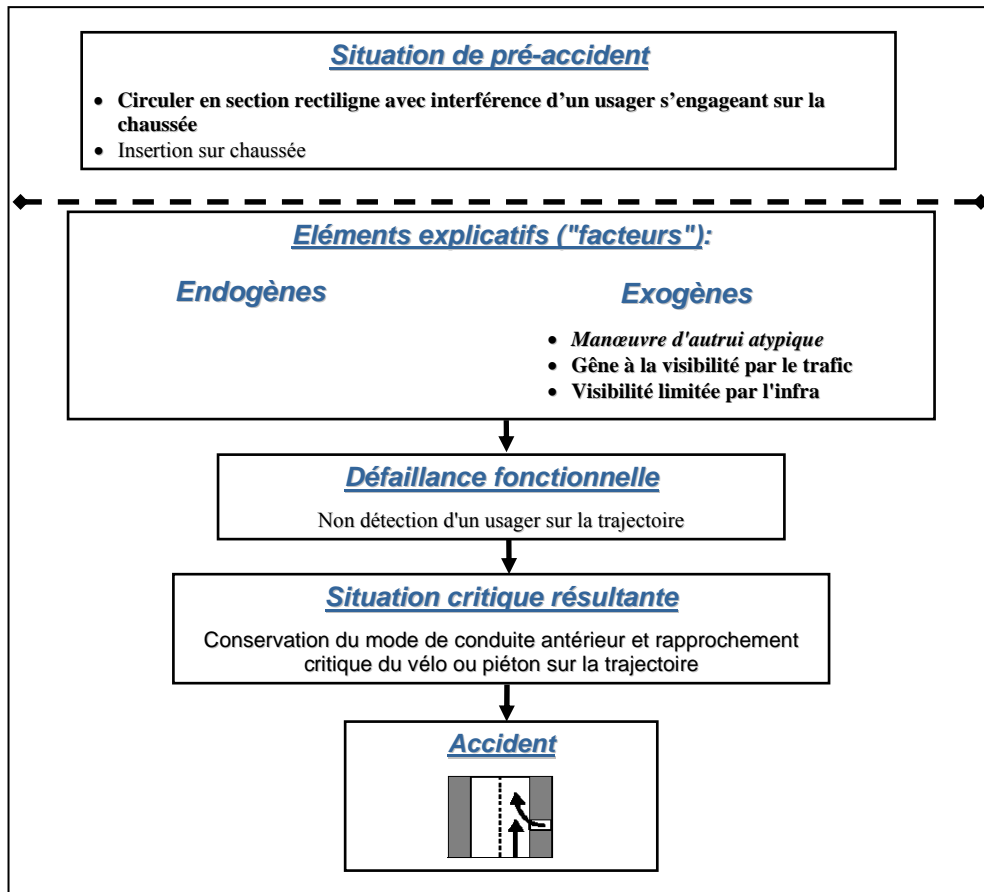


Figure 17. Scénario P1c : Conducteur surpris par un piéton ou un cycliste non visible en approche

Le second groupe de scénarios qui ressort en urbain fait référence aux problèmes de focalisation. Ils se différencient selon la logique qui va amener les usagers à centrer leur attention et leur saisie d'information sur tel ou tel paramètre de la scène visuelle.

➤ Scénario P2b : *Focalisation vers une source d'information en fonction de la représentation de la situation*

Comme pour tous les scénarios P2, c'est donc la focalisation de la recherche d'information qui constitue le mécanisme central de la défaillance qui mène à la non détection d'un paramètre critique. Dans le cas du scénario P2b, l'origine de cette fixation attentionnelle e visuelle est la connaissance qu'ont les conducteurs de la situation qu'ils rencontrent habituellement. Ce scénario est identifié principalement dans des situations de cisaillement de flux, et notamment en intersection, lors des changements de direction, ou encore pendant des insertions sur la chaussée. Les éléments qui contribuent à la non détection qui s'ensuit, sont principalement la banalisation de la situation et la forte expérience de la manœuvre réalisée. Mais divers autres éléments endogènes (forte expérience du trajet, attachement au statut ou au "sentiment" prioritaire), témoignent eux aussi d'une habitude, voire d'une certaine forme de rigidité dans les pratiques de conduite des usagers concernés lorsqu'ils circulent sur le site correspondant au lieu de l'accident. Il ne faut cependant pas minimiser l'influence des éléments exogènes dans l'occurrence de ce scénario en milieu urbain. Les conducteurs sont ainsi parfois mis en difficulté par les manœuvres atypiques (parfois illégales) des autres usagers, et qui vont mettre en échec des procédures de recherche d'information autrement efficaces. L'infrastructure du site peut également créer un masque à la visibilité qui va venir renforcer les difficultés d'accès à l'information, déjà mis à mal par les processus de focalisation. Enfin, vont à nouveau être évoqués tous les éléments qui caractérisent les aménagements urbains complexes, régissant des flux de trafic importants et denses, dans lesquels il est difficile de s'insérer. Citons à titre d'exemple le cas de cet automobiliste qui, cherchant à sortir d'une station service, se trouve confronté à un fort ralentissement des véhicules venant de sa gauche. L'un d'entre eux lui laisse un passage pour s'insérer. Le conducteur, jugeant qu'aucun véhicule ne peut plus arriver de son côté gauche, se focalise sur la voie de droite et engage sa manœuvre de tourne à gauche sans avoir jamais détecté le cyclomoteur qui remontait la file de voitures à l'arrêt...

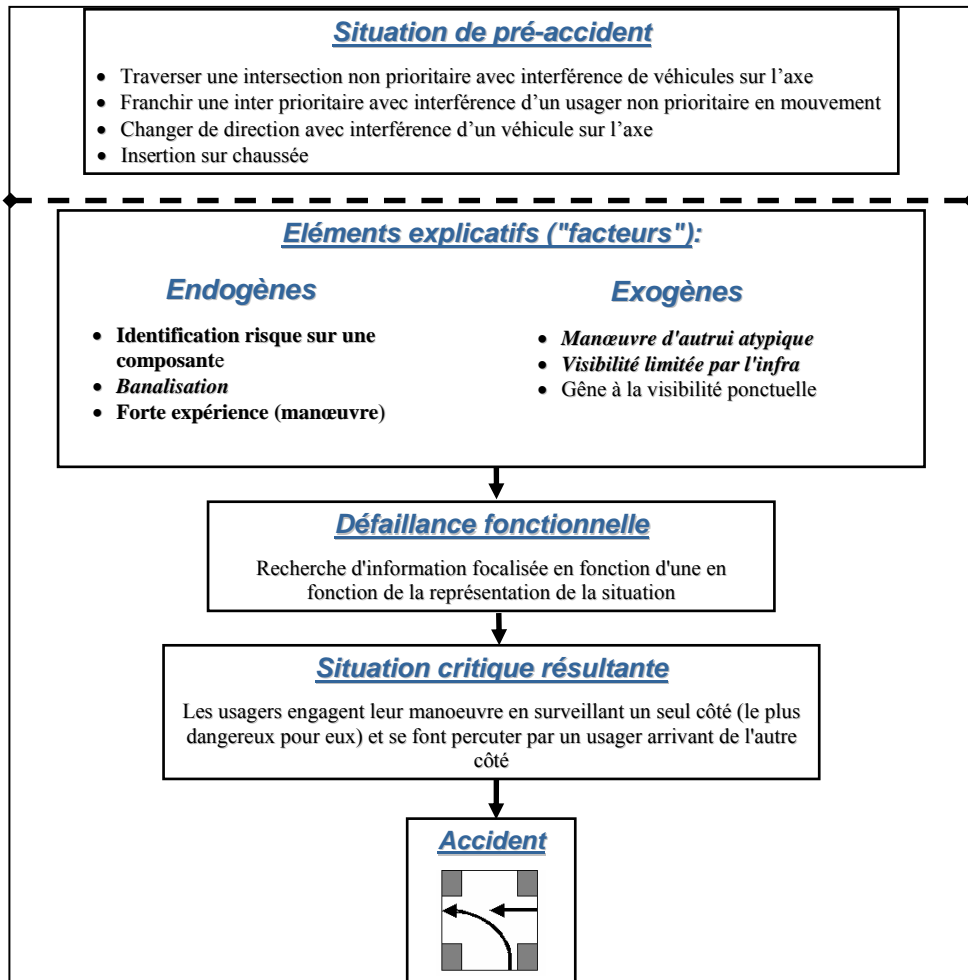


Figure 18. Scénario P2b : Focalisation vers une source d'information en fonction de la représentation de la situation

➤ Scénario P2c : Focalisation vers une source d'information en fonction d'une représentation des difficultés de la tâche

Les conducteurs impliqués dans ce scénario présentent un profil commun : ce sont là encore généralement des usagers familiers des lieux, insuffisamment attentifs à la situation ou faiblement vigilants dans leur conduite, qui vont être amenés à concentrer leur recherche d'information uniquement sur une partie du trafic. Dans le cas de ce scénario P2c, la focalisation de la prise d'information s'opère en fonction de l'importance de ce trafic, le conducteur le jugeant potentiellement plus critique. Mais les problèmes attentionnels n'expliquent pas à eux seuls l'apparition de la défaillance. On constate en effet que les accidents ont lieu sur des infrastructures complexes, générant une certaine pression situationnelle en raison de la densité et de la vitesse du trafic environnant. Il faut enfin signaler qu'en plus de la gestion de cet environnement "saturé", les conducteurs sont fréquemment confrontés à des comportements peu prévisibles de la part d'autrui, avec des manœuvres atypiques et souvent illégales. C'est le cas par exemple des conducteurs qui percutent des piétons ayant engagé des traversées de chaussée de manière inopinée (par exemple à un feu qui donne le passage au véhicule). Toutefois, ce sont les traversées d'intersection non prioritaires qui restent le plus problématiques dans ce scénario.

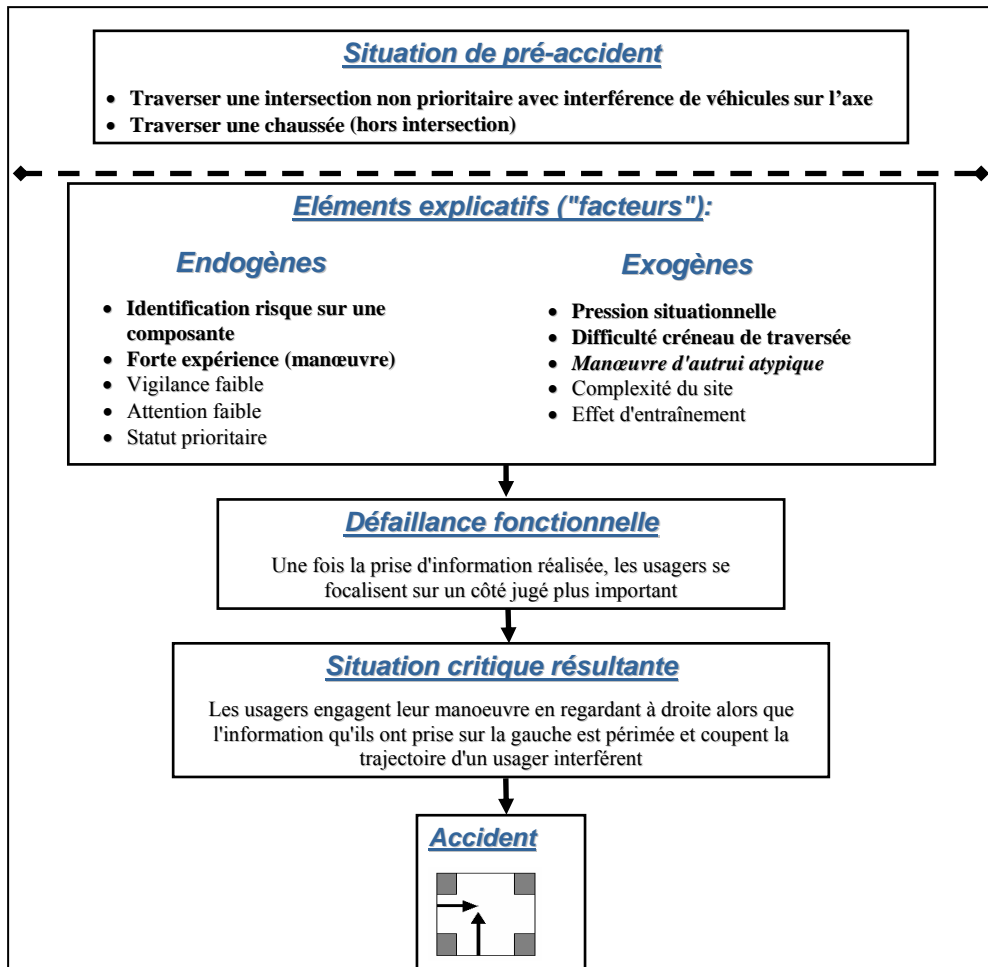


Figure 19. Scénario P2c : Focalisation vers une source d'information en fonction d'une représentation des difficultés de la tâche

➤ Scénario P2a : Focalisation sur un problème directionnel

Comme son nom l'indique, le paramètre clé de ce scénario est la recherche d'informations directionnelles par le conducteur. Cette activité monopolise tellement son attention qu'il en oublie momentanément de prendre l'information sur le trafic avec lequel il est en interaction. En milieu urbain les scénarios P2a sont identifiés en grande majorité dans des intersections non prioritaires. Ils présentent par ailleurs un profil assez particulier : si certains éléments restent permanents d'un environnement à l'autre (problèmes directionnels et méconnaissance qu'ont les conducteurs des lieux qu'ils traversent), les caractéristiques de cet environnement spécifient l'apparition des scénarios P2a en agglomération. L'accident se produit ainsi souvent lorsqu'un défaut de l'infrastructure (une intersection atypique, peu lisible, par exemple,) vient se rajouter aux problèmes directionnels. En ville, la recherche directionnelle n'explique donc pas à elle seule ce type de scénario, mais va devenir problématique au moment de la rencontre d'une difficulté liée aux aménagements.

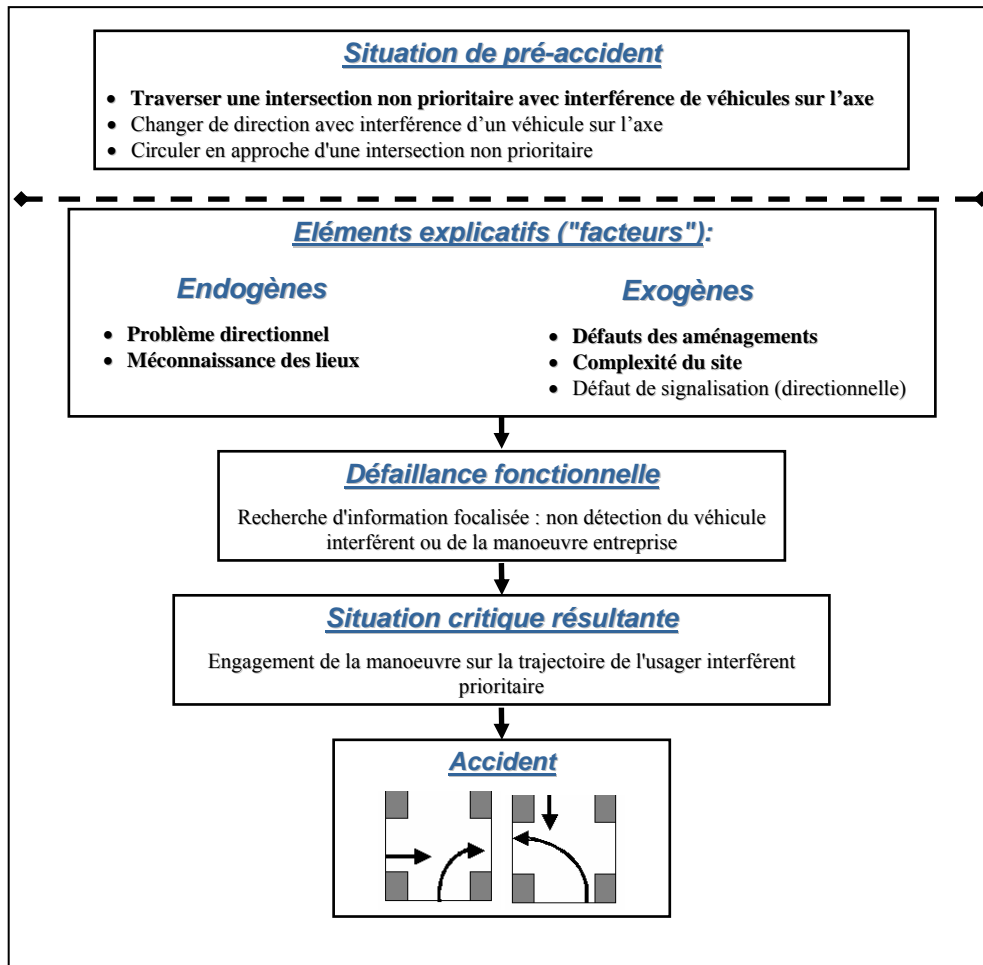


Figure 20. Scénario P2a : Focalisation sur un problème directionnel

➤ Scénario P2d : Focalisation sur un véhicule identifié comme source de danger

Dans le cas du scénario P2d, la défaillance pivot a pour origine un véhicule identifié comme une source de danger et qui va en conséquence mobiliser toute l'attention de l'utilisateur. On citera le cas d'une conductrice arrêtée à un stop qui, focalisée sur un VL sur sa droite lui faisant des appels de phare, oublie de se soucier des véhicules arrivant de sa gauche et se fait percuter de ce côté. Un certain nombre de facteurs vont s'associer à ce problème attentionnel. On note ainsi souvent la contribution de difficultés contextuelles d'accès à l'information, des éléments tels que la densité ou la vitesse du trafic, la pression engendrée par la situation de conduite, ou encore la complexité d'une intersection. La complexification de la tâche de conduite par des facteurs liés à l'environnement (conditions de circulation, infrastructure) constitue un point particulier du milieu urbain par rapport aux éléments explicatifs observés hors agglomération, généralement plus endogènes et se rapportant surtout à des déficiences attentionnelles. Par ailleurs, on retiendra que dans près de la moitié de ces scénarios l'élément non détecté est un usager "peu saillant" (piétons, deux-roues). Sa détection est d'autant plus difficile que le conducteur est d'une part focalisé sur une composante partielle de la situation mais également du fait du faible gabarit et/ou du comportement spécifique, voire imprévisible, de l'autre.

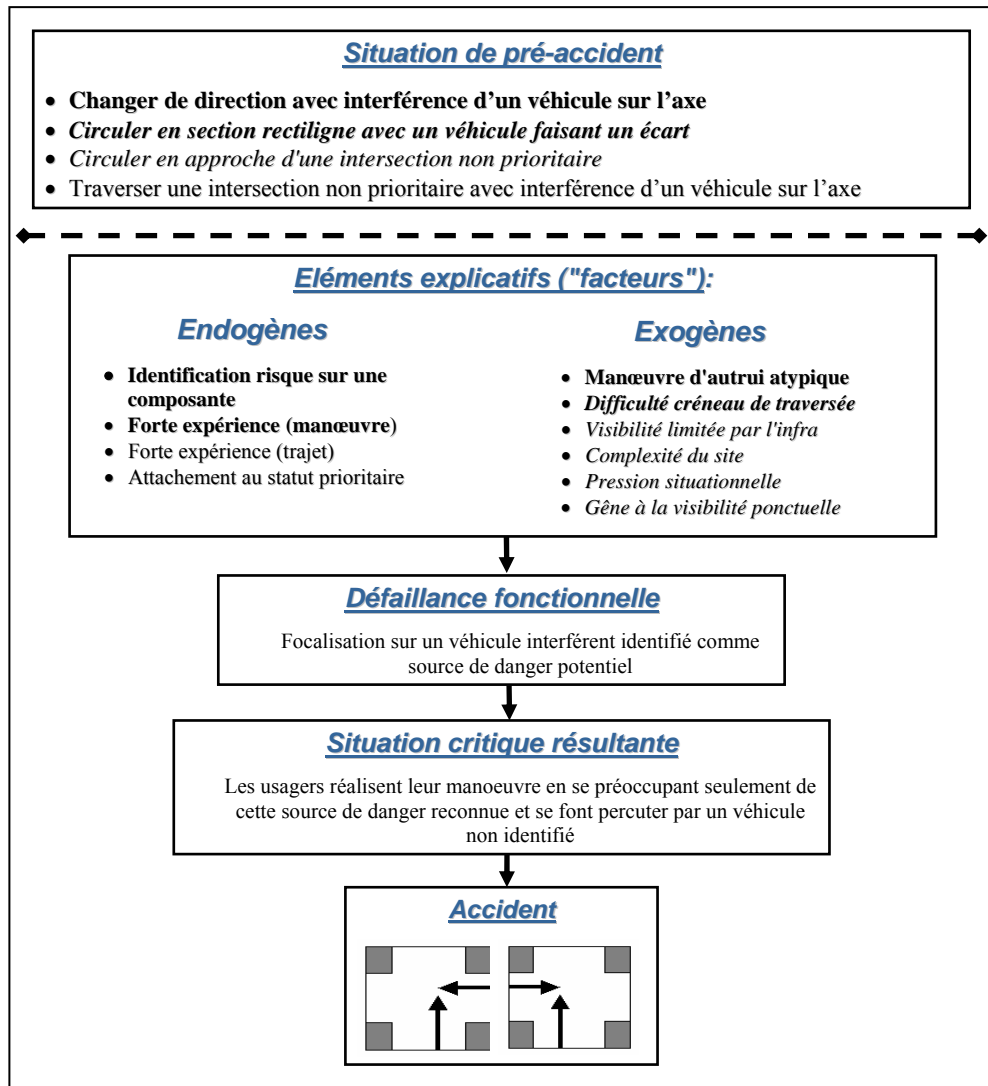


Figure 21. Scénario P2d : Focalisation sur un véhicule identifié comme source de danger

➤ Scénario type P3b : Recherche sommaire d'information en traversée d'intersection

Ce qui caractérise le scénario P3b, ce sont en premier lieu les situations de traversée d'intersection. Dans ces situations, les conducteurs commettant la défaillance P3 sont non prioritaires et percutent un véhicule qui circule sur l'axe principal. Les facteurs qui expliquent le caractère sommaire de la recherche d'information en milieu urbain sont nombreux et plus diversifiés qu'en rase campagne. Aux éléments attentionnels (liés notamment à une très forte habitude des trajets et des manœuvres) viennent ainsi se superposer des facteurs contextuels et particulièrement des gênes à la visibilité ponctuelles générées par une composante du trafic environnant. Les baisses du niveau d'attention ne semblent donc plus expliquer à elles seules la survenue de la défaillances mettant en jeu une difficulté contextuelle d'accès à l'information, difficulté qui par ailleurs n'éveille pas chez l'utilisateur de précaution particulière.

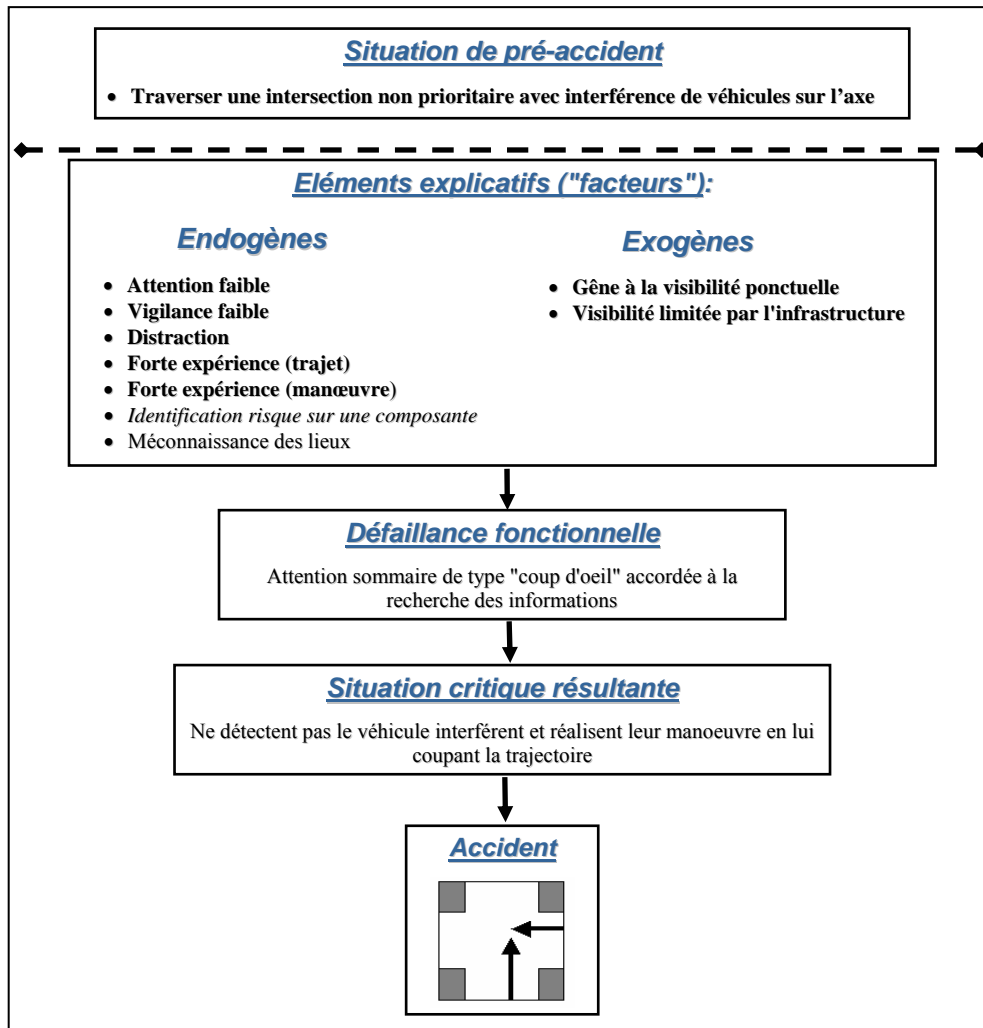


Figure 22. Scénario type P3b : Recherche sommaire d'information en traversée d'intersection

➤ Scénario P3c : Recherche d'information précipitée

Le dernier des scénarios mettant en œuvre une défaillance perceptive qui émerge nettement de l'analyse est le scénario-type P3c. Il est typique des situations d'interaction complexe dans lesquelles les conducteurs engagent une manœuvre précipitée sans répondre suffisamment aux exigences de la tâche de recherche d'information sur le trafic. En milieu urbain, ces difficultés se matérialisent en majorité lors des changements de direction et plus rarement lors de la réalisation de manœuvres spécifiques telles qu'une insertion sur chaussée ou l'effectuation d'une marche arrière. Les éléments explicatifs rattachés à ce scénario traduisent pour un grand nombre d'entre eux une certaine forme de "contrainte" : d'une part une contrainte subjective relative au temps accordé à la manœuvre à exécuter et plus globalement au temps affecté au trajet ; d'autre part une contrainte situationnelle qui rend délicate l'insertion du véhicule dans le flux de trafic, ou encore une pression externe (un autre véhicule qui klaxonne par exemple) ayant pour effet de précipiter la manœuvre du conducteur et de minimiser d'autant la recherche d'information. En milieu urbain, l'usager qui fait les frais de cet engagement inopiné de manœuvre est souvent un conducteur de deux-roues ou un piéton, son gabarit et/ou son comportement pouvant surprendre le conducteur déjà mis en difficulté dans sa prise d'information.

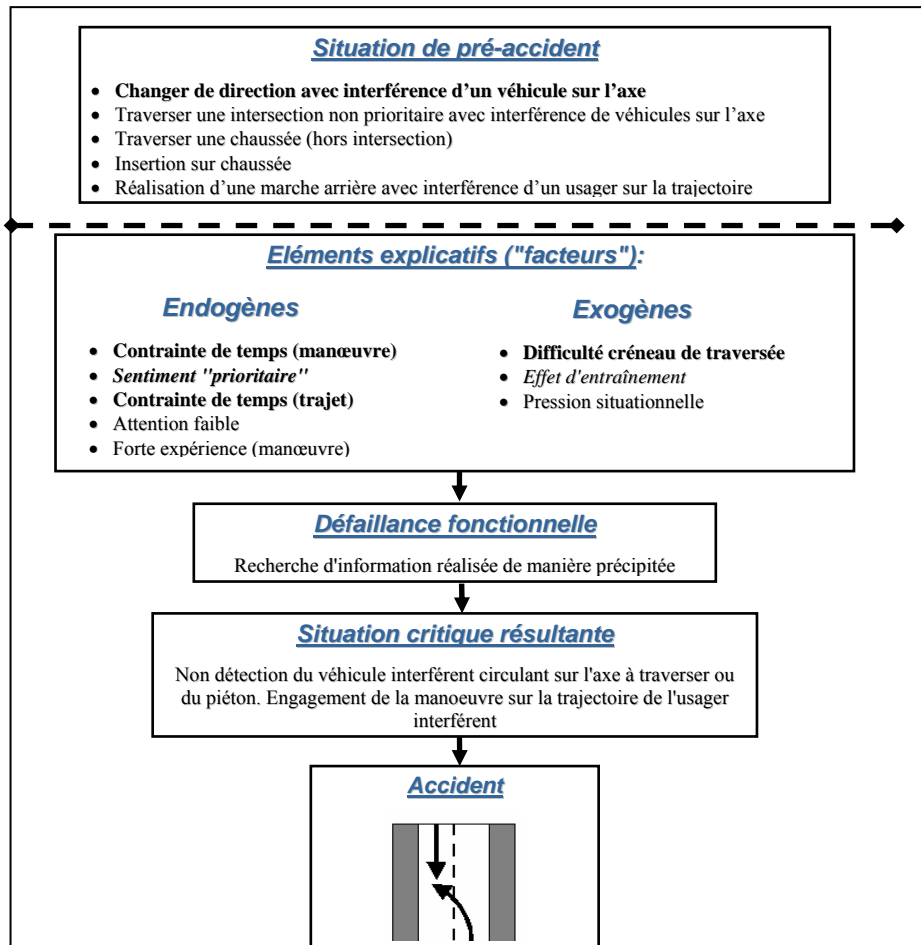


Figure 23. Scénario P3c : Recherche d'information précipitée

Résumé : les erreurs de perception en ville

- Les défaillances perceptives représentent 50 % de l'accidentalité urbaine.
- Trois mécanismes majeurs :
 - Une difficulté d'accès aux informations pertinentes,
 - Un problème de répartition des ressources attentionnelles sur les différentes sources d'information,
 - Une précipitation dans la recherche des informations.
- Ces problèmes sont en grande partie déterminés par les caractéristiques de la conduite en agglomération :
 - Gênes à la visibilité générées par le bâti, par les autres véhicules (en mouvement ou en stationnement),
 - Multiplicité des interactions, profusion des sources d'information concurrentes,
 - Exigences temporelles et dynamiques liées à la gestion des recherches d'information sur les différentes sources.
- Ces éléments sont associés parfois à une forte pratique de la manœuvre réalisée et à la plus faible attention qui est accordée à sa réalisation, ainsi qu'à une contrainte de temps subjective qui entre en contradiction avec les contraintes liées au trafic (impatience, effet d'entraînement).
- Les mesures d'aménagement devraient concerner la promotion d'une meilleure visibilité réciproque des différents types d'usagers et d'une meilleure lisibilité des informations (limiter les "attracteurs d'attention"), tout en veillant à maintenir des vitesses de trafic modérées. Une pondération du trafic et une tempérance du sentiment prioritaire contribueraient également à la mise en œuvre des procédures de recherche d'informations plus adaptées.

3.1.2. Spécificités des erreurs de diagnostic

Dans une logique séquentielle d'analyse des dysfonctionnements, à l'issue de l'étape perceptive, une seconde étape fonctionnelle impliquée dans l'activité consiste en un diagnostic des informations perçues dans les situations rencontrées. Cette activité de "traitement" doit principalement permettre à l'utilisateur, d'une part d'évaluer les paramètres physiques identifiés durant l'étape préalable afin d'estimer la faisabilité de la manœuvre envisagée, d'autre part de comprendre les informations recueillies concernant le type de situation auquel il est confronté. C'est essentiellement cette deuxième composante de l'activité de diagnostic que nous développerons ici. Les problèmes d'évaluation ressortent en effet beaucoup moins en ville qu'en rase campagne (Figure 24), en raison notamment du facteur vitesse qui les conditionne fortement.

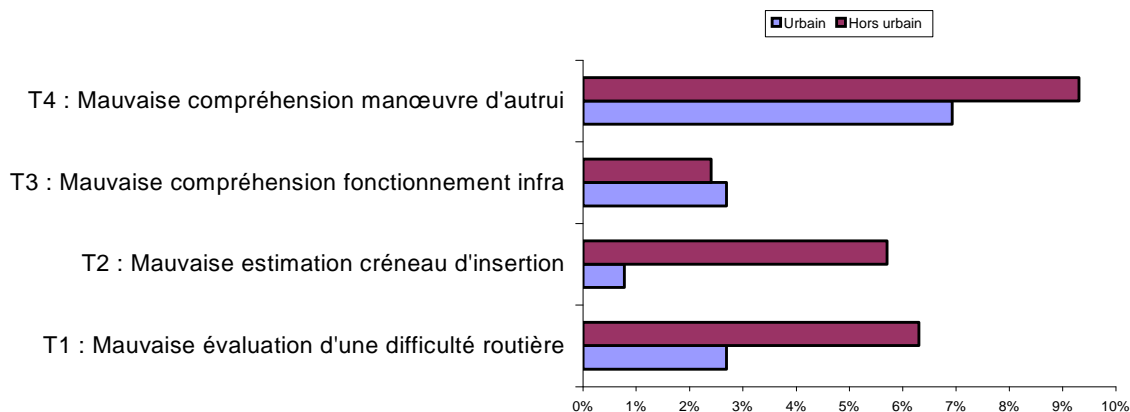


Figure 24. Répartition des types de défaillances de diagnostic en milieu urbain et hors milieu urbain

Erreurs et facteurs d'erreurs de diagnostic

Quatre types de défaillances correspondent donc à cette étape de diagnostic dans la grille d'analyse utilisée. D'abord, les problèmes d'évaluation d'une donnée physique concernent : soit l'importance d'une difficulté liée à l'infrastructure routière (T1), soit l'intervalle espace/temps qui sépare le conducteur d'un autre véhicule (T2). Ensuite, et de façon isomorphe, on distingue les problèmes de compréhension selon qu'ils concernent le fonctionnement d'un site routier (T3), ou bien la nature d'une manœuvre entreprise par un autre usager (T4).

➤ Défaillance T1 – Mauvaise évaluation d'une difficulté routière.

Les problèmes d'évaluation d'une difficulté relative à l'infrastructure concernent principalement le tracé d'un virage difficile et l'importance d'une perte d'adhérence sur une zone en travaux. Il est logique qu'ils soient moins représentés en contexte urbain qu'en rase campagne puisque les difficultés inhérentes à ces caractéristiques environnementales sont contrebalancées en ville par les faibles vitesses pratiquées, de sorte que d'éventuelles défaillances d'évaluation conduisent plus rarement à l'accident. C'est néanmoins ce facteur "vitesse inadaptée" qui va majoritairement contribuer à provoquer une mauvaise évaluation d'une difficulté d'infrastructure urbaine, en liaison souvent avec l'adoption d'un style conduite "à risque" (on peut citer l'exemple d'un jeune cyclomotoriste qui entame le dépassement d'un VL sur une zone de travaux gravillonnée préalablement signalée, et qui perd le contrôle de son deux-roues). On relève également l'influence d'éléments tels que la méconnaissance du véhicule utilisé, ou encore un déficit attentionnel.

➤ Défaillance T2 – Mauvaise évaluation d'un créneau d'insertion.

En situation d'intersection, les conducteurs estiment avoir le temps de traverser alors que ce n'est pas le cas étant données la vitesse et la distance d'approche d'un véhicule adverse. Cette défaillance de jugement évaluatif est quasiment absente en ville, les difficultés d'interaction se portant préférentiellement sur d'autres fonctions, du fait notamment des distances de visibilité et des ordres de grandeur des vitesses pratiquées.

Un second ensemble de défaillances identifiable à l'étape du diagnostic porté sur les caractéristiques perçues de la situation, correspond non plus au processus spécifique d'évaluation d'une donnée physique, mais au

processus plus global *d'interprétation* qui peut amener une mauvaise compréhension d'une interaction rencontrée, que cette interaction concerne l'environnement routier ou un autre véhicule engagé dans la situation. A l'origine du problème de compréhension, on note le plus souvent l'intervention d'une caractéristique exogène liée au site ou à la manoeuvre d'autrui qui vient "piéger" le conducteur.

➤ Défaillance T3 : *Mauvaise compréhension du fonctionnement d'un site routier.*

Même si elle ne recouvre qu'un faible effectif, la mauvaise compréhension du fonctionnement d'un site est la seule défaillance de diagnostic pour laquelle la ville n'est pas moins représentée que la rase campagne. Elle implique le plus souvent des intersections complexes, atypiques, peu lisibles. Ces défauts d'aménagement vont se répercuter sur des usagers méconnaissant les lieux, que ce soit globalement ou dans le sens de la manoeuvre réalisée ce jour là. Le problème de compréhension qui en résulte constitue une défaillance origine qui amène le conducteur à ne pas s'arrêter au bon endroit en intersection, à y mettre en œuvre un séquençage inadapté de prise d'information, ou à ne pas s'attendre à rencontrer un autre véhicule.

Cette défaillance trouve une explication sensiblement différente selon qu'elle ait lieu en ville ou en rase campagne ; tout d'abord au niveau des variables psychophysiologiques puisque si l'influence des problèmes de type "lenteur de réaction" (ralentissement cognitif généralement lié à l'âge) semble plutôt caractéristique d'un milieu non urbanisé, en ville ce sont les déficits ou les détournements de l'attention qui ressortent plus spécifiquement. Au niveau exogène également les problèmes de signalisation, de visibilité et de complexité des trafics supportés viennent accroître les défauts d'aménagements qui contribuent à l'erreur de compréhension.

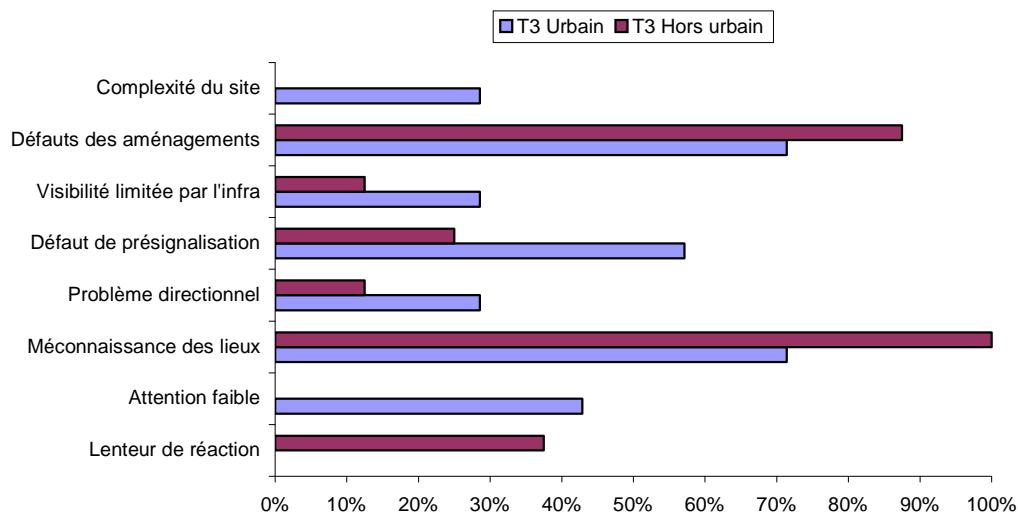


Figure 25. Répartition des principaux éléments explicatifs liés à la défaillance T3 observée en milieu urbain et non urbain

➤ Défaillance T4 : *Mauvaise compréhension de la manoeuvre d'un autre usager*

La mauvaise compréhension de la manoeuvre engagée par un autre conducteur peut provenir selon les scénarios, de l'absence d'émission d'indices annonciateurs de cette manoeuvre, du caractère polysémique des indices émis par autrui, ou d'une analyse sommaire de l'interaction par le conducteur qui se limite à l'identification d'une gêne à la progression. Comprenant mal l'interaction rencontrée, les conducteurs mettent en oeuvre une stratégie de conduite incompatible avec la nature réelle de cette interaction. Même si, à l'instar de la plupart des erreurs de diagnostic, cette défaillance est plus représentée en rase campagne, elle recouvre malgré tout 7 % des problèmes diagnostiqués dans les accidents urbains.

Les patterns d'éléments qui expliquent ces erreurs de compréhension en ville et en dehors présentent à la fois des points communs dans le principe de base de la défaillance, et des dissemblances dans les paramètres contextuels qui y contribuent. Dans les deux cas c'est l'absence ou l'ambiguïté des indices annonciateurs d'une manoeuvre engagée par un autre usager qui va être à l'origine de l'erreur. En rase campagne, ce problème va essentiellement intervenir vis-à-vis d'un trafic longitudinal (par exemple : un véhicule plus lent que l'usager va chercher à dépasser et qui va bifurquer sans prévenir). Dans le cas de l'urbain, une plus grande variété de situations d'interaction va y contribuer. Elles vont impliquer une manoeuvre atypique d'un autre usager, qui va surprendre l'impliqué (voire le "piéger"), comme par exemple le tourne à gauche d'un véhicule qui avait pourtant

son clignotant droit en action, ou encore un arrêt complet a priori non justifié en section courante (e.g. pour laisser une voiture sortir d'un parking). D'autres variables vont encore contribuer à l'émergence de ces défaillances de la fonction de compréhension en ville, telles qu'une faible attention portée à la situation, une contrainte de temps, etc. (Figure 26).

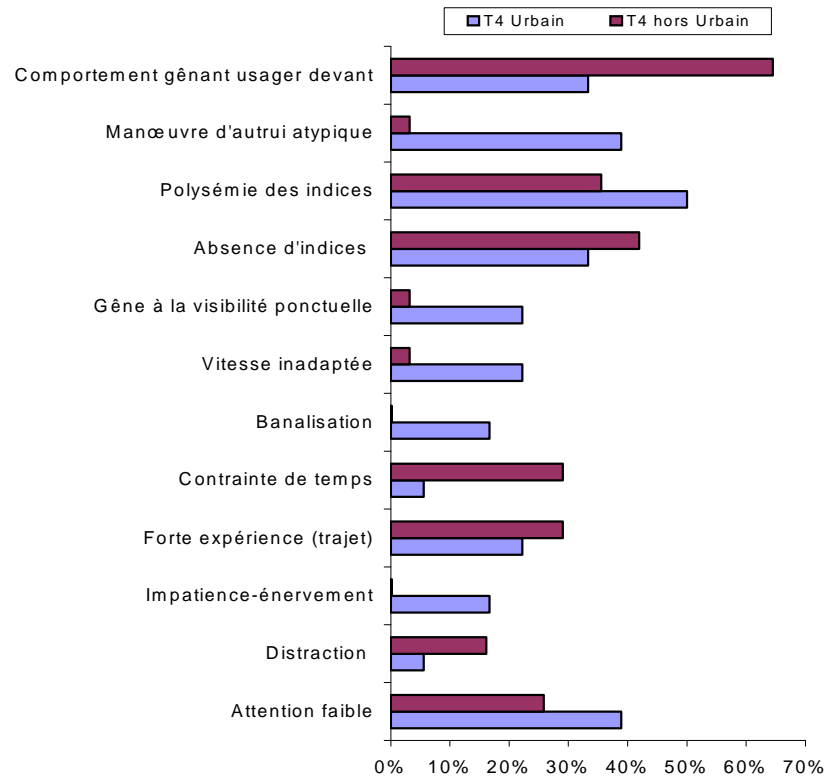


Figure 26. Répartition des principaux éléments explicatifs de la défaillance T4 en milieu urbain et non urbain

Scénarios-types d'erreurs de diagnostic en ville

Un seul scénario d'erreur se démarque plus nettement pour cette catégorie de défaillance en urbain. Il spécifie le problème de la compréhension du comportement d'un autre usager dans la conduite en ville.

➤ Scénario T4b : *Mauvaise compréhension de la manœuvre d'autrui liée à la polysémie des indices émis*

Les conducteurs concernés par ce scénario sont confrontés à un véhicule au comportement jugé "gênant" (hésitations, ralentissement, etc.). Leur diagnostic de la situation est établi sur la base d'indices fournis par celui-ci (clignotant, feux stop, mouvements, orientation, etc.), pouvant générer différentes interprétations (indices "polysémiques") et ne permettant pas à l'usager de comprendre quelle manœuvre va être effectivement réalisée. C'est majoritairement en section courante que le scénario T4b se manifeste, et plus précisément dans des situations telles que l'interférence d'un véhicule plus lent, qui s'arrête ou qui change de direction. L'erreur de diagnostic porté sur la situation s'explique principalement par la polysémie des indices émis par autrui, mais les problèmes de compréhension peuvent également impliquer des éléments tels qu'une gêne à la visibilité ponctuelle qui ne va pas aider à comprendre la manœuvre de l'autre, ou encore le caractère atypique de cette manœuvre qui ne va pas inciter à l'envisager. Les résultats observés en agglomération suggèrent que la défaillance T4 a également un ancrage endogène puisque dans un quart des cas un problème attentionnel a pu être relevé. Une autre spécificité émerge du point de vue des usagers impliqués en agglomération : dans la plupart des cas, le conducteur concerné est confronté à un usager qui n'utilise pas le même mode de déplacement que lui-même (deux-roues vs voiture, voiture vs bus, etc.). Ces données témoignent de ce que les problèmes de compréhension de la manœuvre de l'autre sont corrélés non seulement à la polysémie des indices que ce dernier fournit, mais aussi aux différences de comportements et de stratégies induites par l'utilisation d'un certain mode de déplacement.

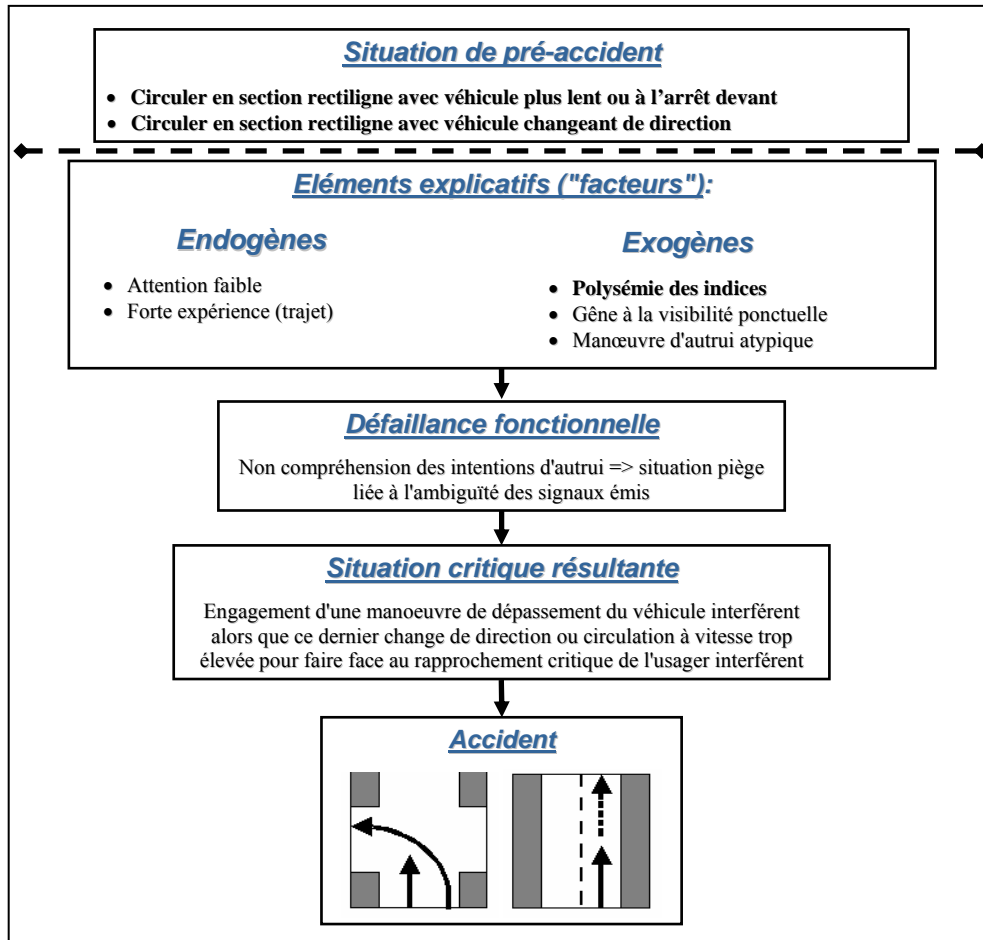


Figure 27. Scénario type T4b : Mauvaise compréhension de la manoeuvre d'autrui liée à la polysémie des indices émis par l'autre

Résumé : les erreurs de diagnostic en ville

- Globalement peu d'erreurs de diagnostic, relativement à la situation de rase campagne
 - Le processus d'estimation des paramètres physiques y est facilité par les vitesses plus modérées.
- Des difficultés de compréhension du fonctionnement de certains sites
 - Aménagements trop complexes, atypiques, peu lisibles, qui induisent en erreur les usagers non locaux.
- Des erreurs de compréhension du comportement des autres usagers :
 - Manœuvres spécifiques, inattendues, mal indiquées. Des gênes à la visibilité peuvent y contribuer, par manque d'indices sur le motif du comportement.
- Peu de mesure a priori, mais plus indirectement des façons de faciliter la compréhension des manœuvres en limitant leur éventail de possibles et en les rendant structurellement plus sûres par l'aménagement (cas notamment des procédures de stationnement).

3.1.3. Spécificités des erreurs de pronostic

S'agissant d'une activité à composante dynamique, une seconde étape sensible dans les traitements opérés par les opérateurs sur les informations prélevées consiste à développer des attentes sur les évolutions potentielles des situations rencontrées (Hoc, 1996). Suivant le modèle d'analyse des dysfonctionnements utilisé, on distinguera deux processus majeurs à cette étape de pronostic : le premier consiste à opérer une *anticipation* sur les évolutions probables de la situation en cours, le second à faire une *prévision* sur les possibilités de survenue d'un événement dans un contexte donné. On rappellera qu'au-delà de son intervention directe dans les mécanismes accidentels tels qu'ils sont repérés ici (Figure 28), la fonction de pronostic a une influence surdéterminante qui conditionne de manière plus ou moins implicite l'ensemble des processus mis en oeuvre dans l'activité. C'est pour soutenir cette idée que Hollnagel (1991) décrit le pronostic comme le "génotype" de beaucoup de problèmes qui vont s'exprimer en bout de chaîne fonctionnelle par différentes défaillances "phénotypiques".

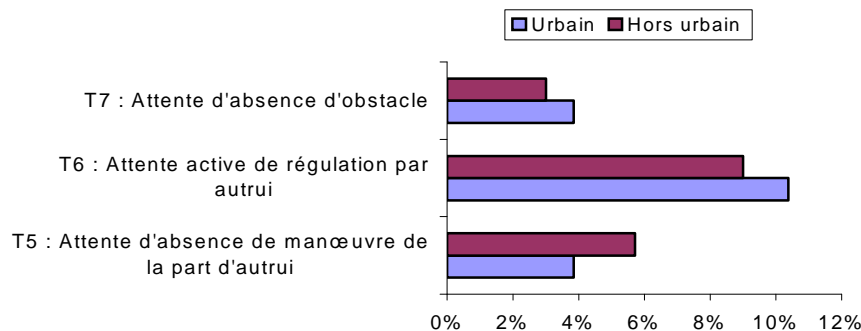


Figure 28. Répartition des types de défaillances de pronostic en milieu urbain et hors milieu urbain

Erreurs et facteurs d'erreurs de pronostic

Trois types de défaillances sont identifiés dans la mise en oeuvre de ces processus en situation accidentelle : l'attente d'absence de manœuvre de la part d'autrui (T5), l'attente active d'une régulation par autrui (T6), et l'attente d'absence d'obstacle (T7). La défaillance T6 est la plus fréquente en milieu urbain comme en rase campagne. On peut signaler que la population des deux-roues est particulièrement concernée par cet ensemble de problèmes, comme cela a déjà été établi lors d'une recherche préalable (Van Elslande, 2003b).

➤ Défaillance T5 – Attente (par défaut) d'absence de manœuvre de la part d'autrui.

En l'absence d'indices contraires et conformément aux règles et aux pratiques habituelles, les conducteurs concernés n'envisagent pas l'insertion possible d'un usager non prioritaire préalablement détecté à l'arrêt, et se font surprendre par son engagement inattendu. Cette défaillance correspond aux "situations pièges à l'anticipation", de la même manière que P1 pour la détection, et s'explique ainsi quasi exclusivement par les paramètres situationnels externes, et notamment par la manoeuvre inopinée de l'autre usager. Les distances de visibilité souvent restreintes en ville (par le bâti, le trafic) expliquent qu'on y relève moins cette défaillance, au profit des problèmes amont de détection. Son occurrence en agglomération se singularise cependant par l'implication de piétons, que les conducteurs voient soudain s'engager contre toute attente (traversée soudaine, hors passage protégé, "sous leur roues").

➤ Défaillance T6 – Attente active de régulation par autrui.

Un second niveau de défaillance identifiable à cette étape de traitement anticipé des informations correspond à l'attente d'une régulation de la situation par l'autre usager avec lequel on est en interaction. En fonction de cette anticipation erronée, fondée sur l'habituel et le connu, et malgré la détection d'indices alarmants, les usagers concernés excluent l'éventualité d'une évolution critique de la situation et ne mettent par conséquent pas en oeuvre une stratégie de conduite préventive adaptée à cette évolution critique pourtant envisageable. Cette défaillance de pronostic représente plus de 10 % des erreurs identifiées dans les accidents urbains. Que ce soit en ville comme en rase campagne, les éléments explicatifs concernent, outre la manoeuvre "infractionnelle" de l'autre, le fort sentiment prioritaire qui est développé en liaison notamment avec la connaissance des lieux. La spécificité de ces erreurs en milieu urbain est rattachée à des facteurs plus discrets, tels que la vitesse de

circulation trop élevée pour la situation, ou encore la faible expérience de conduite, typique chez les jeunes conducteurs.

C'est lorsqu'on se penche sur les différentes catégories d'usagers ayant développé la défaillance T6 que l'on découvre les tendances les plus marquées. Ce sont les conducteurs de deux-roues qui se détachent le plus nettement (près du quart des erreurs commises par cette catégorie de conducteurs), alors que les autres usagers n'y sont que peu sujets. On retiendra donc que, plus qu'un type d'erreur caractérisant les accidents en milieu urbain, la défaillance T6 semble particulièrement spécifique des accidents de deux-roues dans le contexte particulier de l'agglomération¹. Nous aurons l'occasion dans la section suivante de constater que, hormis par les modes de déplacement, cette défaillance se caractérise également par les réseaux viaires qui l'abritent.

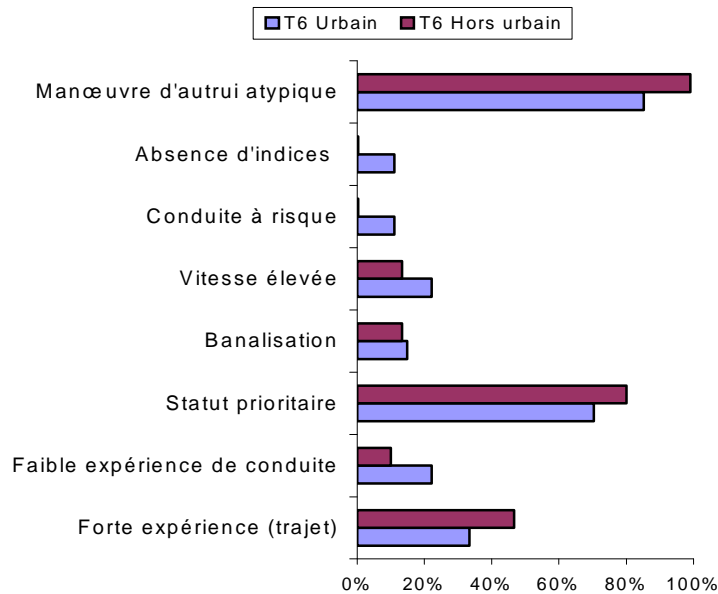


Figure 29. Répartition des principaux éléments explicatifs de la défaillance T6 en milieu urbain et non urbain

➤ Défaillance T7 – Attente d'absence d'obstacle.

Avec cette dernière défaillance en termes d'attente, on entre dans le domaine du processus de prévision opérée sur la rencontre potentielle d'un événement plus ou moins probable. L'erreur de pronostic qui caractérise T7 ne concerne donc plus, comme pour T5 et T6, l'attente de l'évolution d'une interaction identifiée², mais le "pari" plus ou moins explicite qui est fait sur l'absence d'obstacle potentiel dans la situation à venir. Le mécanisme de cette défaillance prévisionnelle repose donc sur l'adoption d'un mode de conduite qui n'intègre pas l'éventualité de la rencontre d'une perturbation dans la progression, malgré une absence de visibilité. Au lieu d'engendrer la mise en œuvre de précautions particulières, cette restriction de visibilité semble conforter le conducteur dans un raisonnement du type "si je ne vois rien, c'est qu'il n'y a rien", et le conduit notamment à emprunter l'espace réservé à autrui³.

La variété des situations urbaines contribue à la plus grande diversité des éléments explicatifs de ces mauvais pronostics. Leur logique générale consiste à combiner un problème de visibilité à une forte expérience du trajet qui va favoriser un sentiment fallacieux de maîtrise de la situation et favoriser ainsi l'adoption d'une vitesse inadaptée. Ces niveaux de vitesse semblent plus associés en rase campagne à l'adoption d'une conduite à risque (ludique, test de véhicule, etc.), en liaison parfois à des contraintes de temps. En ville, ils mettent également en œuvre le sentiment prioritaire sur lequel s'appuie l'utilisateur, ainsi que les paramètres d'infrastructure qui y incitent (rectitude, largeur, nombre de voies, etc.). Le caractère atypique de la manœuvre réalisée par un autre usager explique également parfois l'échec de la prévision réalisée en agglomération.

¹ Ce qui s'explique en partie par leur plus faible détectabilité qui conduit indirectement à un comportement inattendu de la part des autres (Van Elslande, 2003b).

² Impliquant la reconnaissance d'intention et la prédiction d'action (Mundutéguy, 2001).

³ C'est en ceci que cette erreur se démarque nettement des "pièges à la détection" qui caractérisent la défaillance P1.

Bien évidemment, les contre mesures envisageables pour ce type de dysfonctionnements ne peuvent être qu'indirectes, mais ne doivent pas pour autant être considérées comme négligeables pour contrecarrer de tels problèmes. Les aménagements auront ainsi pour objet de favoriser les baisses de vitesse, de promouvoir une meilleure visibilité, et de ne pas susciter un sentiment prioritaire trop conforté.

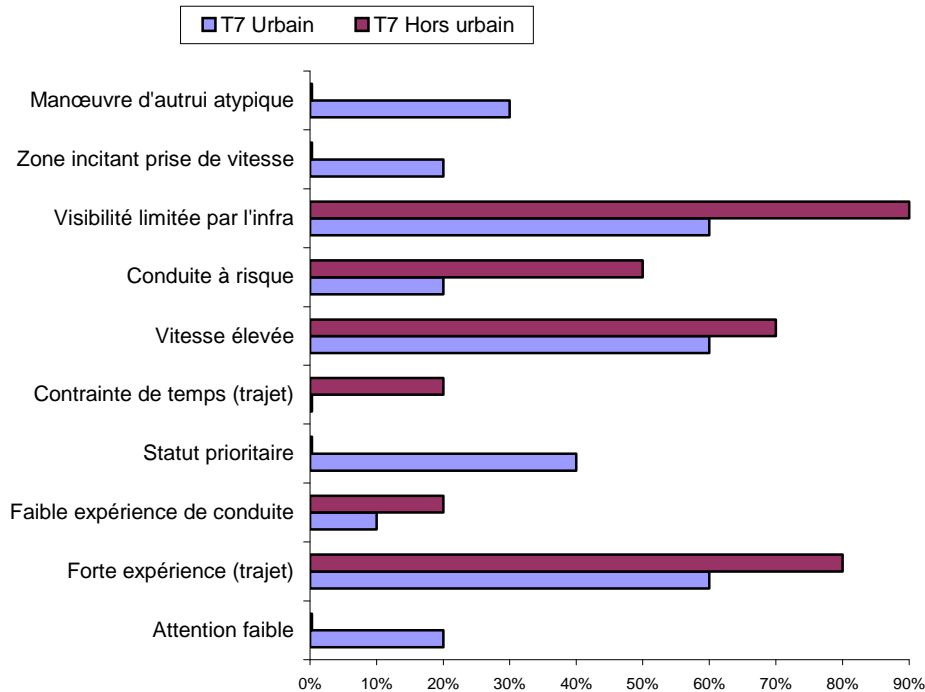


Figure 30. Répartition des principaux éléments explicatifs de la défaillance T7 en milieu urbain et non urbain

Scénarios-types d'erreurs de pronostic en ville

L'examen des scénarios typiques au sein desquels les défaillances de pronostic prennent place en ville fait massivement ressortir un scénario particulier. Le scénario-type T6b recouvre ainsi la moitié des cas d'accidents d'agglomération pour lesquels cette défaillance est jugée centrale. En d'autres termes, la défaillance de la fonction de pronostic de type *attente active de régulation par autrui* en milieu urbain se produit selon un mécanisme similaire dans plus d'un cas sur deux.

➤ Scénario T6b : *Attente erronée de l'arrêt d'un véhicule non prioritaire en approche de l'intersection*

Dans ce scénario, l'attente erronée que développe le conducteur concerne l'arrêt d'un véhicule non prioritaire en mouvement d'approche d'une intersection, ce véhicule s'apprêtant soit à s'engager dans l'intersection, soit à effectuer un changement de direction en coupant la voie inverse. Cette erreur d'anticipation sur le comportement de l'autre s'explique principalement par l'action conjointe des deux facteurs cités précédemment : la trop grande confiance qu'attache le conducteur à son statut prioritaire, et bien sûr la manœuvre réalisée par le non prioritaire, contraire à la législation (et elle-même le fruit d'une erreur...). Ces deux éléments sont simultanément relevés dans près de la totalité des cas, et dans près de la moitié des cas ils suffisent à les expliquer. Dans l'autre moitié ils vont se combiner avec d'autres facteurs qui ont comparativement une influence plus modérée. C'est notamment le cas de la faible expérience de conduite ou encore de la grande familiarité qu'ont les conducteurs du trajet qu'ils empruntent. Un autre élément qui caractérise bien ce scénario en ville réfère aux usagers qu'il implique : c'est le scénario parmi tous les autres qui réunit le plus de conducteurs de deux-roues à moteur. Il regroupe par ailleurs l'essentiel des automobilistes impliqués dans la défaillance T6.

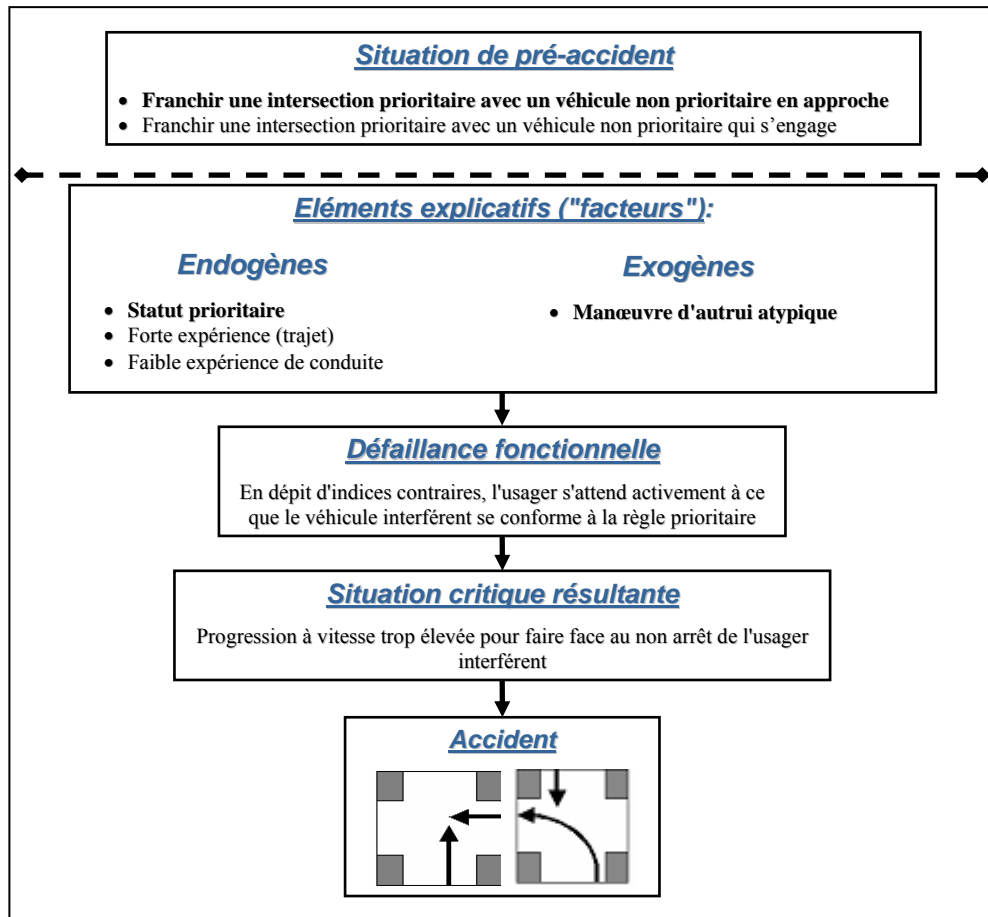


Figure 31. Scénario type T6b : Attente erronée de l'arrêt d'un véhicule non prioritaire en approche d'intersection

Résumé : les erreurs de pronostic en ville

- Les défaillances de pronostic ne sont pas spécifiques à l'urbain, mais s'y inscrivent particulièrement du fait de la fréquence des interactions auxquelles on y est confronté.
- Elles trouvent majoritairement leur source dans l'articulation de deux facteurs :
 - Le sentiment prioritaire qui induit des attentes trop confortées
 - L'engagement inopiné d'une manœuvre atypique d'un autre usager
- La population des deux-roues y est particulièrement représentée.
- Les contre mesures auront indirectement pour objet de favoriser des vitesses modérées, de promouvoir une meilleure visibilité, et une tempérance du sentiment prioritaire suscité par l'aménagement.

3.1.4. Spécificités des erreurs de décision d'engagement de manœuvre

Toujours en parcourant séquentiellement la grille d'analyse des erreurs utilisée, l'étape fonctionnelle qui résulte de la détection et du "traitement" des événements rencontrés réside dans les processus de décision qui sont mis en œuvre. Une fois qu'ils ont prélevé les indices perceptibles et pertinents dans la scène visuelle, une fois qu'ils ont correctement interprété la situation et anticipé son évolution à court terme, les usagers doivent en effet opérer un "choix" parmi les stratégies de conduite qu'il est possible de mettre en œuvre, pour sélectionner celle qui leur paraît la plus adaptée à l'événement et à ses exigences sécuritaires. Dans la mesure où la présente analyse regarde les problèmes qui font basculer l'opérateur dans une situation en marche dégradée, les défaillances qui sont présentées ci-après vont concerner exclusivement les décisions d'engagement d'une manœuvre spécifique au moment critique, et non pas les éléments décisionnels plus globaux relatifs aux conditions de réalisation du trajet (état du conducteur, motivations diverses, etc.)¹.

A la différence des défaillances étudiées jusqu'ici, les dysfonctionnements mis en évidence dans cette classe de processus décisionnels empruntent autant à la notion de "violation" (Reason, 1993), qu'à la notion "d'erreur" en termes de traitement de l'information. Contrairement aux erreurs qui sont par définition dénuées d'intentionnalité, les violations sont définies comme la transgression plus ou moins délibérée (mais pas forcément malveillante, ni nécessairement répréhensible d'un point de vue légal) d'un code de comportement établi ou socialement admis pour assurer le fonctionnement en sécurité d'un système potentiellement dangereux (Parker *et al.*, 1995). Plusieurs types de défaillances de cette fonction décisionnelle seront distingués, selon le degré d'intentionnalité de la violation commise : la violation contrainte par les caractéristiques de la situation (D1), la violation intentionnelle d'une règle de sécurité (D2), et la "violation-erreur" (D3) correspondant au déclenchement inopiné d'une manœuvre par automatisme ou effet d'entraînement.

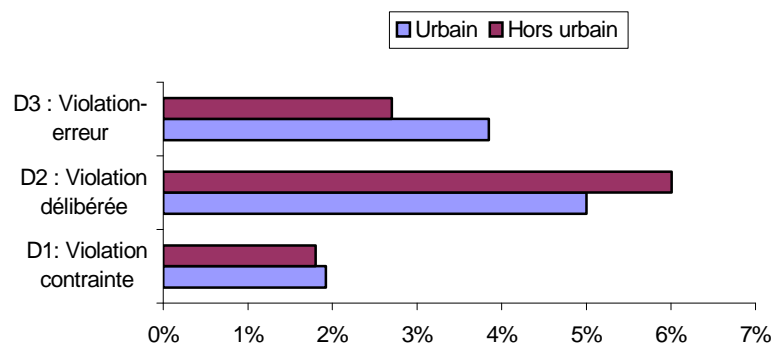


Figure 32. Répartition des types de défaillances de décision en milieu urbain et hors milieu urbain

Erreurs et facteurs d'erreurs de décision

Les défaillances de type décisionnel n'ont globalement pas montré de tendance quantitativement marquée dans les accidents d'agglomération (Figure 32) relativement à la situation de rase campagne (proportions similaires). Elles représentent toutefois la deuxième catégorie d'erreurs urbaines, derrière les défaillances perceptives. Par ailleurs, des spécificités émergent lorsqu'on s'intéresse de plus près aux conditions de leur production.

➤ Défaillance D1 – Violation contrainte par les caractéristiques de la situation.

La particularité des usagers regroupés dans cette catégorie de défaillances est d'avoir été confrontés à une situation de conduite dans laquelle ils ont été contraints de prendre un certain risque pour réaliser la manœuvre voulue. Cette "prise de risque obligée" provient de défauts d'aménagement de l'infrastructure et de contraintes de trafic qui mettent l'utilisateur en difficulté, voire en situation de dilemme dans la manœuvre qu'il cherche à réaliser. Ces défauts concernent la présence de gênes à la visibilité qui obligent les conducteurs à s'avancer dans un carrefour pour pouvoir prendre une information sur la faisabilité de leur manœuvre (de traversée ou d'insertion), de gênes à la progression qui imposent de se déporter sur la voie affectée à la circulation inverse, ainsi que

¹ Éléments qui sont analysés par ailleurs, en tant qu'éléments initiateurs de l'ensemble des défaillances.

l'aménagement d'intersections inadapté au gabarit de certains véhicules, rendant cette manœuvre délicate quelle que soit la stratégie adoptée. Du fait de ces paramètres situationnels, les conducteurs sont confrontés à une situation paradoxale qui consiste à devoir adopter une stratégie de conduite sécuritaire sur des lieux qui ne le permettent pas. C'est donc essentiellement du côté des caractéristiques de situation qu'on trouvera les éléments explicatifs d'une telle défaillance décisionnelle (la visibilité limitée par l'infrastructure et les gênes à la visibilité ponctuelles sont les facteurs les plus fréquemment relevés). En agglomération, certains éléments propres aux conducteurs accentuent cependant les gênes contextuelles et l'on y constate que les défaillances découlent également d'une certaine banalisation de la situation rencontrée, soit parce que les conducteurs sont habitués à réaliser la manœuvre en question, soit parce qu'ils en minimisent le danger potentiel.

En ville comme en rase campagne, les situations de pré-accident associées à la défaillance D1 sont représentatives des cisaillements de flux et regroupent donc des cas de traversée d'intersection non prioritaire, ou des changements de direction qui obligent l'usager à couper la voie inverse.

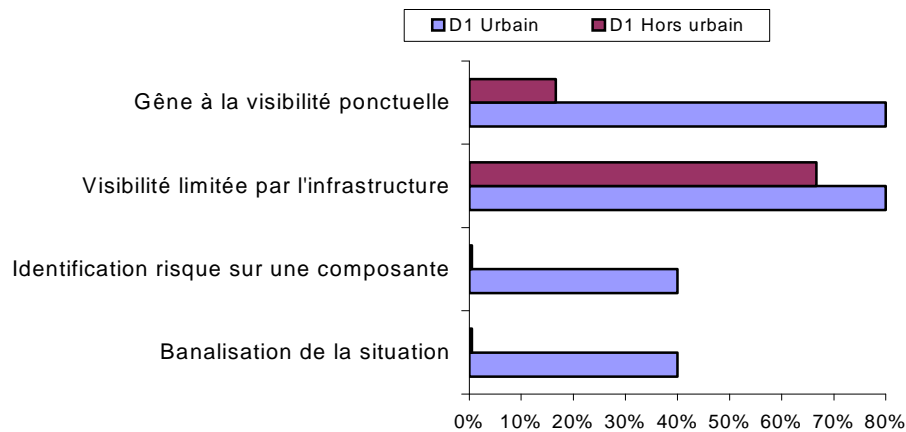


Figure 33. Répartition des éléments explicatifs liés à la défaillance D1 observée en milieu urbain et non urbain

➤ *Défaillance D2 – Violation délibérée d'une règle de sécurité.*

Cette seconde catégorie de défaillance décisionnelle fait référence aux processus dont on rend compte classiquement en termes de "prise de risque" (Saad, 1988) dans l'engagement d'une manœuvre. Au moment de la décision à prendre concernant la stratégie de conduite à mettre en œuvre dans les situations rencontrées, les usagers pour lesquels on relève ce type de défaillance apparaissent souvent avoir fait passer au premier plan de leurs préoccupations la poursuite d'objectifs particuliers à atteindre, au détriment de la prise en compte des exigences sécuritaires de ces situations. On constate ainsi dans le mode de fonctionnement de ces usagers, soit une certaine forme de "volonté" de transgression des règles de sécurité, que celles-ci soient imposées par la signalisation en place ou nécessitées par l'évidence de la dangerosité d'une situation, soit un "déli" plus implicite des risques encourus dans les situations en cause.

L'étude des situations accidentelles liées aux défaillances D2 fait ressortir les premières différences entre milieu urbain et rase campagne puisque l'on remarque que les situations susceptibles d'engendrer des erreurs d'ordre décisionnel sont bien plus diversifiées en ville et on y retrouve la quasi-totalité des réalisations de manœuvres spécifiques : dépassements critiques, demi-tours, changements de direction, insertions et traversées de chaussée hors intersection (pour les piétons et conducteurs de deux-roues). On peut supposer que ces résultats s'expliquent par le fait que les situations d'interaction en milieu urbain sont plus variées et/ou plus complexes et peuvent conduire l'usager à engager des manœuvres sans avoir correctement intégré tous les paramètres de ces situations.

En rase campagne, cette défaillance repose systématiquement sur l'adoption délibérée d'un mode de conduite à forte composante de risque (Figure 34). Les divers objectifs poursuivis par ces usagers peuvent concerner : la recherche d'un gain de temps par des conducteurs pressés, la volonté de se soustraire à une gêne à la progression correspondant à la présence de véhicules plus lents considérés comme autant d'éléments perturbateurs dans le trajet suivi, la poursuite d'un objectif ludique au volant (souvent associée, dans l'échantillon présent, à la jeunesse des conducteurs et à leur inexpérience de la conduite), ou encore le désir de tester les performances d'un véhicule récemment acquis. Ces divers intérêts particuliers sous-tendant la réalisation du trajet amènent les conducteurs à négliger les indices de danger dont ils disposaient en situation, et à adopter des stratégies de conduite (vitesse,

engagement de manœuvres spécifiques en un moment inopportun) qui sont conformes à la satisfaction de leurs intérêts, mais totalement inadaptées aux risques potentiels de la situation. En agglomération, on retrouve l'intervention de ce faisceau d'éléments, mais dans des proportions moindres. Des paramètres plus spécifiques à la conduite urbaine vont particulariser le mécanisme de cette défaillance en ville, tels que l'effet de pression engendré par la situation (par exemple un véhicule qui klaxonne), une gêne à la visibilité, un sentiment prioritaire, ou encore une trop faible allocation de ressources attentionnelles en regard des exigences de la situation. La défaillance D2 présente par ailleurs en milieu urbain la spécificité de regrouper le plus de cyclistes, un tiers de leur effectif étant concerné par cette défaillance.

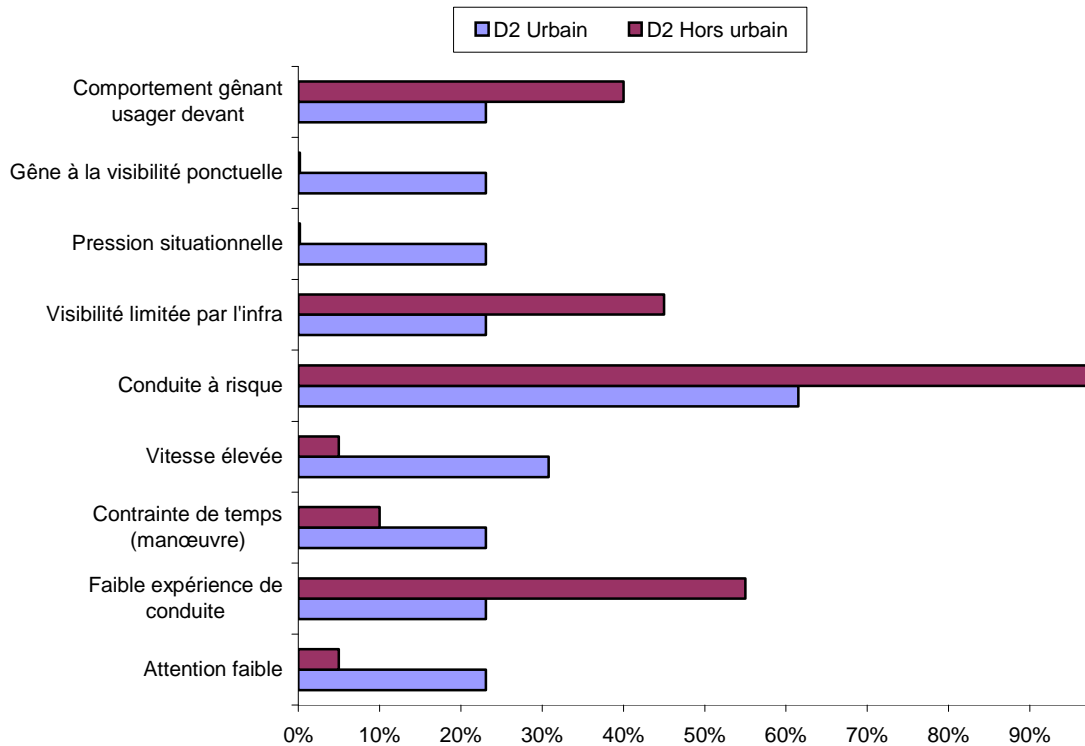


Figure 34. Répartition des éléments explicatifs liés à la défaillance D2 observée en milieu urbain et non urbain

➤ *Défaillance D3 – Violation-erreur.*

La violation-erreur ou "violation involontaire" (Reason et al., 1990) fait référence à un mécanisme intermédiaire entre la notion de violation (dans la mesure où les conducteurs transgressent un certain nombre de règles de sécurité élémentaires) et la notion d'erreur (dans la mesure où cette transgression n'est pas vraiment intentionnelle). Elle correspond dans les accidents de la route à l'engagement d'une manœuvre par suite du déclenchement inopiné d'un automatisme, le plus souvent en réponse à une certaine forme de délégation à autrui du traitement de la situation (effet d'entraînement) qui va amener le conducteur à changer de direction ou s'engager dans une intersection sans avoir pris au préalable les précautions nécessaires à la réalisation d'une telle manœuvre.

L'effet d'entraînement, qui est donc l'élément le plus systématiquement explicatif d'une telle erreur (Figure 35), est provoqué soit par l'engagement d'un véhicule précédent que l'usager décide de suivre "dans la foulée" sans plus prendre d'information, soit par l'injonction d'un tiers (passager ou usager externe) qui l'incite à s'engager sans plus de circonspection. Une distinction va s'opérer entre la ville et la rase campagne sur la base de l'adjonction d'autres facteurs concomitants à cet élément. En ville vont ainsi s'associer des paramètres tels qu'un faible niveau d'attention allouée à la manœuvre, l'adoption d'un mode de conduite impulsif, la banalisation de la situation, des difficultés liées au trafic et à une visibilité amoindrie, etc.

Comme dans le cas des violations délibérées, les violations-erreurs commises en ville surviennent souvent pendant la réalisation d'une manœuvre spécifique (traversée hors intersection, changement de direction et demi-

tour). Hors agglomération, les défaillances D3 se manifestent à l'inverse plutôt dans des situations stabilisées ou pendant la traversée d'intersections non prioritaires.

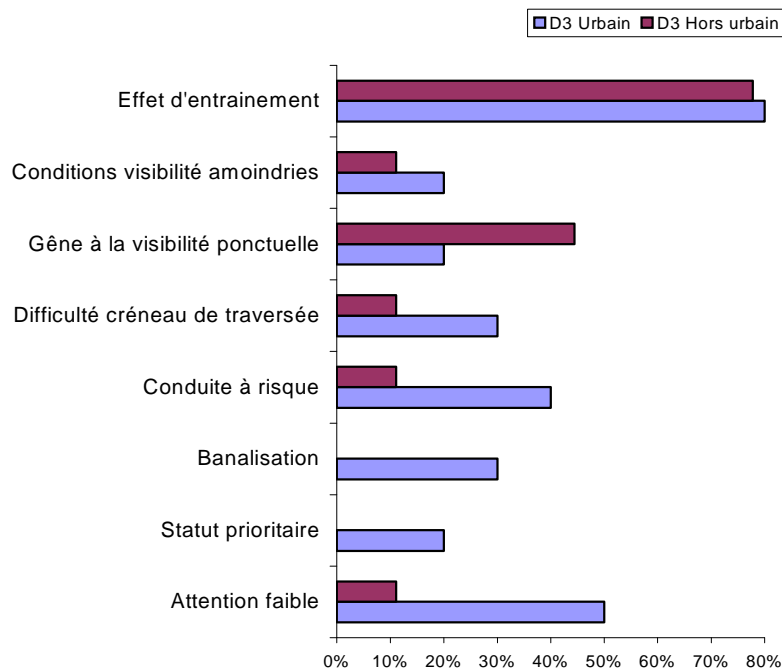


Figure 35. Répartition des éléments explicatifs liés à la défaillance D3 observée en milieu urbain et non urbain

Scénarios-types d'erreurs de décision en ville

Un seul scénario rend bien compte de la particularisation des défaillances de décision en ville. Il concerne l'engagement d'une traversée d'intersection par effet d'entraînement. Malgré leur taux d'implication dans les défaillances décisionnelles, les deux-roues ne font pas émerger de scénarios types bien définis dans la mesure où les violations délibérées qu'ils commettent se diffusent sur une grande variété de situations : manœuvres de dépassement en situation conflictuelle, sur des zones sans visibilité, d'insertion sur chaussée ou de traversées d'intersection dans la foulée, négligeant les contraintes sécuritaires.

➤ Scénario D3b : *Engagement d'une traversée d'intersection par effet d'entraînement*

Ce qui caractérise la violation-erreur de ce scénario c'est l'engagement inopiné de la traversée d'intersection par le conducteur. La possibilité de réalisation de la manœuvre est inférée à partir du comportement d'autrui, soit par injonction de ce dernier (signe de la main, appel de phare...), soit par mimétisme, le conducteur effectuant sa manœuvre au même moment qu'un autre véhicule. Dans tous les cas, cet effet d'entraînement a lieu car le contexte environnemental s'y prête : l'intersection à traverser est encombrée, le trafic sur les axes prioritaires est dense, ce qui rend le créneau d'insertion difficile à obtenir. C'est généralement pour compenser les gênes qui s'en ressentent que le conducteur délègue alors à l'autre l'analyse de la situation et la faisabilité de sa manœuvre.

Si en milieu urbain les facteurs cités précédemment restent majoritaires, ils sont accompagnés bien plus régulièrement qu'en rase campagne d'éléments endogènes. On peut ainsi constater que l'effet d'entraînement est étroitement lié au niveau attentionnel du conducteur mais aussi à l'impatience ou l'énervement lié aux gênes de trafic. A l'inverse, aucun des scénarios observés en milieu urbain n'a fait ressortir de problèmes de distraction alors qu'ils sont présents dans la moitié des scénarios de rase campagne. Les violations identifiées en ville tendraient par conséquent à être en relation avec un niveau général d'attention peu élevé, diffus, plutôt qu'avec des problèmes d'orientation des ressources.

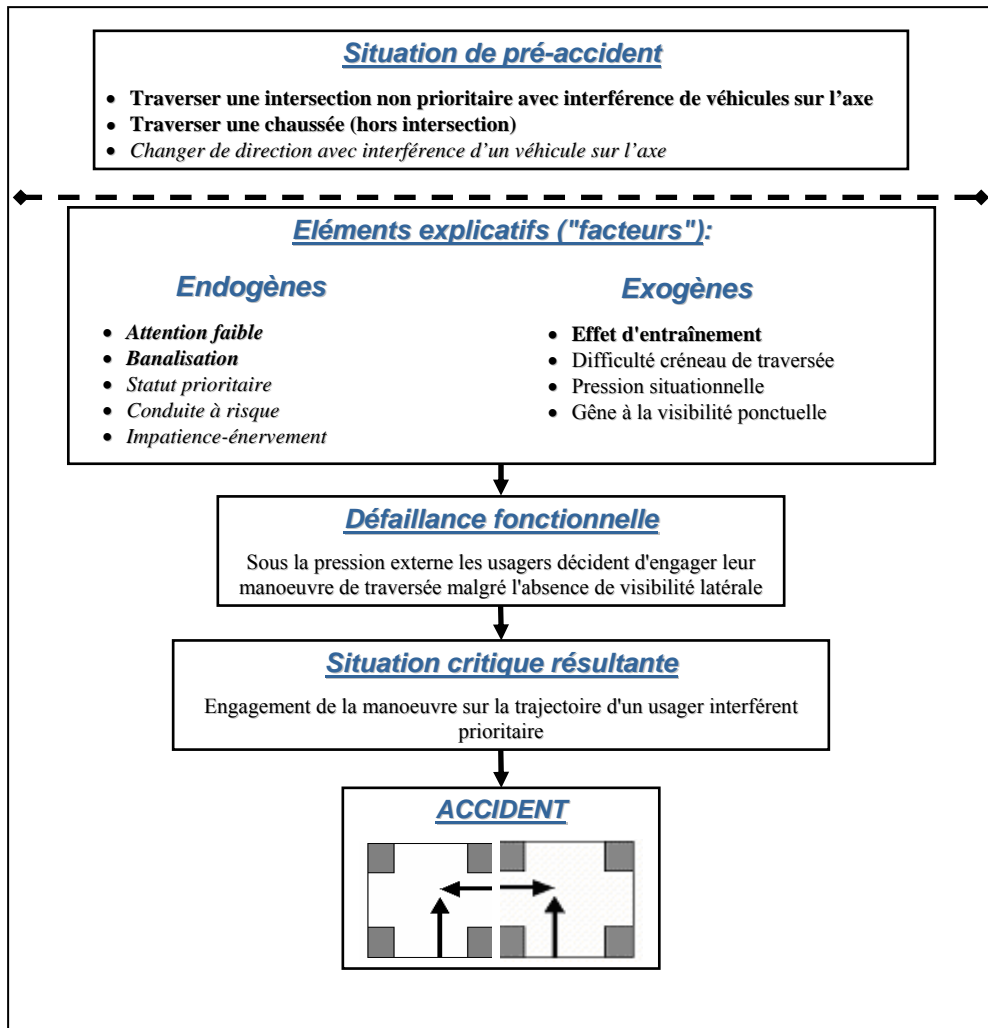


Figure 36. Scénario D3b : Engagement d'une traversée d'intersection par effet d'entraînement

Résumé : les erreurs de décision d'engagement de manœuvre en ville

- Les défaillances décisionnelles se particularisent dans la conduite urbaine par les éléments qui y contribuent
 - Gênes à la visibilité et/ou à la progression qui poussent à la réalisation de manœuvres risquées
 - Densité du trafic qui incite à la prise de décision rapide, au détriment des précautions nécessaires à leur mise en oeuvre
 - Banalisation des situations, trop faible attention portée à leur analyse
- Les deux-roues y sont particulièrement enclins à la violation délibérée (manœuvres atypiques, illégales, négligence des règles de sécurité)

3.1.5. Spécificités des erreurs d'exécution de manœuvre

Le dernier maillon de la chaîne fonctionnelle impliquée dans l'activité de conduite est l'action sur les commandes du véhicule que le conducteur doit exercer pour assurer le guidage de la trajectoire poursuivie et la maîtrise de son déplacement. Des problèmes sont encore susceptibles de se produire à cette étape, dans le sens où l'action désirée pouvant être mal réalisée, l'objectif régulateur poursuivi ne sera pas atteint. Ne sont répertoriés dans cette catégorie que les accidents pour lesquels le problème de contrôle du véhicule est directement à l'origine du basculement en situation d'accident (c'est-à-dire lorsque les autres étapes ont été correctement parcourues). Relativement peu d'accidents étudiés ont pour origine directe ce type de défaillance, encore moins en agglomération, ce qui s'explique par la modération des paramètres cinématiques (en termes de vitesse et d'accélération transversale) en jeu dans la conduite urbaine.

Deux types de problèmes se distinguent selon que la défaillance d'exécution soit issue de la rencontre d'un élément externe qui vient perturber la contrôlabilité du véhicule (E1), ou seulement des conditions d'attention portée à la tâche de régulation de trajectoire (E2) comme c'est plus souvent le cas dans l'échantillon de rase campagne, et contrairement à celui de la ville pour lequel seulement 1 % des défaillances y correspond. Lorsqu'on se penche sur les facteurs qui concourent aux erreurs d'exécution, on ne note rien de réellement distinctif des milieux urbains et non urbains. Dans ces deux contextes de conduite, les problèmes de contrôlabilité du véhicule sont issus soit d'une perturbation externe (aquaplaning sur route mouillée ou verglacée, présence d'une guêpe dans l'habitacle...), soit d'un défaut mécanique soudain (freins défectueux, rupture d'un câble qui vient se coincer dans la roue avant d'une moto, etc.). De la même façon, les problèmes de guidage (défaillances E2) peuvent être rapprochés, indifféremment du contexte, des déficits de vigilance ou d'attention. Une tentative d'explication de ces similitudes sera avancée dans le chapitre suivant lorsque seront abordés les aspects viaires qui conditionnent indirectement ces accidents.

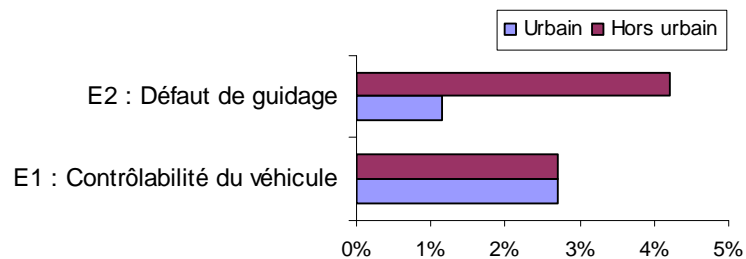


Figure 37. Répartition des types de défaillances d'exécution en milieu urbain et hors milieu urbain

En résumé : les erreurs d'exécution de manœuvre en ville

- Les défaillances d'exécution sont peu représentées en agglomération (seulement 4 % des problèmes identifiés), du fait des niveaux de vitesse pratiquée qui favorisent moins qu'en rase campagne leur concrétisation sous forme de d'accidents (de type perte de contrôle du véhicule).
- Elles ne représentent donc pas un enjeu primordial de l'aménagement urbain (pour autant qu'il promeuve une vitesse modérée...).

3.1.6. Spécificités des défaillances globales

Jusqu'à présent ont été étudiées les défaillances correspondant à l'une ou l'autre des étapes fonctionnelles impliquées dans la conduite. Il existe toutefois des cas pour lesquels le problème ne se pose plus tant en termes de fonctions que de capacités. C'est ce que recouvre la notion de "défaillance globale", qui correspond à une dégradation d'ensemble de la chaîne fonctionnelle, dont l'issue en est une perte de contrôle de la situation. C'est donc au niveau des capacités générales de l'individu à maîtriser la situation rencontrée, tant sur le plan des informations à recueillir, des traitements à opérer, des décisions à prendre, que des actions à entreprendre, que se situe ici le problème. Trois types de dégradation des capacités de conduite répertorient les accidents de cette catégorie : la perte des capacités psychophysiologiques (G1), l'altération des capacités sensori-motrices et cognitives (G2), le dépassement des capacités cognitives (G3).

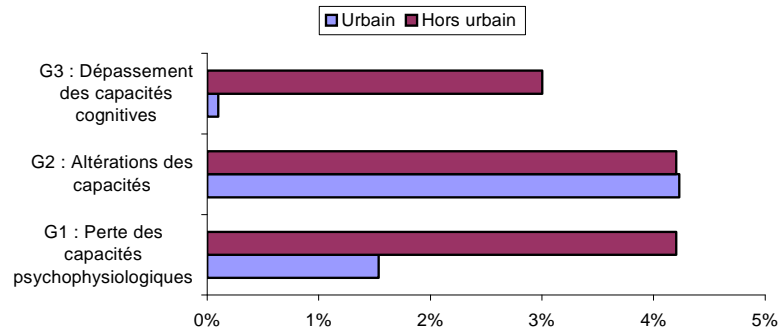


Figure 38. Répartition des types de défaillances globales en milieu urbain et hors milieu urbain

➤ Défaillance G1 : Perte des capacités psychophysiologiques

La perturbation caractérisant cette classe d'accidents correspond à une perte de conscience du conducteur suite à un malaise ou un endormissement (lié à la fatigue et/ou une alcoolémie élevée), qui intervient le plus souvent durant une tâche simple de guidage. Cette perte de conscience provoque bien évidemment une interruption de l'activité de conduite dans sa globalité, ce qui se traduit par une perte de contrôle du véhicule. On comprend aisément que cette défaillance s'actualise plus souvent en accident de rase campagne (monotonie des trajets, vitesses pratiquées, etc.).

➤ Défaillance G2 : Altération des capacités sensori-motrices et cognitives

Quelle que soit la situation dans laquelle les conducteurs se trouvaient (en circulation stabilisée, en intersection ou en réalisation de manœuvre spécifique) l'analyse des accidents qui sont répertoriés ici fait ressortir l'impact d'une imprégnation élevée (alcool, drogues, médicaments psychotropes) dans le sens d'une désorganisation de l'activité, à ce point que l'utilisateur n'est plus apte à contrôler son déplacement. Les conséquences d'une telle altération des capacités sensori-motrices et cognitives se manifestent souvent au moment de la rencontre de la moindre difficulté dans l'itinéraire, que l'utilisateur semble avoir été inapte à gérer sur tous les plans fonctionnels. Cette difficulté est aggravée par l'adoption de niveaux de vitesse inadaptés à la situation.

On retrouve cette dégradation fonctionnelle dans des proportions équivalentes en et hors agglomération. Peu de paramètres spécifient son occurrence dans la ville. On verra d'ailleurs dans la section suivante que c'est plutôt en périphérie urbaine que les accidents de ce type tendent à se produire.

➤ Défaillance G3 : Dépassement des capacités cognitives

Les conducteurs qui composent cette dernière catégorie de défaillances sont, pour la plupart, des personnes âgées pour qui la conduite est devenue une activité très épisodique. En liaison avec une perte d'habileté générale vis-à-vis de l'activité de conduite, à laquelle s'ajoutent parfois la fatigue et la méconnaissance des lieux entraînant un problème directionnel ressenti comme angoissant par ce type d'utilisateurs, ceux-ci voient leurs compétences dépassées au moment de la rencontre d'une difficulté dans leur itinéraire. Il en résulte la réalisation de manœuvres souvent incompréhensibles, voire aberrantes (comme s'arrêter au milieu de la voie, prendre une autoroute à contresens, etc.). Cette défaillance en termes de capacité questionne typiquement les pathologies cognitives liées au vieillissement (Van Elslande, 2003c). On notera la quasi-absence de son occurrence dans les accidents d'agglomération de l'échantillon étudié.

Résumé : les défaillances globales en ville

- Les défaillances globales sont peu caractéristiques de l'accidentalité urbaine.
- Elles correspondent principalement aux conséquences d'une alcoolisation élevée.

3.2. Contextes de production des erreurs urbaines

Cette seconde sous-section rend compte de résultats plus globaux concernant les conditions de production des erreurs urbaines qui sont décrites dans la partie précédente. Son objet est moins la comparaison avec les problèmes qui émergent en rase campagne que d'insister sur la caractérisation de leur occurrence dans la ville. On y appréhende la part prise par les différents types de facteurs d'erreurs et leurs combinaisons caractéristiques de l'accidentalité citadine ; on examine les relations qui s'établissent entre les erreurs et les tâches de conduite dans lesquelles elles s'inscrivent, ainsi qu'avec les types de voies sur lesquelles elles se produisent.

3.2.1. Analyse globale des éléments explicatifs des défaillances

Un premier résultat qui ressort d'une analyse d'ensemble des facteurs d'erreurs est que les accidents urbains s'expliquent globalement par l'intervention d'un plus grand nombre d'éléments qu'en rase campagne, qui vont se combiner entre eux pour provoquer une défaillance (en moyenne : 3.45 éléments par défaillance, contre 2.87 en rase campagne). Par ailleurs, la répartition de ces éléments explicatifs à l'intérieur des 6 catégories qui les englobent est significativement différente d'un échantillon à l'autre ($X^2 = 16,16$ $p < 0.02$). La figure 39 montre que les défaillances qui contribuent aux accidents urbains font intervenir proportionnellement plus d'éléments liés aux "conditions internes de réalisation de la tâche" et aux conditions de circulation. On verra en outre que, plus qu'une surreprésentation de telle ou telle catégorie d'éléments, c'est la combinaison des éléments entre eux qui permet de bien qualifier les spécificités des conditions qui concourent aux accidents de la ville.

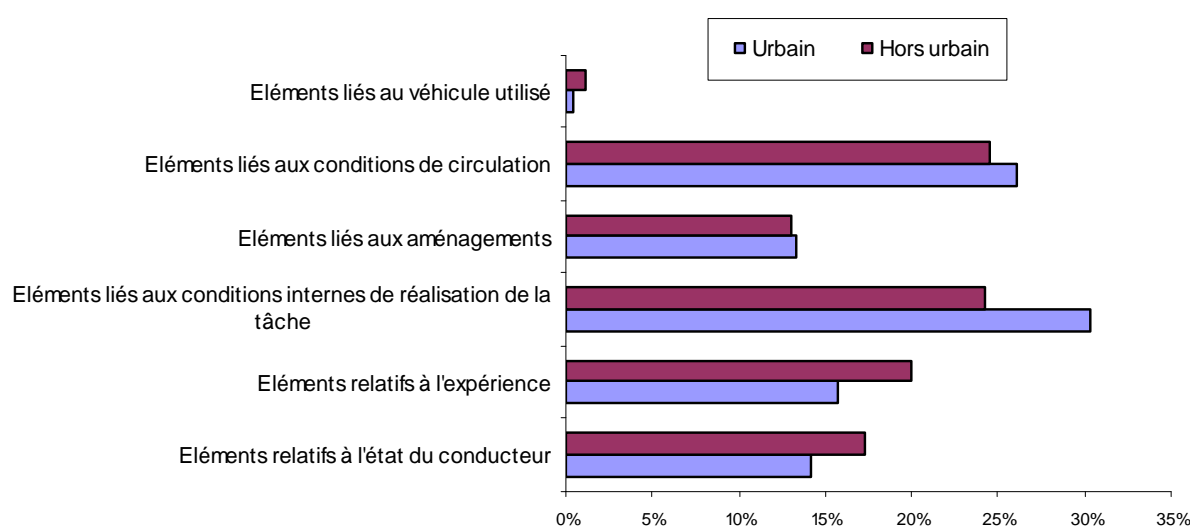


Figure 39. Catégories d'éléments explicatifs en milieu urbain et hors milieu urbain

La mise à plat des items composant ces différentes catégories d'éléments fait ressortir les points suivant (Figure 40) :

- Les "conditions internes de réalisation de la tâche" recouvrent l'ensemble des paramètres qui caractérisent le contexte endogène spécifique au trajet en cours de réalisation. Ce sont les plus massivement impliquées en agglomération, faisant surtout référence à l'attachement rigide au statut prioritaire, l'adoption d'une vitesse trop élevée pour la situation, l'identification d'un risque potentiel sur une certaine composante de la situation, ou la banalisation de la situation de conduite. Les trois premiers éléments cités sont présents chacun dans près de 20 % des accidents ayant lieu en agglomération.
- Les éléments qui composent la catégorie "conditions de circulation" constituent le contexte exogène spécifique à ce même trajet. Ils sont, eux aussi, fréquemment relevés en zone urbaine. Deux facteurs se détachent nettement : ils concernent la confrontation du conducteur à la manœuvre atypique, voire illégale, d'un autre usager, et d'autre part une gêne ponctuelle à la visibilité générée par le trafic environnant. Notons cependant que les éléments codant la difficulté d'obtention d'un créneau de

traversée ou d'insertion, ainsi que l'effet d'entraînement, sont également plus souvent répertoriés dans les cas d'accidents en agglomération.

- Les catégories d'éléments relatifs à l'état psychophysiologique et à l'expérience du conducteur sont en retrait par rapport à ce qui est observé chez les conducteurs de l'échantillon de référence. Malgré cela, le détail de ces catégories permet de constater que certains éléments, pris isolément, semblent avoir plus d'influence sur la conduite en ville qu'hors agglomération. Par exemple, une trop faible allocation de l'attention à l'activité de conduite en général, et à la réalisation de manœuvres bien connues en particulier sont relevés respectivement dans 20 % et 11 % des cas d'accidents en ville.

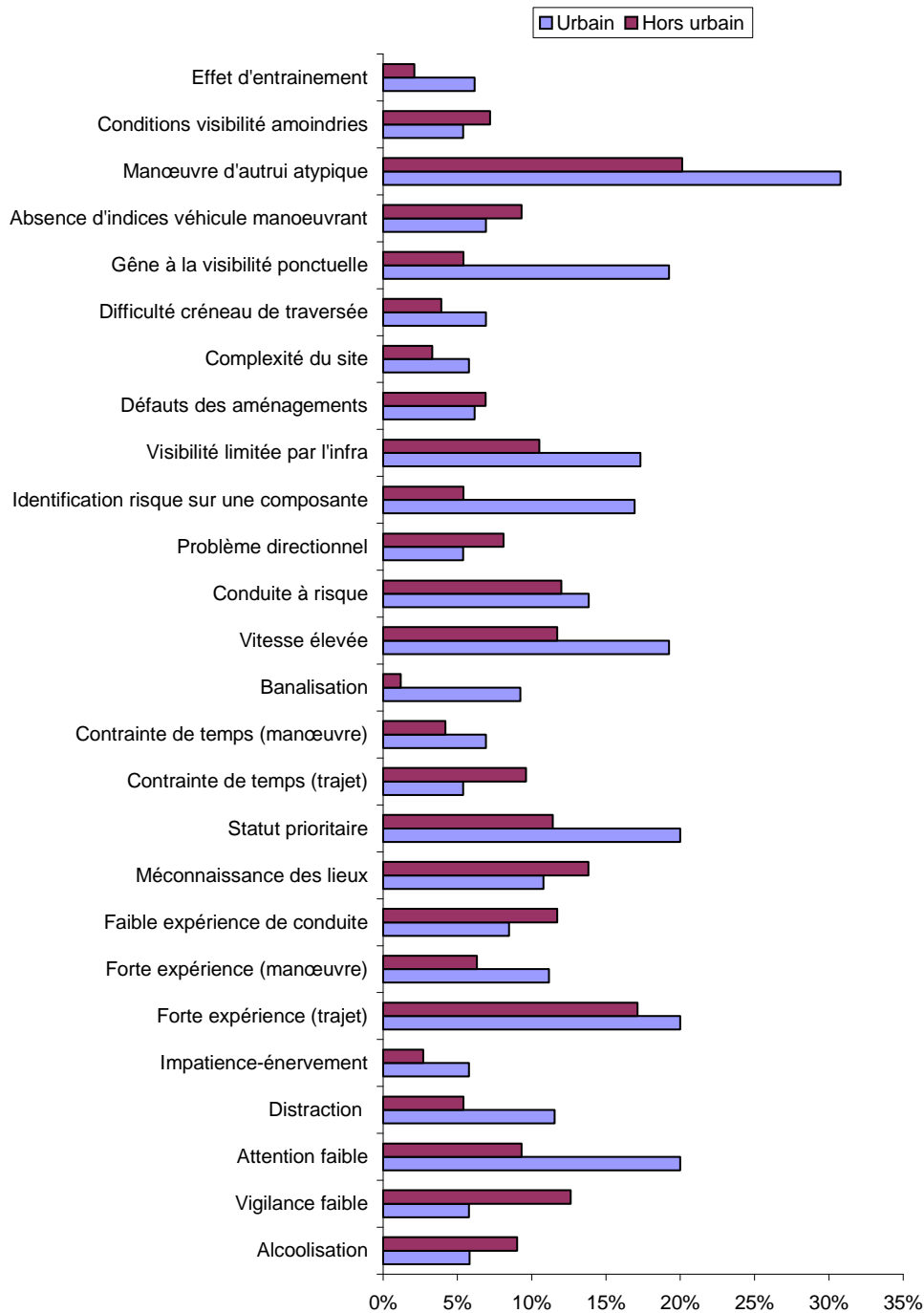


Figure 40. Éléments qui contribuent à plus de 5 % des défaillances en milieu urbain et hors milieu urbain

- Par ailleurs, si les proportions d'occurrence d'éléments liés aux aménagements ne diffèrent que faiblement d'un échantillon à l'autre - correspondant globalement à 13 % de l'ensemble des éléments explicatifs contribuant aux défaillances relevées tant en ville qu'en rase campagne - certains des facteurs qui composent cette catégorie ressortent spécifiquement. Ainsi, les défaillances de conduite en ville sont régulièrement associées à des problèmes d'accès à la visibilité dus aux agencements des infrastructures, à des aménagements atypiques ou peu lisibles, ainsi qu'à la complexité des sites sur lesquels les usagers circulent et une certaine forme d'incitation à la vitesse. Par ailleurs, l'analyse de leur contribution, non plus proportionnellement à l'ensemble des facteurs mais du point de vue de leur participation aux situations accidentogènes, montre que ces éléments interviennent directement dans la genèse de 21 % des défaillances identifiées en agglomération, et 19,2 % de celles recueillies en rase campagne. Rapportées au nombre d'accidents auxquels ces éléments contribuent, ces proportions atteignent 46,2 % en ville contre 41,5 % en rase campagne. Ils prennent donc une part importante des causes d'erreurs, et encore plus des éléments contribuant aux accidents. Ils se spécifient par ailleurs du point de vue de leur nature en ville (Figure 41). On observe en outre un effet d'interaction entre ces éléments liés aux aménagements et le contexte dans lequel ils jouent, au sens où ils se révèlent particulièrement problématiques pour les conducteurs du milieu urbain dans certaines conditions de circulation. Ainsi, dans 25 % des cas où une difficulté liée aux aménagements a pu être identifiée, les problèmes relatifs aux conditions de circulation se sont également révélés déterminants (ce qui n'est le cas que dans 10 % des accidents hors urbain). Ces conditions externes de circulation font majoritairement référence aux données de trafic (vitesse, densité), aux pressions situationnelles induisant une manœuvre précipitée, et aux gênes ponctuelles à la visibilité générées par ce trafic. Ces ensembles d'éléments particularisent ainsi les effets négatifs des problèmes d'aménagement en ville.

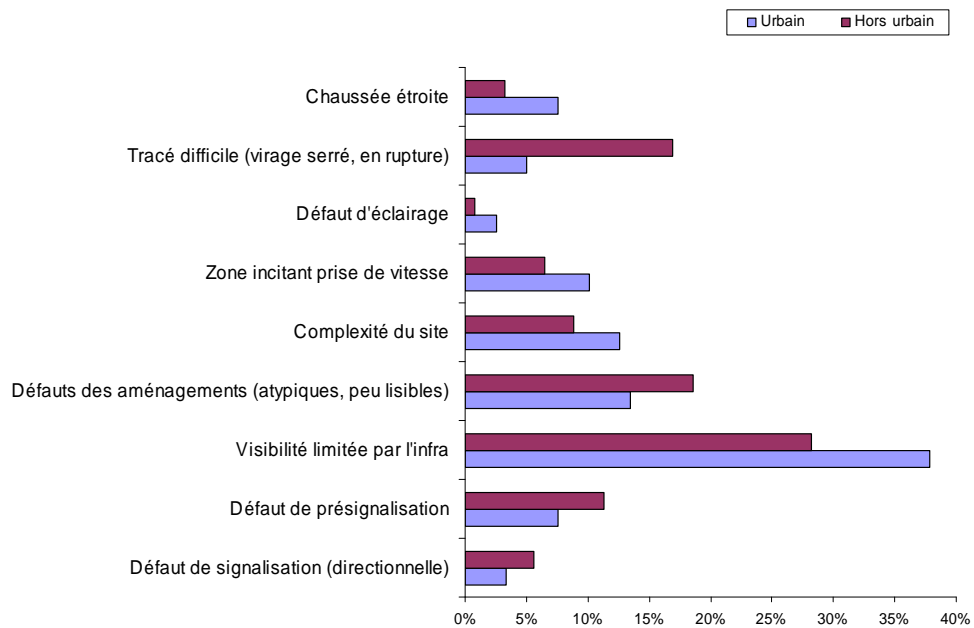


Figure 41. Eléments liés à l'aménagement qui contribuent aux défaillances fonctionnelles en ville

Les paramètres d'aménagement constituent donc un vecteur important des difficultés des conducteurs, tant en ville qu'en rase campagne. Ils se combinent par ailleurs avec les conditions particulières de circulation en milieu urbain, qui induisent une augmentation et une complexification de la tâche de conduite et favorisent ainsi l'émergence de certaines défaillances fonctionnelles de la part des usagers de la ville.

3.2.2. Tâches de conduite et défaillances

On appréhende ici globalement les différentes situations auxquelles était confronté chacun des usagers de l'échantillon étudié au moment où ils ont rencontré une difficulté qui a provoqué une défaillance des fonctions mises en oeuvre. Ces situations, dites de "pré-accident", définissent la tâche de conduite visée ou en cours de réalisation, ainsi que ses exigences spécifiques du point de vue des contraintes environnementales à intégrer. Ces

situations de dysfonctionnement ont été réparties en 4 catégories regroupant des tâches de conduite qui font appel à des mécanismes bien distincts :

- Cisaillement de flux : cette catégorie rassemble les usagers qui se retrouvent engagés sur la voie d'un conducteur prioritaire, soit parce qu'ils traversent une intersection non prioritaire, soit parce qu'ils ont à effectuer un changement de direction (un tourne à gauche généralement) qui les oblige à traverser la voie d'en face.
- Véhicule confronté à un autre usager lui coupant la voie de circulation : dans cette catégorie, on retrouve les usagers prioritaires de la catégorie précédente. Ils circulent sur l'axe principal des intersections, ou en section rectiligne, lorsque l'autre véhicule coupe leur voie de circulation.
- Circulation en section courante : sont regroupées ici toutes les situations de conduite qui nécessitent la régulation de la vitesse et de la trajectoire du véhicule, en intégrant les données du trafic et de l'infrastructure.
- Manœuvres spécifiques : les situations regroupées dans cette dernière catégorie correspondent aux manœuvres ponctuelles (dépassement d'une file de voiture, demi-tour sur la chaussée, etc.) engagées par l'utilisateur et requérant une attention particulière du fait de leurs difficultés de réalisation.

Comparaison urbain/hors urbain

La répartition des types de tâches dans lesquelles les usagers sont sujets à des défaillances se répartissent différemment selon le milieu dans lequel elles sont réalisées ($X^2 = 9.31, p < .05$). On note ainsi (Figure 42) que les usagers de la ville commettent plus souvent une erreur lorsqu'ils sont confrontés à un usager qui leur coupe la voie ainsi que lors de la réalisation de manœuvres spécifiques, les usagers de la rase campagne rencontrant logiquement plus de difficultés dans les tâches de guidage. Cette distinction reflète d'une certaine façon l'exposition différenciée à ces types de situations.

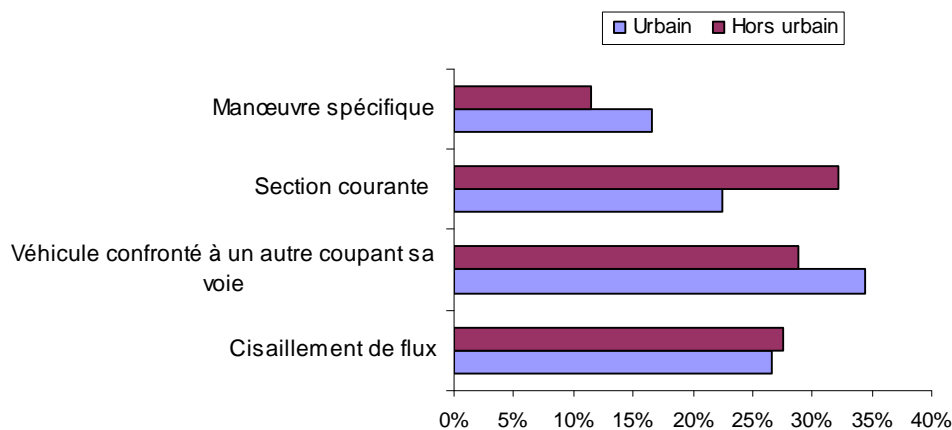


Figure 42. Répartition des défaillances en fonction des types de situations rencontrées en milieu urbain et non urbain

Tâches de conduite et défaillances urbaines

Une analyse plus approfondie des relations qui s'instaurent entre ces catégories de tâches de conduite et les défaillances qui s'y produisent préférentiellement en ville, fait apparaître les points suivants (Tableau 1) :

➤ Situations de cisaillement de flux

Les difficultés rencontrées par les usagers de la ville lorsqu'ils sont confrontés à une situation de cisaillement de flux, notamment lors d'une manœuvre de traversée d'intersection ou de changement de direction, se portent essentiellement sur des défaillances de type recherche d'information incorrectement réalisée, ainsi que sur des problèmes de compréhension et de prise de décision. Un élément crucial de la situation n'ayant pas été détecté, les activités s'effectuent sur la base d'informations erronées et aboutissent au franchissement de la trajectoire d'un véhicule prioritaire.

- Les défaillances de type "Saisie d'information focalisée" sur une autre composante de la situation (P2) s'y produisent de façon massive. Les phénomènes de focalisation ont ainsi tendance à se matérialiser

préférentiellement lors de la réalisation de tâches de traversée d'intersection ou de changement de direction. Ceci concerne essentiellement les automobilistes.

- Les défaillances liées à une recherche d'information sommaire (P3) sont également fortement représentées pour l'ensemble des conducteurs. Pour des raisons essentiellement attentionnelles, ils ne détectent pas l'arrivée du véhicule prioritaire sur l'axe principal ou sur la voie inverse dans le cas des tournes à gauche.
- Les défaillances de type "engagement inopiné d'une manoeuvre" (D3) sont, en proportion de leur fréquence d'occurrence globale, assez souvent identifiées dans ce type de situations.
- C'est également dans ce type de situation que les problèmes de compréhension des aménagements (T3) vont le plus souvent dégénérer en accident dans la conduite urbaine.
- Enfin, les accidents découlant d'une violation plus ou moins contrainte par les caractéristiques de situation (D1) vont s'y produire de façon quasi systématique. Comme pour P2, ce phénomène concerne surtout les automobilistes.

	Cisaillage de flux	Usager qui coupe la route	Section courante	Manœuvres spécifiques	% Total
P1	2.9%	24.7%	12.1%	7.0%	13.1%
P2	31.9%	10.1%	3.4%	18.6%	15.8%
P3	30.4%	0.0%	0.0%	14.0%	10.4%
P4	4.3%	2.2%	8.6%	0.0%	3.9%
P5	0.0%	5.6%	10.3%	4.7%	5.0%
T1	0.0%	0.0%	10.3%	2.3%	2.7%
T2	1.4%	0.0%	0.0%	2.3%	0.8%
T3	5.8%	1.1%	3.4%	0.0%	2.7%
T4	0.0%	11.2%	5.2%	11.6%	6.9%
T5	0.0%	11.2%	0.0%	0.0%	3.9%
T6	1.4%	23.6%	5.2%	4.7%	10.4%
T7	1.4%	6.7%	5.2%	0.0%	3.9%
D1	5.8%	1.1%	0.0%	0.0%	1.9%
D2	2.9%	1.1%	0.0%	23.3%	5.0%
D3	7.2%	0.0%	0.0%	11.6%	3.9%
E1	2.9%	0.0%	8.6%	0.0%	2.7%
E2	1.4%	0.0%	3.4%	0.0%	1.2%
G1	0.0%	0.0%	6.9%	0.0%	1.5%
G2	0.0%	1.1%	17.2%	0.0%	4.2%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau 1. Répartition des défaillances urbaines selon les tâches de conduite

➤ Confrontation à un usager coupant la trajectoire

Les cas pour lesquels l'usager se trouve confronté à l'engagement d'un autre sur sa trajectoire font appel à deux mécanismes majeurs, qui ont pour point commun de s'appuyer sur un processus d'attente plus ou moins implicite. Le premier va procéder d'une détection tardive de l'usager adverse, le second d'une l'anticipation d'absence de conflit potentiel avec celui-ci. Dans le second cas, l'usager concerné est fréquemment un conducteur de deux-roues à moteur. Ces résultats peuvent être considérés comme complémentaires de ceux de la classe précédente, les deux catégories de situations de conduite suscitant souvent un jeu d'acteurs contribuant à une même scène d'accident. Cette complémentarité permet de faire l'hypothèse que si l'usager non prioritaire de la catégorie précédente développe une défaillance perceptive, c'est en partie du fait de la rencontre d'un usager atypique (tant sur le plan visuel, que cognitif ou comportemental) tel que le deux-roues.

Un regard plus détaillé sur les défaillances qui émergent dans cette catégorie de tâches de conduite fait ressortir les points suivants :

- C'est dans ces situations que les non détections liées à une difficulté d'accès à l'information (P1) sont majoritairement observées, et ce pour l'ensemble des usagers. C'est donc par rapport à l'engagement d'un usager non prioritaire que les problèmes de visibilité prennent le plus souvent effet en ville
- De la même manière, c'est en grande majorité les usagers prioritaires qui sont sujets aux défaillances de pronostic. Sous leurs différentes formes (T5 : attente d'absence de manœuvre, T6 : attente de régulation par autrui, T7 : attente d'absence d'obstacle), ces problèmes recouvrent plus de 40 % des défaillances produites lors de la confrontation à un usager qui coupe la voie.
- Les problèmes de compréhension de la manœuvre d'autrui (T4) produits dans ce contexte concernent en grande majorité les conducteurs de deux-roues, et la manœuvre de l'autre véhicule en question consiste essentiellement en un changement de direction qui l'amène à leur couper la voie. Une nouvelle fois, le regroupement spécifique des deux-roues sous ce type d'erreur peut se justifier par le gabarit et/ou le comportement de ces véhicules qui ne sont généralement pas perçus par l'autre au moment où il décide d'engager sa manœuvre.
- On retrouve par ailleurs les défaillances P2 (saisie d'information focalisée) qui sont, rappelons le, les erreurs les plus fréquentes constatées dans l'échantillon urbain. Notons que l'apparition de ce type d'erreur dans les situations de rencontre d'un "refus de priorité" concerne aussi essentiellement les conducteurs de deux-roues, alors que c'est dans les situations de cisaillement de flux qu'elles ont été identifiées chez les automobilistes. Pour les usagers de deux-roues, la focalisation inadaptée de la recherche d'information semble donc n'être pas sans connexion avec un excès de confiance dans le statut prioritaire (Van Elslande, 2003b).

➤ Circulation en section courante

Les difficultés liées à ce domaine de tâche sont associées à un éventail relativement large de défaillances. Les associations les plus fortes concernent :

- Les défaillances globales relatives à l'état psychophysiologique du conducteur, notamment lié à l'absorption massive de psychotropes (G2), se manifestent quasi exclusivement dans cette gamme de tâche.
- Les problèmes d'accès à l'information (P1) prennent une part non négligeable dans les difficultés liées à la circulation en section courante.
- Les défaillances liées à une négligence de la recherche d'information (P5) participent aussi fortement à cette classe. On note par ailleurs que chez les automobilistes ces erreurs se manifestent soit pendant l'exécution d'une tâche de guidage, soit pendant qu'ils interagissent avec un véhicule non prioritaire. Pour les deux-roues par contre, ces défaillances ne sont identifiées que pendant la réalisation d'une tâche de guidage, attestant d'une plus grande sensibilité du pilotage de ce type de véhicules aux déficits attentionnels.
- Les défaillances d'évaluation des difficultés relatives à l'infrastructure (T1) se matérialisent unanimement pendant les tâches de guidage chez les automobilistes, et se répartissent sur de plus larges ensembles de situations chez les conducteurs de deux-roues.
- Les défaillances de type "interruption de la saisie d'information pour la mise en œuvre d'une activité annexe" (P4) connaissent une occurrence importante dans les situations de guidage du véhicule, et ceci pour les automobilistes comme pour les conducteurs de deux-roues.
- Les défaillances liées à la rencontre d'un problème de contrôlabilité du véhicule se produisent essentiellement dans ces tâches de guidage.

➤ Manœuvres spécifiques

Cette catégorie est la moins représentée des quatre, tous usagers confondus. Cependant, comme pour les autres catégories de situations de conduite, l'engagement d'une manœuvre spécifique semble entretenir des relations privilégiées avec certaines défaillances fonctionnelles.

- Ainsi la décision d'engager une manœuvre à un moment donné repose bien souvent sur une violation délibérée des règles de sécurité (défaillances D2) liée à diverses motivations de l'utilisateur, ou sur un déclenchement hasardeux lié à un effet d'entraînement (défaillances D3). Une grande part des piétons est regroupée dans cette catégorie, leur principale situation d'interaction avec les autres usagers étant la traversée de chaussée hors intersection.

- C'est à cette dernière population que sont majoritairement rattachées les défaillances perceptives P2 (focalisation de la recherche d'information) et P3 (prise sommaire et/ou rapide de l'information) dans cette classe d'activité. Les problèmes d'accès à la visibilité (P1) y contribuent également. L'issue générale en est l'engagement d'une traversée de chaussée par le piéton sans jamais avoir détecté le véhicule interférent.
- Des erreurs de compréhension de la manœuvre d'autrui (T4) contribue également aux problèmes identifiés dans ce domaine de tâche, pour l'ensemble des conducteurs. Il s'ensuit l'engagement d'une manœuvre incompatible avec celle d'autrui (par exemple le dépassement d'un véhicule qui tourne).

Tâches de conduite et types d'usagers

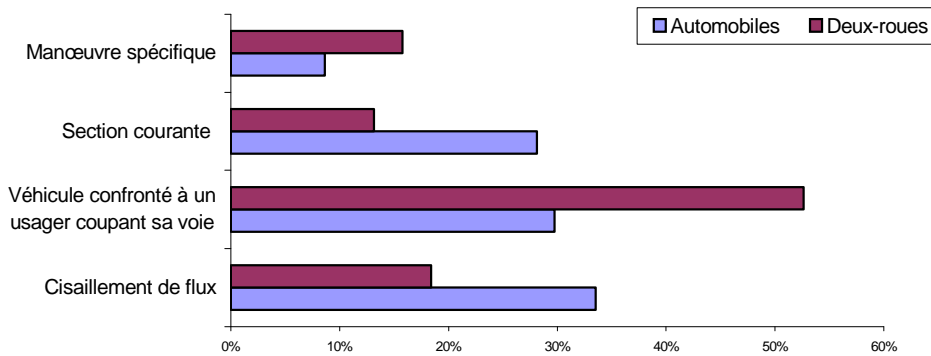


Figure 43. Répartition des tâches de défaillances en fonction des principaux modes de déplacement

On aura pu noter ci-dessus que les automobilistes et les conducteurs de deux-roues n'entretenaient pas toujours les mêmes logiques d'inscription de leurs défaillances selon les situations de conduite. Une comparaison systématique permet en effet de vérifier une différence nettement significative entre ces deux populations ($X^2 = 20.6, p < .0001$) du point de vue des tâches de conduite dans lesquelles ils rencontrent le plus de difficultés (Figure 43). On peut ainsi constater que les automobilistes sont impliqués de façon relativement équilibrée dans les tâches de cisaillement de flux, de confrontation à un usager leur coupant la voie, et de section courante. Les défaillances fonctionnelles des deux-roues se retrouvent plus souvent lors de la rencontre d'un usager qui leur coupe la voie et durant la réalisation de manœuvres spécifiques. Les caractéristiques de conduite de ces véhicules les rendent donc plus sensibles à certaines gammes de situations.

3.2.3. Défaillances urbaines et type de voirie

Les différentes catégories de voiries sur lesquelles les accidents se sont produits en ville ont été étudiées de façon à vérifier un lien éventuel entre le type d'axe de déplacement et les types d'erreurs qui s'y produisent. A titre exploratoire, nous aurons recours à un support cartographique pour en rendre compte.

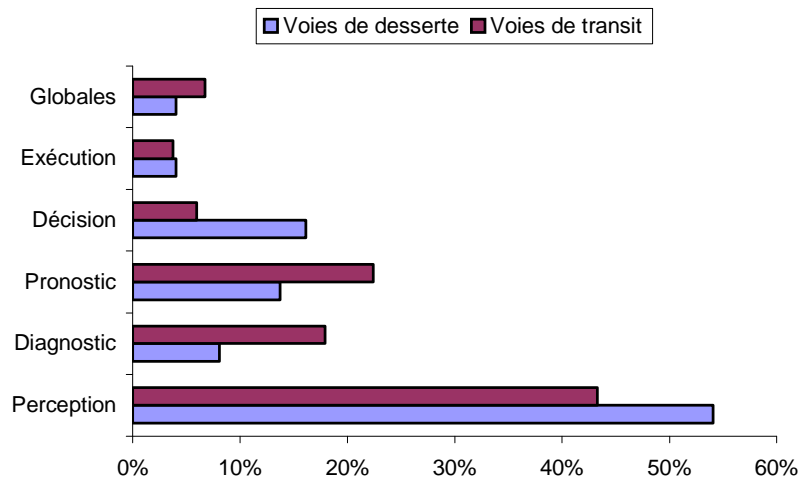


Figure 44. Répartition des catégories de défaillances selon le type de voirie

Suite à un regroupement des variables codées dans les dossiers EDA, on distinguera globalement les voies de desserte (comprenant notamment les cités, immeubles, le centre-ville, les zones d'activités, etc.) et les voies de transit correspondant aux grands axes artériels.

Le croisement de ces deux catégories de réseaux avec les catégories de défaillances identifiées en ville manifeste que les erreurs commises par les conducteurs ne sont pas identiques d'un type de voirie à l'autre ($X^2 = 14.36, p < .02$). Il ressort ainsi que les accidents localisés sur les voies de desserte mettent majoritairement en jeu des défaillances de perception et de décision, lorsque les défaillances de diagnostic et de pronostic sont plus souvent identifiées sur les axes de transit (Figure 44). On notera d'ailleurs la similitude de cette figure avec celle qui opposait, dans la section 3.1., les accidents urbains des accidents de rase campagne. Il semble ainsi que les erreurs urbaines soient d'autant plus caractéristiques de la ville qu'elles se produisent sur des voies de desserte, les problèmes urbains qui interviennent sur voies de transit se rapprochant quant à eux plus des accidents de rase campagne. Une particularité ressort cependant par rapport à ce dernier graphique, concernant la proportion importante des défaillances décisionnelles sur les voies de desserte. Ce point est repris ci-après, dans la décomposition analytique des types d'erreurs produites selon les axes empruntés.

Notons au préalable que les différentes catégories de véhicules accidentés (VL, PL et deux-roues) se répartissent de façon très homogène ($X^2 = 0.05, p > .97$) selon le type de voirie. Ces résultats indiquent donc que les accidents ont lieu sans distinction de lieu et d'usager, et que la probabilité de telle ou telle catégorie d'usagers d'avoir un accident n'est globalement pas conditionnée par le type de voie qu'ils empruntent.

Un regard plus analytique porté sur les types de défaillances permet de constater que les différentes erreurs commises par ces conducteurs se répartissent de façon bien distincte selon le type de réseau que l'on considère (Figure 45).

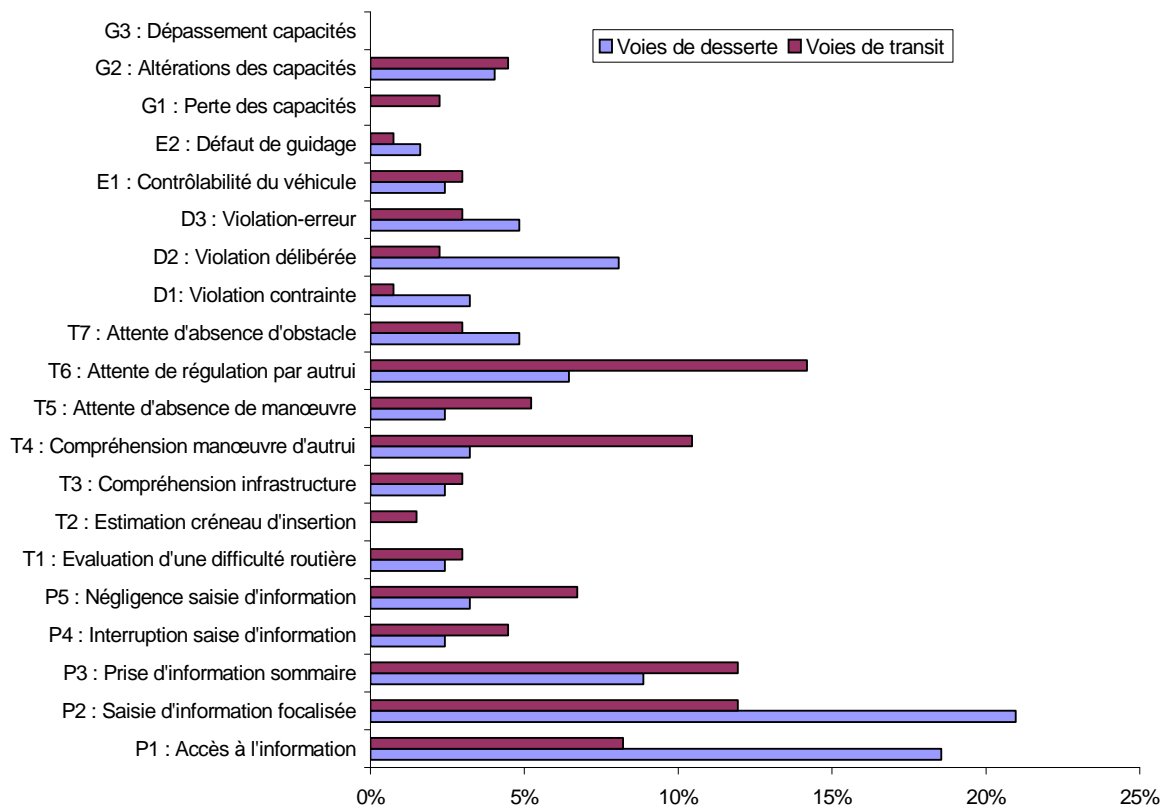


Figure 45. Répartition des types de défaillances selon le type de voirie

Ainsi, au niveau perceptif, les défaillances P1 sont en majorité repérées sur les voies de desserte, aussi bien chez les automobilistes que chez les conducteurs de deux-roues. Ce constat peut s'expliquer par les caractéristiques des voiries de petites tailles (bâties implantés au ras des chaussées, voies bordées de places de stationnement ou de rangées d'arbres, etc.), autant d'éléments pouvant constituer des masques à la visibilité. Les défaillances P2 également sont majoritairement identifiées sur les voies de desserte (sauf pour les deux-roues),

ce qui s'explique par la multiplication des interactions qu'on y rencontre. Il faut toutefois souligner que, plus encore que les types de voiries, ce sont surtout les situations de traversée d'intersections qui sont caractéristiques de ces défaillances. Les défaillances P3 sont localisées de façon sensiblement égale sur les différents types de voies, et ce de façon similaire pour toutes les catégories d'usagers. Pour les défaillances P4, le détournement de l'attention vers une tâche annexe se produit plutôt sur les grands axes. De même, la défaillance P5 est très fortement marquée sur les axes de transit. La négligence des exigences de recherche d'information est ainsi encouragée par la circulation sur de grands axes à caractère prioritaire.

Au niveau du diagnostic, les tendances les plus marquées concernent les défaillances T4, qui sont tout particulièrement représentées sur les voies de transit. Plusieurs explications concourent à cette localisation des difficultés de compréhension de la manœuvre d'un autre usager : le statut prioritaire qui amène certains conducteurs à effectuer des manœuvres de changement de direction sans prévenir ou trop tardivement, les manœuvres intempestives liées à des problèmes d'itinéraire pour certains usagers non familiers qui circulent sur ces axes. Rappelons par ailleurs que cette défaillance T4 intéresse tout particulièrement les conducteurs de deux-roues qui se retrouvent confrontés à des usagers engageant leur manœuvre sans les avoir détectés.

Au niveau des attentes, la défaillance T5 est majoritairement identifiée sur les voies de transit chez les automobilistes, et exclusivement chez les conducteurs de deux-roues. Il est logique que ce soit les usagers roulant sur les axes les plus importants qui se fassent surprendre par la manœuvre d'autrui, notamment par des refus de priorité. La défaillance T6 se répartit un peu comme la défaillance T4 : elle concerne surtout les deux-roues et se manifeste majoritairement sur les voies de transit, en lien notamment là encore avec le fait que ce sont des axes plus souvent prioritaires au niveau des intersections. C'est la défaillance la plus fortement représentée sur les voies de transit. Au contraire des deux autres, la défaillance T7 apparaît plutôt sur des axes de desserte, notamment pour les automobilistes. Ce constat peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit de conducteurs très habitués des lieux, qui n'envisagent pas la rencontre avec un autre usager tout simplement parce que cet événement ne leur est jamais arrivé auparavant...

Au niveau décisionnel, c'est la défaillance D2 (violation délibérée) qui se démarque le plus. Elle a lieu quasi exclusivement sur les voies de desserte, et concerne fortement les usagers de deux-roues (majoritairement cyclistes et cyclomotoristes) qui ne respectent pas les règles de sécurité lors de l'engagement d'une manœuvre.

Les défaillances d'exécution sont faiblement corrélées avec le type de réseau.

Les défaillances globales sont un peu plus souvent localisées sur les axes de transit. Par ailleurs, la cartographie montre que ces accidents ont lieu dans des zones considérées comme urbaines (dans la mesure où elles sont comprises entre les panneaux d'entrée et de sortie des agglomérations) mais qui sont en réalité des nationales ou des départementales roulanges, et dans tous les cas des axes prioritaires autorisant des vitesses élevées.

Répartition cartographique des défaillances urbaines

L'objet de cette dernière section est d'exposer à l'aide de l'outil cartographiques certains des résultats présentés précédemment. La sélection des cas présentés est conditionnée par la répartition des effectifs, l'analyse en terme de défaillances ayant pour conséquence la "ventilation" de celles-ci en une multitude de sous groupes. Ainsi les différents types d'erreur ne concernent parfois qu'un petit nombre de conducteurs et cet effectif n'est pas toujours suffisant pour dégager de la cartographie une information visuelle intelligible.

Aussi, nous sommes-nous cantonnés d'une part, à la présentation générale du secteur étudié (Figures 46 à 50), utile pour visualiser la répartition globale des cas d'accidents selon les agglomérations, et d'autre part, à la localisation des défaillances caractéristiques des pertes de contrôle véhicule seul et des problèmes de compréhension/attente de la manœuvre d'autrui. Ces deux aspects de la conduite présentent la particularité de regrouper plusieurs types de défaillances, ce qui permet de constituer pour chacun d'eux un échantillon suffisamment important pour être exploitable du point de vue de l'analyse de leurs liens topologiques.

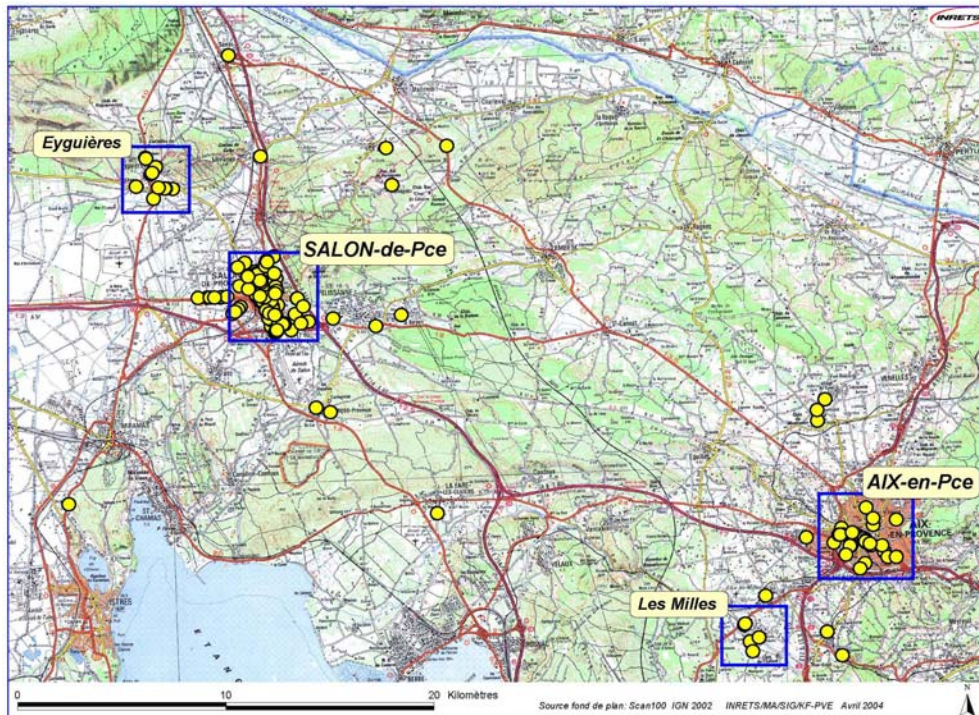


Figure 46. Répartition des accidents urbains étudiés

La figure 46 regroupe la totalité des accidents urbains analysés dans ce rapport ($n = 168$). La majorité d'entre eux sont localisés sur les deux agglomérations de Salon-de-Provence (Figure 47) et d'Aix-en-Provence (Figure 48). Les autres se répartissent sur les plus petites agglomérations correspondant au périmètre d'intervention des équipes EDA, et notamment la ville d'Eyguières (Figure 49) et sur la zone industrielle d'Aix-Les Milles (Figure 50). Les périmètres encadrés, qui rendent compte des zones d'accumulation les plus importantes, sont développés dans les figures suivantes.

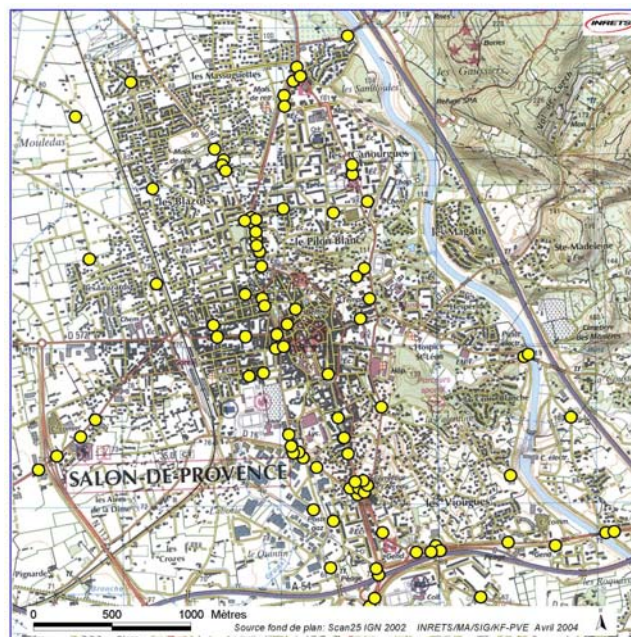


Figure 47. Répartition des accidents urbains étudiés à Salon-de-Provence (97 accidents, 182 impliqués)

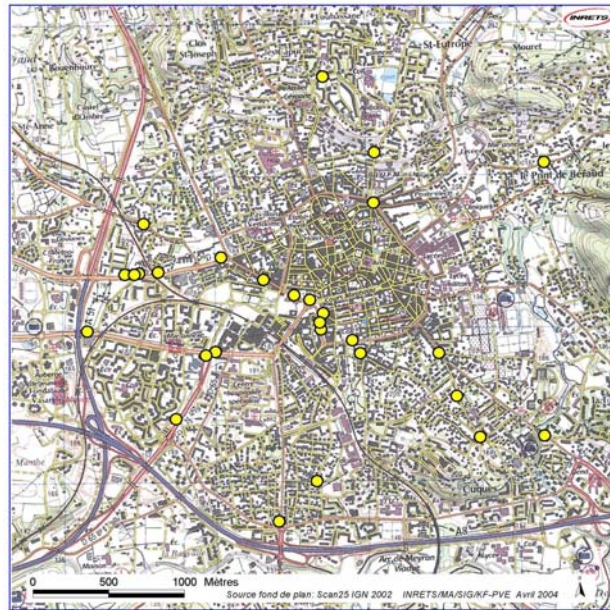
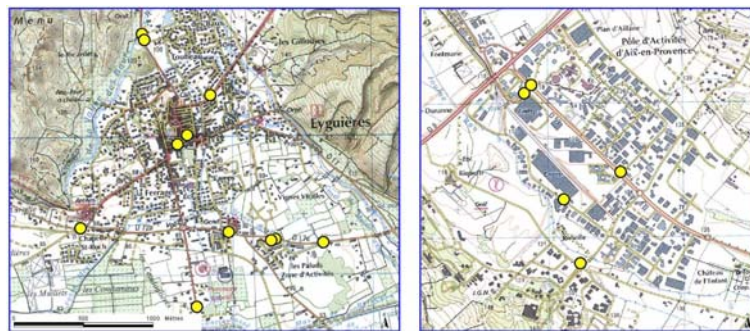


Figure 48. Répartition des accidents étudiés à Aix-en-Provence (28 accidents, 51 impliqués)



Figures 49 et 50. Répartition des accidents étudiés à Eyguières (11 accidents, 19 impliqués) et Aix-Les-Milles (5 accidents, 8 impliqués)

Répartition cartographique des accidents en perte de contrôle

Les points isolés (hors cadres) sur la figure 45 illustrent certains des phénomènes de perte de contrôle ($n = 28$), et en l'occurrence ceux qui ont lieu sur des portions de routes de rase campagne qui sont cependant comprises entre les panneaux d'entrée et de sortie d'agglomérations. Mais si les problèmes de guidage du véhicule sont classiquement caractéristiques de la conduite en rase campagne, ces comportements sont également localisés sur les axes de transition entre les zones urbaines et non urbaines (Figure 51).

Les défaillances généralement sous-jacentes aux pertes de contrôle sont celles qui traduisent :

- Non seulement un problème de guidage (dû à des perturbations externes dans le cas des défaillances E1, ou à un déficit attentionnel lorsqu'il s'agit de la défaillance E2),
- Mais aussi une mauvaise évaluation d'une difficulté relative à l'infrastructure (défaillance T1),
- Et enfin, l'ensemble des pertes de capacité psychophysiologique (G1 : endormissement, malaise et G2 : intoxication diverse entraînant l'altération des capacités sensori-motrices et cognitives).

Précisons que le critère qui permet de rapprocher ces différents types ou catégories d'erreurs est dans ce cas bien précis la conséquence du dysfonctionnement en question, à savoir la perte de contrôle du véhicule.

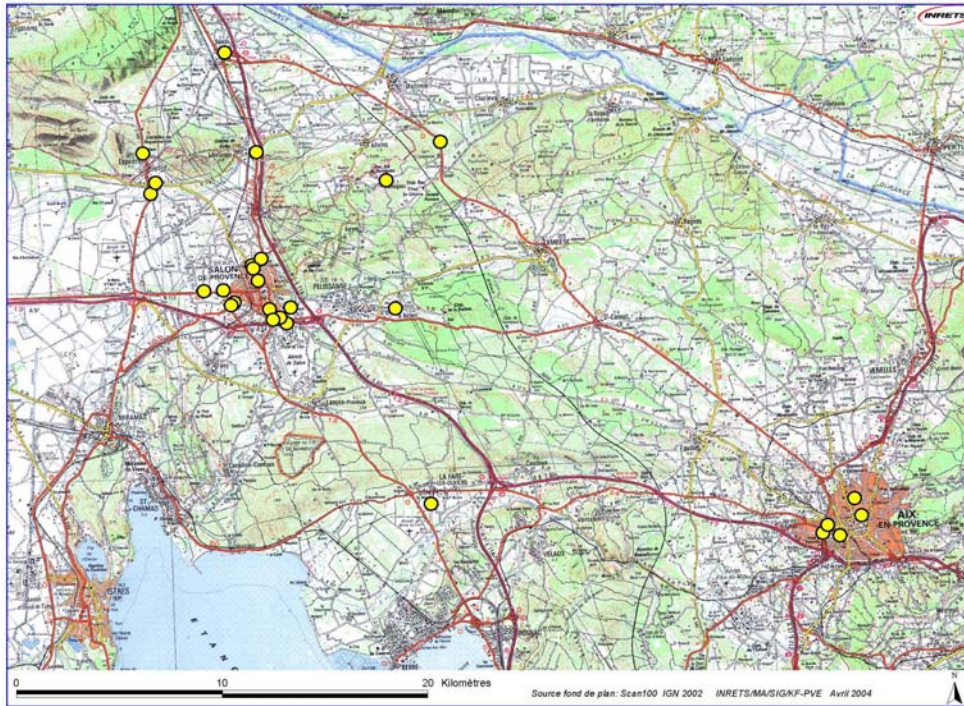


Figure 51. Répartition des accidents de type "perte de contrôle dynamique du véhicule"

Répartition cartographique des accidents liés à la compréhension/anticipation de manoeuvre

A l'instar des défauts de guidage, les problèmes liés à la compréhension et à la prévision de la manoeuvre réalisée par un autre usager recouvrent plusieurs défaillances. Ils se rassemblent, non plus par le dénouement d'une chaîne de dysfonctionnements, mais par la logique qui réunit ces défaillances, c'est-à-dire les mécanismes mêmes qui déterminent l'erreur.

Aussi, les défaillances T4 (mauvaise compréhension de la manoeuvre d'autrui), T5 (attente d'absence de manoeuvre de la part d'autrui) et T6 (attente de régulation active de la part d'autrui) ont en commun les éléments explicatifs prépondérants dans l'apparition de la défaillance : manoeuvre d'autrui atypique, attachement rigide au statut prioritaire et absence d'indices annonciateurs d'une manoeuvre de la part d'autrui. La localisation de ces trois types de défaillances sur la ville de Salon-de-Provence¹ est présentée sur les figures 52 et 53. La première propose une répartition de ces erreurs sur un plan où sont représentés, en plus des axes routiers, les différents éléments du bâti. La figure 53, qui ne retrace que la trame des voiries, permet de faire ressortir les régularités spatiales dans la répartition de ce type d'accident par opposition aux autres. En contrastant les axes définis comme principaux (voies d'entrée et de sortie de l'agglomération, et voies de contournement), il ressort ainsi clairement que les problèmes liés à la compréhension et à l'attente de la manoeuvre d'autrui se matérialisent quasi unanimement sur ce réseau principal.

¹ Les effectifs sont trop faibles pour rendre compte de ces phénomènes dans les autres villes.

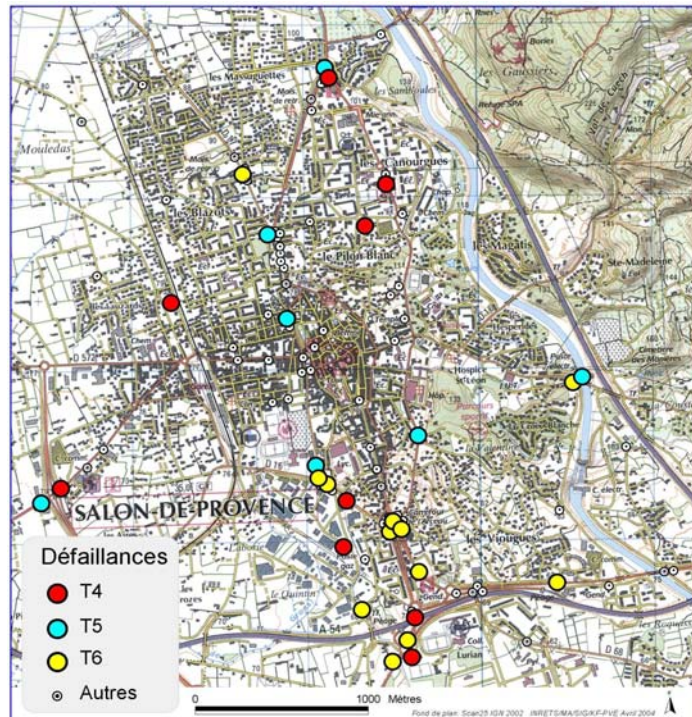


Figure 52. Répartition des accidents liés à la compréhension/anticipation de manoeuvre

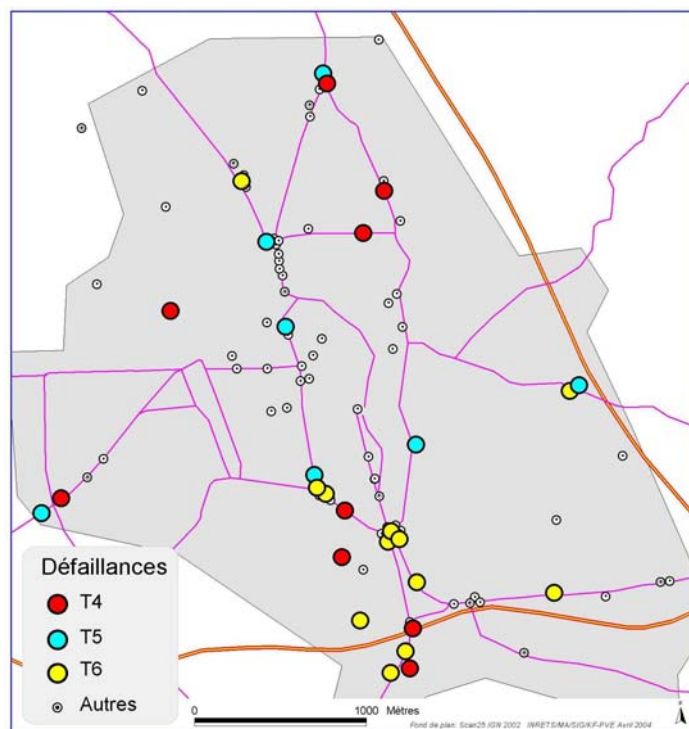


Figure 53. Répartition schématique des accidents liés à la compréhension/anticipation de manoeuvre

Il ressort donc un certain lien entre les types d'erreurs et leur répartition topologique dans la ville, comme on a pu le voir pour les problèmes de perte de contrôle et d'interaction avec la manoeuvre d'un autre usager. Toutefois, en rendre compte de manière fine demande l'exploitation d'un échantillon important d'accidents. Cette analyse exploratoire par la cartographie laisse ainsi présager de l'intérêt d'une étude à plus grande échelle des relations qui s'instaurent entre erreurs et lieux d'occurrence, notamment par l'exploitation systématique des procédures de police.

4. Discussion

Pas plus que le système de circulation dans son ensemble, la ville n'a-t-elle été conçue dans un objectif premier de sécurité routière. Depuis quelques décennies toutefois, la sécurité est devenue un des soucis croissants de l'aménageur. Mais c'est essentiellement dans une perspective de qualité urbaine que les actions sur l'environnement ont progressivement intégré les usages de la ville et les caractéristiques de fonctionnement de ses usagers, de façon à y adapter ergonomiquement l'infrastructure des déplacements. Bien sûr, l'aménagement n'est pas la cause de tous les accidents. Mais les problèmes qui le caractérisent parfois correspondent à ces "défaillances latentes" (du système) dont Reason (1993) rappelle à la fois l'importance et le risque de les négliger au profit d'un regard porté aux seules "défaillances actives" (celles de l'usager) qui en sont parfois, ne serait-ce qu'en partie, la conséquence. L'aménagement constitue le support physique des déplacements et il induit une "grille de lecture" des événements susceptibles d'y être rencontrés. En tant que support physique, l'infrastructure va plus ou moins directement favoriser certains comportements et en entraver d'autres, que ce soit en termes de vitesse ou de manœuvres. Ces comportements suscités pourront ainsi aller dans le sens de la sécurité comme de l'insécurité, ce qui souligne l'importance d'un équipement conçu dans l'objectif avéré, motivé et documenté de promouvoir certaines pratiques et d'en dissuader les plus indésirables. Du point de vue de la lecture des événements, les paramètres d'environnement vont également avoir une influence sur la façon dont les usagers vont anticiper, détecter et comprendre les informations utiles à une gestion adaptée de leurs déplacements. C'est à ce titre que la notion de "lisibilité" des espaces est essentielle à intégrer dans les aménagements, selon les trois principes qu'une telle notion sous-tend : améliorer la visibilité réciproque des différents usagers, l'intelligibilité des situations d'interactions qu'ils rencontrent, et la prévisibilité de celles qu'ils vont rencontrer.

L'objectif de cette analyse sous l'angle de l'impact des paramètres d'aménagement urbain sur les erreurs des usagers de la ville n'est pas de "déculpabiliser" les auteurs d'accidents. Il est bien évidemment de la responsabilité du conducteur de ne pas mettre la vie d'autrui en danger par des actes délictueux et un comportement dangereux. Mais, il est également de la responsabilité des concepteurs, constructeurs et gestionnaires d'un système de faire en sorte que ce système favorise un comportement adapté de la part de ses utilisateurs, les protège efficacement, et ne les pousse pas à la faute. L'accident est par définition un événement qui n'est pas recherché, et les accidentés ne sont pas tous des chauffards qui prennent la route pour une arène ou une piste de cascade. En tant que phénomène multicausal, l'accident va le plus souvent s'expliquer par des combinaisons de facteurs qui intéressent les différents composants du système, ainsi que par les interactions qu'ils entretiennent. Certains de ces facteurs ont une influence directe sur la dégradation des situations, d'autres jouent plus indirectement, mais aucuns ne sont à négliger. Comme les autres ordres de facteurs, les paramètres d'aménagement interviennent sur ces deux plans de l'accidentalité.

L'étude détaillée d'un échantillon d'accidents urbain en confrontation avec un échantillon de référence extra urbain, fait ressortir la prédominance de certains types d'erreurs, celles notamment qui correspondent aux différents processus impliqués dans la recherche d'information, mais également certaines erreurs liées à la compréhension et à l'anticipation des événements. Une telle prépondérance atteste globalement d'une spécificité des erreurs auxquelles les usagers de la ville sont sujets, et corrobore l'hypothèse d'une relation déterminante (directe ou indirecte) entre les exigences et les contraintes caractéristiques de la conduite urbaine, et la nature de l'accidentalité que l'on observe en ville.

Trois mécanismes majeurs sous-tendent les problèmes perceptifs identifiés. Le premier rend compte d'une *difficulté de répartition des ressources attentionnelles* des usagers sur les différentes sources d'information qui s'offrent à eux en concurrence. L'inflation des stimuli, la multiplication des éventualités, la profusion des variables à intégrer, la diversification des situations d'interaction que l'on peut rencontrer en ville tendent à générer une recherche d'information focalisée sur une composante partielle de la situation, au détriment de la détection d'un élément potentiellement accidentogène. Une telle problématique mérite ainsi l'attention de l'aménageur et du gestionnaire, dans une optique de simplification des interactions et d'une meilleure clarté des informations essentielles. Le second problème correspond à la *non détection d'un élément crucial de la scène en raison d'une gêne à la visibilité* générée par le bâti ou par les autres véhicules en mouvement ou en stationnement. L'accès à l'information ressort donc comme un des problèmes-clés de la conduite urbaine, et l'aménagement de la circulation en ville devrait mieux le promouvoir, que ce soit du point de vue du mobilier urbain, du bâti, de la signalisation, des panneaux d'information, publicitaires, etc. Une troisième défaillance qui ressort typiquement en ville réside en la *mise en œuvre d'une stratégie de recherche d'information sommaire*

et/ou précipitée. Que ce soit en liaison avec le caractère routinier d'une manœuvre ou avec la rencontre d'une pression situationnelle, cette défaillance dans l'organisation de la recherche d'information se caractérise par le fait que les usagers restreignent au minimum le temps et l'attention consacrés à cette activité. La surreprésentation d'une telle défaillance pourrait encore une fois découler des caractéristiques de la conduite urbaine, notamment du point de vue de la fréquence des manœuvres en interaction avec le trafic et des exigences temporelles et dynamiques liées à la gestion des recherches d'information sur les différentes sources. Ces éléments sont associés souvent à une pratique routinière de la manœuvre réalisée et à la plus faible attention qui est accordée à sa réalisation, qui rend souvent les conducteurs sensibles à un "effet d'entraînement". L'impatience contribue également à cette défaillance, provenant d'une incompatibilité entre une contrainte de temps subjective et les contraintes liées au trafic. Un remède à cet ensemble de défaillances "perceptives" consisterait à améliorer la visibilité, la saillance et la clarté des informations utiles, tout en adaptant les vitesses aux situations.

L'examen des erreurs de diagnostic produites par les usagers de la ville révèle d'une part, des *difficultés de compréhension du fonctionnement de certains sites* aux aménagements trop complexes, atypiques, peu lisibles, qui induisent en erreur les usagers non locaux, d'autre part, des *erreurs de compréhension du comportement des autres usagers* : manœuvres spécifiques, inattendues, mal indiquées. Des gênes à la visibilité y contribuent, par manque d'indices sur le motif du comportement d'autrui. L'aménagement devrait améliorer la compréhension de l'infrastructure, et plus indirectement faciliter la compréhension des manœuvres en limitant leur éventail des possibles et en les rendant structurellement plus sûres (cas notamment des procédures de stationnement).

Les défaillances de pronostic ne sont pas spécifiques à l'urbain mais s'y inscrivent particulièrement du fait de la fréquence des interactions auxquelles on y est confronté. Elles trouvent majoritairement leur source dans l'articulation de deux facteurs : le sentiment prioritaire qui induit des attentes trop confortées et l'engagement inopiné d'une manœuvre atypique d'un autre usager. La population des deux-roues est particulièrement sujette à ce type d'erreur. Pour contrecarrer ces problèmes, les mesures auront indirectement pour objet de favoriser des vitesses modérées, de promouvoir une meilleure visibilité, et une tempérance du sentiment prioritaire suscité par l'aménagement.

Les défaillances décisionnelles se particularisent également dans la conduite urbaine par les éléments qui y contribuent : gênes à la visibilité et/ou à la progression qui poussent à la réalisation de manœuvres risquées, densité du trafic qui incite à la prise de décision rapide, au détriment des précautions nécessaires à leur mise en oeuvre, banalisation des situations et trop faible attention portée à leur analyse. Les deux-roues y sont particulièrement enclins à la violation délibérée (manœuvres atypiques, illégales, négligence des règles de sécurité).

L'analyse étiologique de ces erreurs urbaines fait globalement ressortir le rôle prédominant de la combinaison de paramètres liés aux conditions internes de conduite (caractérisant l'utilisateur), aux conditions externes de circulation (caractérisant le trafic), et aux caractéristiques d'aménagement. Ces dernières sont notamment identifiées en tant qu'élément contributif à plus de 45 % des accidents étudiés en ville, par suite des problèmes d'accès à la visibilité qu'elles engendrent, du caractère atypique et peu lisible de certains équipements, de la complexité de certaines intersections, de l'ambiguïté de la signalisation, de l'incitation à la vitesse, etc. Il faut rappeler en outre que les données d'étude détaillées d'accidents ont pour objectif d'identifier les éléments qui interviennent plus ou moins directement sur l'accident. D'autres éléments interviennent plus indirectement en amont de la situation accidentelle dans la mesure où ils définissent le contexte d'approche de l'interaction. Par ses différentes caractéristiques, son organisation, sa structure, les trafics qu'il supporte, l'aménagement urbain influence les pratiques de circulation en ville. Tous ces éléments, directs et indirects, sont donc à considérer dans un souci de "prévention primaire", visant à traiter les problèmes en amont de leur production.

Les actions en direction de l'aménagement urbain, telles qu'on peut les déduire de ces difficultés accidentogènes rencontrées par les différents usagers de la ville, devraient notamment consister à :

- Favoriser globalement une meilleure visibilité réciproque des différents types d'usagers susceptibles d'entrer en interaction,
- Instaurer une meilleure lisibilité des informations, notamment des informations directionnelles (par l'aménagement autant que par la signalisation),
- Promouvoir une intelligibilité des équipements et des itinéraires de façon à ne pas surprendre les usagers, et favoriser la prévisibilité des événements qui s'y déroulent,
- Faciliter la compréhension des manœuvres en limitant le nombre de leurs possibilités,
- Rendre les manœuvres structurellement plus sûres (cas notamment des procédures de stationnement),
- Susciter une tempérance du sentiment prioritaire induit par l'aménagement,

- Induire des vitesses de trafic modérées de manière à générer une meilleure analyse des situations (donner du temps à la complexité).

Mais plus globalement, l'aménagement urbain se doit de respecter l'ensemble des principes que la littérature du domaine a mis en évidence au terme de nombreux travaux de recherche. On rappellera ainsi les principes déjà évoqués (Fleury, 1998) : de cohérence à respecter entre la fonction d'un aménagement et les attentes qu'il va générer chez le conducteur ; d'homogénéité dans les équipements, au sens où ils doivent concourir aux mêmes objectifs quel que soit leur emplacement ; d'univocité, de façon à ce que les interprétations qui découlent de la perception d'un aménagement ne puissent pas être ambiguës ; de prise en compte de l'enchaînement dynamique : la succession des dispositifs ne doit pas mettre l'utilisateur en difficulté, au niveau de l'exécution de sa tâche de conduite, sachant que celle-ci est contrainte par des caractéristiques temporelles et dynamiques ; de traitement des transitions, de sorte que le passage d'un environnement urbain à un autre s'effectue sans difficulté pour l'utilisateur et pour sa sécurité.

5. Références

- Alexander, G.J., Lunenfeld, H. (1986). *Driver expectancy in highway design and traffic operations*. Report FHWA-TO-86-1. Washington: Federal Highway Administration.
- Alphand, F. (1991). Hiérarchisation fonctionnelle des voies. Note du groupe de travail Hiérarchies Urbaines, CETUR.
- Amalberti, R. (2001). La maîtrise des situations dynamiques. In J.M Cellier & J.M. Hoc (Eds), *La gestion d'environnements dynamiques*. *Psychologie Française*, 46(2), 107-118.
- Brenac, T. (2004). Insécurité routière : un point de vue critique sur les stratégies de prévention. *Espaces et Sociétés*, numéro spécial "La sécurité routière : science, technique et société" (à paraître).
- Brenac, T., Nachtergaele, C, Reigner, H. (2003). *Scénarios types d'accidents impliquant des piétons et éléments pour leur prévention*. Rapport de recherche n° 256. Arcueil : INRETS.
- Buchanan, C. (1964). *Traffic in towns*. Baltimore: Penguin Book.
- Carpenter, P.A., Just, M.A. (1983). What your eyes do while your mind is reading. In K. Rayner (Ed), *Eye movements in reading*. New York: Academic Press.
- CERTU (1994). *Villes plus sûres, quartiers sans accidents : réalisations, évaluations*. Lyon : CERTU.
- CETUR (1991). *Cartographie*. Actes de la journée du 26 janvier 1990 : Déplacements, n° 5.
- CERTU (2000). *Indicateurs de sécurité routière en milieu urbain en 1999*. Lyon : CERTU.
- CETUR (1990). *Villes plus sûres, quartiers sans accidents : savoir-faire et techniques*. Bagneux : CETUR.
- Dubois, D. (1991). Sciences cognitives et ergonomie : Effet de mode, enrichissement réciproque ou normalisation ? *Le Travail humain*, 54 (4), 351-357.
- Ferrandez, F. (Ed.) (1995). *L'étude détaillée d'accidents orientée vers la sécurité primaire : méthodologie de recueil et d'analyse*. Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
- Ferrandez, F., Fleury, D., Malaterre, G. (1986). L'étude détaillée d'accidents (EDA), une nouvelle orientation de la recherche en sécurité routière. *Recherche Transports Sécurité*, 9-10, 7-33.
- Fleury, D. (1998). *Sécurité et urbanisme ; la prise en compte de la sécurité routière dans l'aménagement urbain*. Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
- Fleury, D. (2002). Questions de recherche pour une intégration de la sécurité routière en ville. Le projet SEGUR. In FLEURY D. (Ed.), *Gestion Urbaine, Sécurité Routière et Environnement. Actes des séminaires du projet SEGUR 2001-2002*, Actes INRETS n° 86. Arcueil : INRETS.
- Fleury, D. (2004). Intégration de la sécurité routière dans la gestion des territoires. *Espaces et Sociétés*, numéro spécial "La sécurité routière : science, technique et société" (à paraître).
- Fleury, D., Brenac, T. (2001). Accident prototypical scenarios, a tool for road safety research and diagnostic studies. *Accident Analysis and Prevention*, 33, 267-276.
- Fleury, D., Fontaine, H., Malaterre, G. Peytavin, J-F. (1985). *Recherche de la sécurité des petites agglomérations*. Cahier d'Etude de l'ONSER n° 63.
- Guilbot, M., Ferrant, V. (2004). *L'accident de la route : des responsabilités diffuses, un coupable identifié*. Communication au XXXIVème congrès français de criminologie, Agen 2004.
- Hollnagel, E. (1991). The phenotype of erroneous action: implication for HCI design. In G. Alty et R.S. Weir (Eds.), *Human computer interaction and complex systems*. London: Academic press.
- Jørgensen, N. O. (Ed.) (1992). Urban speed management: the state of the art. *Accident Analysis and Prevention*, 24 (1).
- Kjemtrup, K., Herrstedt, L. (1992). Speed management and traffic calming in urban areas in Europe: a historical view. *Accident Analysis and Prevention*, 24 (1), 57-65.
- Lechner, D. (1986). *La reconstitution cinématique des accidents*. Rapport de recherche INRETS n° 21.

- Le Corbusier (1957). *La charte d'Athènes*. Paris : Editions de Minuit.
- Leplat, J. (1999). Analyse cognitive de l'erreur. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 49(1), 31-41.
- Lynch, K. (1976). *L'image de la cité*. Paris : Dunod.
- Malaterre, G. (1987). *Les activités sous contrainte de temps : le cas des manœuvres d'urgence en conduite automobile*. Thèse pour le doctorat de 3ème cycle. Université de Paris V.
- Malaterre, G., Fontaine, H., Van Elslande, P. (1991). *Analyse des besoins des conducteurs à partir de procès-verbaux d'accidents : évaluation a priori des fonctions Prometheus*. Rapport de recherche INRETS n° 139. Arcueil : INRETS.
- Millot, M., (2003). Développement urbain et insécurité routière : l'influence complexe des formes urbaines. Thèse de Doctorat "Transport". Université de Provence Aix-Marseille III.
- Montel, M.-C., Nachtergaële, C., Michel J.-E., Brenac, T., Van Elslande, P. (2004). *Représentations de voiries urbaines par les conducteurs et attentes associées à différentes périodes de la journée*. Rapport de recherche INRETS. Arcueil : INRETS.
- Mundutéguy, C. (2001). *Reconnaissance d'intention et prédiction d'action pour la gestion des interactions en environnement dynamique*. Thèse, Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris.
- Neboit, M. (1974). *Rôle de l'anticipation perceptive dans la conduite automobile*. Cahier d'étude Onser n° 5. Arcueil : ONSER.
- Neboit, M. (1980). L'exploration visuelle dans l'apprentissage de tâches complexes : L'exemple de la conduite automobile. Thèse de doctorat. Université de Paris V.
- Neboit, M., Cuny, X., Fadier, E. (1990). Fiabilité humaine : présentation du domaine. In J. Leplat et G. de Terssac (Eds), *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*. Marseille : Octares.
- OCDE (1990). Gestion intégrée de la sécurité routière en zone urbaine. Paris : OCDE. 131 p.
- ONISR (2002). *La sécurité routière en France : bilan de l'année 2001*. Paris : La Documentation Française.
- Paul, S.T., Kellas, G., Martin, M., Clark, M.B. (1992). Influence of contextual features on the activation of ambiguous word meanings. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18(4), 703-717.
- Parker, D., Reason, J., Manstead, A., Stadling, S. (1995). Driving errors, driving violations and accident involvement. *Ergonomics*, 38(5), 1036-1048.
- Rasmussen, J. (1981). *Human Error. A taxonomy for describing human malfunction in industrial installation*. Riso National Laboratory, DK-4000 Roskilde, Riso-M-2304.
- Rasmussen, J. (1986). A framework for cognitive task analysis in systems design. In E. Hollnagel, G. Mancini, D.D. Woods, (Eds.), *Intelligent decision support in process environments*. Berlin : Springer Verlag.
- Reason, J. (1993). *L'erreur humaine* (J.M. Hoc, Trad.). Paris : Presses Universitaires de France. (Édition originale, 1990).
- Reason, J. (1995). A model of organizational accident causation. *Ergonomics*, 38(8), 1708-1721.
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., Cambell, K. (1990). Errors and violations on the road: a real distinction? *Ergonomics*, 33(10-11), 1315-1332.
- Reigner, H. (2004). La territorialisation de l'enjeu "sécurité routière" : vers un basculement de référentiel ? *Espaces et Sociétés*, numéro spécial "La sécurité routière : science, technique et société" (à paraître).
- Rosch, E. (1978). Human Categorization. In N. Warren (Ed.), *Advances in Cross Cultural Psychology*, vol. 1. Londres: Academic Press.
- Rosch, E., Mervis, C.B. (1975). Classification d'objet du monde réel : origines et représentations dans la cognition. In S. Ehrlich, E. Tulving (Eds.), La mémoire sémantique, *Bulletin de psychologie*, 242-250.
- Rumar, K., Wegman, F. (1999). *Vers le zéro accident ? L'exemple de la Suède et des Pays-Bas*. Actes du colloque "La prévention des accidents de la route est-elle affaire de culture, de formation ou de dissuasion ?". Paris : La Prévention Routière.
- Saad F. (1988). Prise de risque ou non perception du danger ? *Recherche Transports Sécurité* 18-19, 55-62.
- Van Elslande, P. (2000). *L'erreur humaine dans les scénarios d'accident : cause ou conséquence ? Recherche Transports Sécurité*, 66, 7-33.

- Van Elslande, P. (2003a). Erreurs de conduite et besoins d'aide : une approche accidentologique en ergonomie. *Le Travail Humain*, 66 (3), 197-226.
- Van Elslande, P. (2003b). *Scénarios d'accidents impliquant des deux-roues à moteur : une question d'interaction*. In J.M.C. Bastien (Ed.), *Actes des Deuxièmes Journées d'Étude en Psychologie Ergonomique - EPIQUE'2003* (Boulogne Billancourt, 2-3 octobre) (pp. 71-83), Rocquencourt : Inria.
- Van Elslande, P. (2003c). Les erreurs des "conducteurs âgés". *Recherche Transports Sécurité*, 81, 190-202. Numéro spécial "Conduite et vieillissement".
- Van Elslande, P., Alberton, L., Nachtergaële, C., Blancher, G. (1997). *Scénarios-types de production de "l'erreur humaine" dans l'accident de la route. Problématique et analyse quantitative*. Rapport de recherche n° 218. Arcueil : INRETS.
- Van Elslande, P., Alberton, L. (1998). L'accident de la route : chercher l'erreur. In J.G. Ganascia (Ed.), *Sécurité et cognition*. Paris : Hermès.