
Erreurs de conduite et besoins d'aide : une approche accidentologique

Pierre Van Elslande

INRETS-MA - Chemin de la Croix Blanche - 13300 Salon de Provence
elslande@inrets.fr

RÉSUMÉ

Ce texte présente un cadre d'analyse des "erreurs accidentelles", particularisé au domaine de la conduite automobile et à ses spécificités (complexité, dynamique, imprécision des normes, etc.). Ce cadre correspond d'une part à la définition d'une grille de lecture des "défaillances fonctionnelles" auxquelles sont confrontés les conducteurs ; il s'appuie d'autre part sur une description des mécanismes d'accidents sous la forme de "scénarios-types" qui visent à rendre compte de régularités dans les processus de production et les contextes générateurs de dysfonctionnements. L'intérêt d'une telle approche est débattu, du point de vue de l'enrichissement des connaissances qu'elle permet d'amener sur l'implication relative des différents processus à l'œuvre dans différentes situations (e.g. spécificité des scénarios d'erreurs impliquant des personnes âgées), ainsi que sous l'angle opérationnel de la définition de contre-mesures qu'elle autorise (aide à la conduite).

MOTS-CLÉS

Erreur humaine - Conduite automobile - Accident - Aide à la conduite - Cognition située

1 UNE CONDUITE PARMIS D'AUTRES

La conduite automobile est une activité qui a fait couler beaucoup d'encre. De nombreux modèles ont tenté d'en rendre compte, les uns recourant aux théories classiques de la psychologie du "traitement de l'information" pour appréhender l'activité de l'opérateur (modèles de fonctionnement du conducteur), les autres tentant de faire ressortir les spécificités de la tâche que ce conducteur a pour charge d'accomplir (modèles de la tâche de conduite). Malgré la simplicité apparente qui ressort du fonctionnement en grande partie automatisé des conducteurs, la plupart de ces modèles mettent l'accent sur la complexité inhérente à la réalisation de cette l'activité. Complexité, au sens où les situations qu'appréhende l'opérateur comportent de multiples variables en interaction, une dynamique temporelle, des objectifs peu clairs, parfois conflictuels, et dans certains cas un risque élevé (De Keyser, 1988).

De multiples variables en interaction

Comme le souligne Saad (1987), une composante de base du système routier consiste globalement en sa grande diversité, eu égard aux environnements traversés, aux véhicules rencontrés dont les caractéristiques dynamiques peuvent différer fortement, ainsi qu'aux opérateurs qui ont des degrés d'expérience et de familiarité à certains lieux très variables, ce qui implique des comportements différents. Cette diversité nécessite de la part des conducteurs des capacités d'adaptation hautement organisées permettant la sélection d'une réponse adaptée aux fluctuations des situations rencontrées.

Une dynamique temporelle

Le caractère essentiellement dynamique de la conduite impose des contraintes très fortes sur les modes de régulation opérés. Pour gérer une situation, même complexe, un conducteur ne disposera au mieux que de quelques secondes durant lesquelles il devra recueillir l'information pertinente, l'analyser de manière appropriée, opter pour la meilleure décision et mettre en œuvre les actions régulatrices adaptées. Ce faible décours temporel révèle la nécessité pour le conducteur de développer des procédures prévisionnelles lui permettant de mieux contrôler les situations. Toutes les étapes

fonctionnelles impliquées dans l'activité entretiennent un certain niveau de dépendance à cette fonction cognitive essentielle qu'est l'anticipation dans les situations dynamiques (Hoc, 1996). Les contraintes imposées au conducteur par la nature dynamique de la tâche impliquent par ailleurs que les problèmes rencontrés soient le plus souvent résolus à l'issue d'une activité de compréhension (de "re-connaissance") faisant correspondre le problème actuel à une catégorie de situation-problèmes dont les caractéristiques repérables, les évolutions possibles et les solutions trouvées ont été mémorisées (Van Elslande, 1992).

Des objectifs peu clairs et parfois conflictuels

A la différence de beaucoup d'activités de travail, même isomorphes comme le pilotage aérien ou maritime, la conduite d'une automobile est une activité relativement peu structurée (Saad, 1987) au sens d'une préorganisation normative des objectifs, des moyens et des procédures correspondant à ce que la psychologie du travail nomme la "tâche prescrite" (Leplat & Hoc, 1983). Cette faible structuration formelle implique la nécessité pour le conducteur d'élaborer individuellement, à mesure de son expérience, tout un ensemble de stratégies de traitement et d'habiletés procédurales résultant de l'intégration progressive, sous forme d'expertise, de modes de résolutions adaptés aux différentes conditions de réalisation de son activité. Par ailleurs, en termes de "tâche effective"¹, tout conducteur doit constamment opérer un compromis entre deux objectifs globaux souvent contradictoires : l'un correspondant à une exigence de rapidité qui conditionne fréquemment le recours à ce mode de déplacement (à la fois en termes de motivation et de contraintes situationnelles), l'autre à une exigence de sécurité nécessitant notamment des régulations de la vitesse désirée, celles-ci ne pouvant par ailleurs s'opérer que dans une certaine marge autorisée par le trafic environnant (Malaterre, 1987).

Dans certains cas un risque élevé

Cette notion de compromis se trouve bien illustrée par l'élaboration de modèles de type homéostatique montrant une fluctuation dans les niveaux de risque en fonction des objectifs et motivations des conducteurs (Wilde, 1988). Le risque est une composante inhérente à beaucoup de situations de conduite², et joue un rôle crucial dans la régulation de l'activité du conducteur (Saad, 1988). Les modèles développés autour de cette notion mettent en relation le risque "objectif" relatif à une situation donnée et le risque "subjectif" correspondant à l'évaluation du danger par un conducteur à un moment donné et découlant à la fois de données perceptives, cognitives et motivationnelles. La rencontre quotidienne de situations "à risques" implique une fois encore l'aspect primordial pour les conducteurs de l'élaboration de connaissances concernant les probabilités d'occurrence de certains événements, leur permettant notamment d'opérer les prévisions essentielles sur la survenue et le comportement des autres usagers.

En fonction de critères généraux tels que le caractère répandu, au sein de notre culture, de l'activité de conduite automobile dans les pratiques quotidiennes, l'aspect généralisé de la formation qui permet d'y accéder, l'absence de hiérarchisation des fonctions selon les opérateurs, etc., on peut développer l'argumentation suivant laquelle cette activité de conduite constitue un exemple type de *conduite* humaine située, dont l'analyse peut contribuer à enrichir la connaissance des modes de fonctionnement génériques de l'homme dans son milieu expérientiel. Les caractéristiques de cette tâche, notamment du point de vue des contraintes temporelles et dynamiques qui la sous-tendent, permettent en effet de mettre en valeur certaines difficultés spécifiques qui se posent à l'individu.

2 ERREURS ET VIOLATIONS

Les concepts d'*erreur* et plus récemment de *violation*, qui cherchent à rendre compte des différents niveaux d'implication de l'opérateur dans la dégradation des situations, font toujours débat.

¹ Au sens de Leplat & Hoc (1983), c'est-à-dire : le modèle interne qui guide effectivement et non pas normativement l'activité du sujet

² Ce dont atteste le nombre d'accidents mortels qui surviennent chaque année (ONSIR, 1998), en dépit des mesures mises en place par les différentes instances ayant en charge la sécurité routière.

2.1. Dans la littérature

Pour expliquer une catastrophe ou un accident, un poids important a longtemps été (et est encore souvent) attribué au "facteur humain", à "l'erreur humaine", regardés comme causes principales des dysfonctionnements (Amalberti, 2001). Les travaux réalisés en ergonomie, en relation notamment avec l'émergence de la théorie des systèmes, ont pourtant depuis fort longtemps amené à nuancer ce regard porté sur l'homme, en mettant l'accent sur le fait que s'il était source de variabilité, le "maillon fragile" du système, il constituait tout en même temps un agent de fiabilité sans lequel le système ne pourrait pas fonctionner (Faverge, 1970). En filigrane des différentes définitions que l'on donne de l'erreur dans la littérature ergonomique, transparaît l'idée d'écart, de déviation à une norme plus ou moins explicite (Leplat, 1999). Mais comme l'indique Cellier (1990), l'utilité d'une telle définition reste conditionnée au degré de précision et d'opérationnalité de la norme de référence, pour autant qu'elle existe. Une difficulté provient notamment du caractère multiréférentiel de cette norme, selon que l'on se place du point de vue du concepteur, de l'expert, de l'opérateur, etc. Une seconde variable permettant de définir l'erreur référerait selon De Keyser (1989) à la question du choix : il n'y aurait erreur que dans la mesure où certains degrés de liberté seraient laissés à l'opérateur. Si la situation à laquelle il est confronté ne permet pas de choix, il n'y aura pas d'erreur possible ou, du moins, l'erreur n'incombera pas à l'opérateur. Reason (1993) introduit une troisième variable permettant de caractériser les erreurs des opérateurs : l'intentionnalité du résultat. Il n'y aurait erreur que lorsque le sujet n'atteint pas le but souhaité lors de l'exécution d'une séquence planifiée d'activités mentales ou physiques, et lorsque ces échecs ne peuvent pas être attribués à l'intervention du seul hasard. La notion d'erreur ne couvre donc pas pour cet auteur toutes les formes de contribution des êtres humains aux accidents. Les actes insécuritaires qui sont mis en œuvre intentionnellement sont identifiés en tant que "violations", définies comme la transgression 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).

Le dénominateur commun à ces différentes acceptions de l'erreur est l'accent mis sur la relation à son contexte de production. L'erreur est toujours résultante d'une interaction entre l'opérateur et les conditions externes de la tâche à réaliser.

2.2. Sur la route

Ces questions de définition se posent d'autant pour une activité comme la conduite automobile. Si des normes techniques de conception et d'entretien existent pour la route et pour les véhicules, une référence à la norme est beaucoup moins évidente à définir pour le conducteur (et la valeur de l'écart à cette norme supposée, encore moins). En fait, toute une variété de stratégies sont permises au conducteur, pourvu qu'il aboutisse au "bon" résultat, c'est-à-dire en fin de compte qu'il parvienne à destination sans être victime d'un accident ni faire l'objet d'une contravention. Ni le code de la route, ni la formation qui y fait majoritairement référence, ne permettent de définir l'ensemble des procédures auxquelles pourraient avoir recours les conducteurs pour faire face à l'extrême diversité des situations susceptibles d'être rencontrées sur la route. Reflétant beaucoup plus les aspects légaux de la conduite que ses aspects opératoires, le code de la route ne peut donc être utilisé comme substitut pour définir un comportement normatif de référence par rapport auquel on pourra mesurer des écarts, que ce soit en terme d'erreurs ou de violations¹. Il est à cet égard beaucoup trop imprécis et il ne tient pas compte des capacités des conducteurs ni de leurs limites, au point que les consignes qu'il donne sont parfois irréalistes (Rothengatter, 1997).

En bref, la conjugaison de la grande variabilité des situations routières et de la faible prédétermination des moyens et des procédures à utiliser pour y faire face, ne permet pas de définir de manière stricte des normes de conduite par rapport auxquelles on pourrait facilement mesurer des écarts, et donc des erreurs. En accidentologie, on palliera cette difficulté en considérant sans équivoque l'accident comme un écart à la norme du déplacement sûr. Cependant, un écueil auquel on est confronté lorsqu'on analyse des accidents, découle de ce qu'on recueille seulement les erreurs dont

¹ Comme l'indique Rothengatter (1997), le concept de *violation* présuppose, au même titre que le concept d'*erreur*, la référence à une performance normative dont le comportement s'écarterait intentionnellement dans le premier cas, et de façon non planifiée dans le second.

les conditions du milieu ont permis une dégradation, sans que l'on sache si l'erreur qui est à la base de tel ou tel accident est rare ou fréquente, et sans qu'on sache non plus si le même comportement n'aurait pas pu être considéré comme "normal" dans des conditions légèrement différentes. Neboit (1996) critique la tendance à associer erreur et accident, quand cette relation est loin d'être systématique. Et comme l'indique Amalberti (1996), à trop regarder les erreurs des opérateurs, on finit par oublier que beaucoup d'accidents sont évités grâce aux acteurs du système, même si on ne dispose pas de statistiques à cet égard. Par ailleurs (et par définition), les études d'accidents ne permettent pas d'appréhender de tels mécanismes de récupération des erreurs. L'analyse accidentologique doit en conséquence être vue comme une contribution, sous l'angle des dysfonctionnements, à la compréhension des processus cognitifs engagés par les individus dans les systèmes complexes, qui appelle une articulation avec les travaux qui s'intéressent au fonctionnement de ces mêmes individus en situation dite "normale".

3 APPROCHE ACCIDENTOLOGIQUE

L'étude des accidents utilisée dans une démarche diagnostique telle qu'elle est pratiquée en ergonomie (Spérando, 1980), permet de mieux cibler les points critiques, ceux qui posent concrètement problème aux opérateurs. Son intérêt réside notamment en ce qu'elle rend possible la construction de typologies de mécanismes, permettant de rendre compte de la combinaison de multiples variables concourant au même phénomène. L'apport étiologique des analyses d'accidents laisse toutefois apparaître certaines limites incontournables, concernant d'une part la validité des données recueillies, d'autre part la généralisabilité des résultats obtenus par leur exploitation. Pour ce qui est du premier point, le caractère faiblement prévisible des accidents implique en effet que les chercheurs peuvent difficilement en être témoins, ce qui justifie le recours à des méthodes d'enquête rétrospective. Ce type de méthode soulève un certain nombre de problèmes tels qu'en fait état Sheehy (1981) en termes de "pièges méthodologiques", comme la tendance à la rationalisation des témoignages, à l'inférence causale, etc. Le second point est en relation directe avec le caractère pluricausal de l'accident. Ainsi, l'une des difficultés rencontrées dans l'exploitation d'un ensemble de descriptions d'accidents provient de la double nécessité de rendre compte de la complexité du phénomène, de la diversité des circonstances de son occurrence, et d'arriver malgré tout à des résultats d'un certain degré de généralité (Ho *et al.*, 1986). La multicausalité de l'accident tend, pour peu que son analyse atteigne un certain niveau d'approfondissement, à faire de chaque accident un cas particulier et à les rendre de la sorte difficilement comparables l'un à l'autre. Mais, pour être "accidentel", un tel phénomène n'en comporte pas moins des régularités dans ses conditions de production et son déroulement qu'une approche scientifique peut permettre de repérer¹.

3.1. Une méthode : l'étude détaillée des accidents (EDA)

Fortement développées dans les années 70 (Fell, 1976 ; Treat *et al.*, 1979), les études "en profondeur" (*In-depth*) d'accidents ont vu par la suite leur attrait décroître dans la communauté des chercheurs, en relation avec leur coût et leur difficulté de mise en œuvre (Grayson, et Hakkert, 1987). Mais si elles ne permettent bien évidemment pas de tout expliquer, les analyses de données détaillées d'accidents présentent l'avantage de focaliser la recherche sur les erreurs (notamment) qui posent un réel problème de sécurité. C'est d'autre part ce qui permet de mettre en évidence les mécanismes explicatifs de la production de ces défaillances, du point de vue des situations dans lesquelles elles émergent et des facteurs qui en sont à l'origine. Les travaux initiaux dans le domaine demandent cependant à être réactualisés en fonction de l'avancement des connaissances sur les processus fonctionnels qui gouvernent l'activité des conducteurs.

Les travaux qui sont succinctement présentés ici reposent sur l'analyse de données provenant d'un recueil approfondi réalisé dans un premier temps sur la scène même des accidents et complété dans les jours qui suivent en fonction des hypothèses soulevées par les éléments initiaux de l'enquête (Ferrandez *et al.*, 1995). Réalisé par des équipes pluridisciplinaires, ce recueil couvre les trois composants du système routier : les conducteurs, les véhicules et les infrastructures. Chaque accident

¹ Même s'il peut paraître surprenant, à première vue, de vouloir dégager des "lois" à partir de phénomènes "accidentels", par définition non réguliers.

recueilli donne lieu à une analyse de cas comprenant une reconstitution spatio-temporelle de son déroulement permettant d'étayer les informations recueillies. La phase d'analyse, qui s'appuie sur cette reconstitution, consiste en une décomposition du scénario d'accident en termes de séquences d'événements :

- La *situation de départ* spécifie les conditions générales dans lesquelles le déplacement a été entrepris, du point de vue notamment des motifs du trajet, du choix de l'itinéraire, etc.
- La *situation de conduite* est celle dans laquelle se trouve l'usager avant qu'un problème ne se manifeste. C'est la situation "normale" ou "stable", qui se caractérise pour le conducteur par la mise en œuvre d'une tâche spécifique dans un contexte donné, avec certains objectifs, certaines attentes, etc.
- La *situation d'accident* correspond au moment, en général très bref, où une rupture se produit par rapport à la séquence précédente, c'est à dire un événement imprévu qui va faire basculer le conducteur vers une situation d'urgence.
- La *situation d'urgence* est la période pendant laquelle le conducteur va tenter de revenir à la situation normale en engageant une manœuvre d'urgence, c'est-à-dire une tentative de récupération.
- La *situation de choc* est celle qui marque l'échec de la manœuvre d'évitement. Elle englobe le choc et ses conséquences.

La mise en évidence de ces "situations" permet de reconstituer de manière homogène les différentes étapes séquentielles de l'accident, ce qui rend possible non seulement l'analyse de chaque cas du point de vue du processus qui le génère, mais aussi la mise en place d'études transversales sur plusieurs accidents par confrontation des différentes étapes de leur déroulement.

L'analyse qui suit se focalise sur la situation dite "d'accident", étape charnière qui fait basculer le conducteur d'une situation en marche normale vers une situation en marche dégradée. Cette étape de transition constitue un bon vecteur de comparaison des accidents entre eux, dans la mesure où elle marque l'entrée dans un processus de dysfonctionnement. Dans l'enchaînement des défaillances qui conduisent au choc accidentel, nous avons donc cherché à identifier celles qui caractérisent cette phase de rupture et qui expliquent le basculement du conducteur en situation critique.

3.2. Un cadre d'analyse : les scénarios-types de défaillances fonctionnelles

L'implication de l'homme dans la production des incidents et accidents, fait depuis de nombreuses années l'objet d'études approfondies dans le domaine de la conduite automobile, distinguant notamment ce qui est de l'ordre de "l'erreur" et ce qui est de l'ordre de "l'infraction". Ces travaux ont amené à considérer l'erreur humaine comme le produit non désiré de la confrontation d'un conducteur à une tâche complexe, qui fait interagir des déterminants internes, propres à ce conducteur, avec des déterminants externes correspondant au contexte de réalisation de son activité de conduite. Sous cet angle d'analyse, la composante humaine de l'erreur est appréhendée en tant que *défaillance fonctionnelle* (Malaterre, 1990), c'est-à-dire la défaillance d'une des fonctions qui permettent habituellement au conducteur de réguler son activité dans le sens d'une adaptation réussie aux difficultés rencontrées dans l'accomplissement de sa tâche.

Défaillances fonctionnelles et leurs éléments explicatifs

Prendre le parti de travailler sur l'erreur humaine dans l'accident en termes de défaillances fonctionnelles ne revient pas à limiter l'analyse à ses seuls déterminants humains. L'objectif visé par un tel regard porté sur l'erreur consiste 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. "L'erreur accidentelle" constitue en ce sens un observable révélateur des difficultés que rencontre ce conducteur dans la réalisation de son activité au sein d'un contexte donné. Plutôt que de mettre en cause le composant humain de ce système, il s'agit donc bien de mettre en évidence les mécanismes explicatifs de la production de telle ou telle défaillance, en relation avec le contexte de conduite dans lequel elle s'inscrit.

Une telle recherche a été réalisée sur la base d'une particularisation des modèles "classiques" d'analyse des erreurs (Rasmussen, 1981 ; Reason, 1993) aux spécificités des processus à l'œuvre dans les accidents de la route (Van Elslande, 2000a). En terme de résultats généraux, un examen global de la répartition des défaillances accidentogènes identifiées dans les corpus d'accidents montre que les aspects perceptifs, liés aux problèmes de *visibilité* et aux *stratégies de prise d'information*, prennent

une place importante dans les défaillances fonctionnelles qui ont fait basculer le conducteur en situation d'accident. Mais un regroupement des problèmes liés au *diagnostic* porté sur les situations et au *pronostic* de leur évolution montre une incidence prépondérante des défaillances fonctionnelles correspondant au "traitement de l'information". Comparativement à cet ensemble de difficultés relatives à *l'analyse de la situation*, la proportion prise par les défaillances liées à *l'exécution de l'action* est beaucoup plus modeste, ce qui atteste que les accidents dus à un défaut d'habileté (physique) sont minoritaires (Malaterre, 1987). De telles "erreurs" dans la réalisation de l'action apparaîtront beaucoup plus à l'étape ultérieure de l'accident : celle où le conducteur tente de récupérer la situation en réalisant une manœuvre d'urgence. De tels résultats suggèrent que si l'on cherche à éviter que le conducteur ne bascule en situation critique, les contre-mesures doivent mettre l'accent sur les aspects cognitifs impliqués dans l'activité de conduite.

Par ailleurs, toujours en termes de résultats généraux, une telle analyse permet de montrer que même si l'on investit les erreurs du point de vue de la défaillances des processus *cognitifs* impliqués dans l'activité de conduite, l'origine de ces erreurs n'est pas à rechercher uniquement du côté des *connaissances* mises en œuvre (i.e. variables liées à l'expérience). La genèse des ces défaillances fait aussi intervenir tout un ensemble de paramètres, notamment conatifs, relatifs aux motivations (e.g. rattraper un retard), aux émotions (impatience, peur), à l'état psychologique (niveau d'attention) et physiologique (niveau de vigilance), etc. En outre, ces facteurs humains de l'erreur interviennent en étroite combinaison avec les facteurs environnementaux, correspondant aux conditions externes de réalisation de la tâche (intensité du trafic, complexité et lisibilité des aménagements, etc.). Une analyse explicative de la contribution de ces différents facteurs à la production des erreurs montre que ces dernières sont loin de provenir du seul "facteur humain". Si dans un échantillon de 440 situations accidentelles nous avons pu effectivement montrer l'intervention d'une erreur dans près de 90 % des cas, il s'avère que ces erreurs se fondent en majorité sur une interaction entre des variables endogènes (trouvant leur source chez le conducteur) et des variables exogènes (prenant leur source dans l'environnement de sa tâche), ce qui souligne notamment la difficulté d'analyser le phénomène accidentel à partir d'une approche mono-causale.

Scénarios types

Une fois identifiées, ces différentes défaillances sont répertoriées au sein de scénarios-types de dysfonctionnements qui correspondent à des regroupements d'accidents se déroulant dans des conditions très similaires. Ces scénarios décrivent la genèse globale de l'erreur, selon un certain nombre de paramètres fédérateurs :

- La *situation de pré-accident* décrit la tâche de conduite que l'utilisateur cherchait à accomplir, dans laquelle le processus de dysfonctionnement est intervenu, ainsi que les exigences liées à la réalisation de cette tâche "actuelle" du point de vue de la rencontre d'une interaction spécifique avec une autre composante du système (un autre usager de la route, un type de lieu spécifique, etc.).
- Les *éléments explicatifs* correspondent aux principaux paramètres du contexte de conduite (relatifs à la route, au conducteur, aux autres usagers, aux conditions de réalisation la tâche) qui ont contribué à l'émergence de la défaillance fonctionnelle de l'utilisateur face à la situation routière à gérer et à ses exigences particulières.
- La *défaillance fonctionnelle*, à partir de laquelle une situation de conduite préalablement stable va s'orienter vers une situation d'accident.
- L'*événement critique* résultant de la défaillance fonctionnelle, qui correspond à la mise en œuvre (ou la poursuite) d'une stratégie incompatible avec les paramètres de l'interaction rencontrée, et dont l'impact sera :
- L'*accident*, caractérisé par une certaine configuration de choc.

L'intérêt de la définition de tels scénarios génériques est de permettre de rendre compte de différents modes de construction d'une défaillance fonctionnelle de la part de conducteurs confrontés à certaines difficultés durant leur trajet, qu'il n'ont pas pu gérer du fait des paramètres du contexte interne et externe de réalisation de leur activité. Ces scénarios dressent ainsi le "tableau clinique" des "pathologies" qui conduisent à la production d'une erreur. Ils permettent d'aller plus loin dans la compréhension de phénomènes dont les enjeux peuvent apparaître ou non à la lumière des études

statistiques. Leur mise en évidence permet par ailleurs de contribuer à la prescription de remèdes adaptés aux problèmes posés et aux conditions dans lesquelles ils émergent.

Les deux sections suivantes rendent compte du double intérêt d'une telle approche d'analyse, du point de vue de l'approfondissement des connaissances sur une thématique spécifique et du point de vue opérationnel des actions à définir dans une perspective ergonomique.

4 LES ERREURS DE CONDUITE ET LEURS EVOLUTIONS

Parmi les questions d'actualité concernant les problèmes de sécurité, la population des personnes âgées représente un enjeu majoritairement reconnu dans le domaine du transport routier. Ces personnes occupent en effet une place de plus en plus importante sur la route et posent un certain nombre de questions, notamment sur leurs capacités à intégrer dans leur conduite les potentialités offertes par les dispositifs technologiques supposés aider le conducteur dans la réalisation de sa tâche. Mais en dehors de données relativement générales sur les problèmes auxquels ils sont confrontés, on sait encore peu de choses sur la nature particulière des difficultés qu'ils rencontrent et des erreurs qu'ils commettent sur la route, ainsi que sur la spécificité des scénarios d'accidents dans lesquels ils sont impliqués (Van Elslande, 2000b). Cette section présente quelques données descriptives permettant de comparer les conditions d'occurrence des accidents des conducteurs âgés de plus de 60 ans ($n=57$, $m=69.2$ ans, $sd=6.12$) à celles d'autres conducteurs ($n=335$).

Tâches de dysfonctionnement

Dans l'échantillon étudié, les conducteurs âgés rencontrent comparativement aux autres beaucoup plus de problèmes dans les situations de traversée d'intersection non prioritaire et légèrement plus durant la réalisation de manœuvres particulières, et notamment les changements de direction vers la gauche (figure 1). Signalons que la rubrique "circulation stabilisée" recouvre l'ensemble des tâches de type conduite en file, négociation de virages, etc., qui rendent beaucoup moins compte des erreurs de ces conducteurs. Si un tel constat n'a rien de très novateur, il montre néanmoins la cohérence de cet échantillon avec les données statistiques relatives à l'accidentabilité de cette population (Preusser *et al*, 1998).

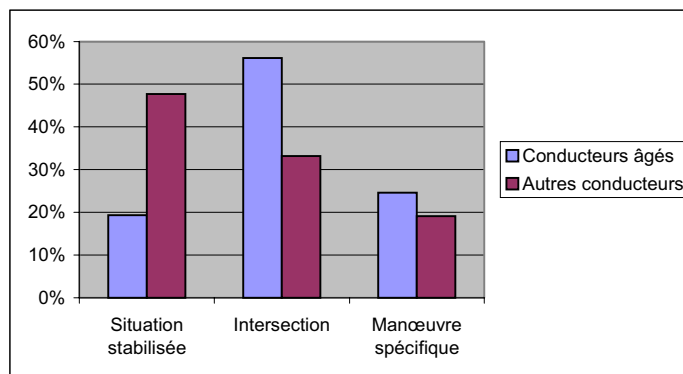


Figure 1. Catégories de tâches de dysfonctionnement

Défaillances fonctionnelles

Si l'on cherche à qualifier maintenant les catégories d'erreurs qui sont les plus fréquemment commises, l'examen de la figure 2 nous révèle - toujours comparativement aux autres conducteurs de l'échantillon - une plus forte proportion de défaillances dans le domaine de la perception et du diagnostic, ainsi qu'un pourcentage beaucoup plus important de défaillances globales, défaillances qui correspondent à une perturbation de l'ensemble de la chaîne fonctionnelle impliquée dans l'activité de conduite (de la perception à l'action).

Une analyse plus détaillée de ces données en termes de "types d'erreurs" fait ressortir les points suivants. Au plan *perceptif*, les défaillances les plus marquées concernent : la saisie d'information focalisée sur une composante partielle de la situation (19% de l'ensemble des erreurs), la recherche sommaire d'information (9%) et la non détection liée à une gêne à la visibilité (9%). Au niveau du

diagnostic, les problèmes soulevés font essentiellement référence à l'évaluation d'un créneau d'insertion dans le trafic (11%) et à la mauvaise compréhension du fonctionnement d'un site routier (9%). Mais c'est dans le domaine des défaillances globales que se démarque le plus cette population du reste de l'échantillon, avec 19% des défaillances qui renvoient à un dépassement des capacités cognitives (désorganisation de l'activité) au moment de la rencontre d'une difficulté au cours du trajet.

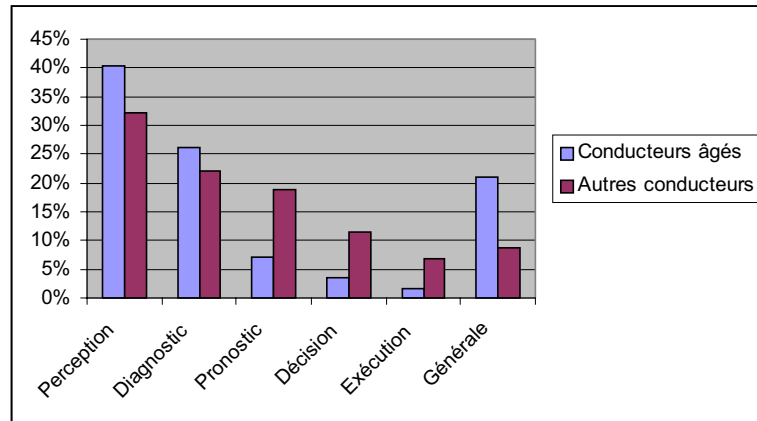


Figure 2. Catégories de défaillances

Eléments explicatifs

Les principaux éléments permettant d'expliquer l'émergence de telles "erreurs" peuvent se distinguer selon qu'ils soient plutôt centrés sur l'opérateur ou sur la situation extérieure à laquelle il était confronté. La genèse des défaillances fonctionnelles des personnes âgées fait ressortir des variables d'état comme les problèmes de *vigilance*, d'*attention* et de *distraction* (11%), ainsi que la *lenteur de réaction* (10%). Pour ce qui concerne les variables liées à l'expérience, ressortent des éléments tels que la *pratique épisodique de la conduite* (9%) et la *méconnaissance des lieux* (8%). S'agissant des variables liées aux conditions internes de réalisation de la tâche, la mise en œuvre d'une *conduite routinière*, en mode "automatique"¹ (7%) et les problèmes d'*orientation directionnelle* (7%) apparaissent au premier plan. Parmi les éléments exogènes auxquels cette population est plus sensible, on relève le poids des caractéristiques d'infrastructure telles que les problèmes liés à la *complexité du site*, à la *lisibilité*, à la *signalisation* (8%) et les problèmes de *visibilité* (6%). Pour les éléments relatifs au trafic environnant ressortent le *caractère atypique du comportement d'un autre conducteur* – signaux émis, manœuvre engagée – (8%), la *pression du trafic* ou l'*effet d'entraînement* (4%), ainsi que la *difficulté d'obtenir un créneau* de traversée (4%). Mais comme indiqué plus haut, plusieurs éléments de différents ordres se combinent pour expliquer la genèse d'une défaillance fonctionnelle². On notera toutefois que, comparativement aux autres, les conducteurs âgés de notre échantillon -et notamment les plus âgés d'entre eux- montrent une tendance à produire plus d'erreurs dont les origines sont uniquement endogènes, et moins d'erreurs dont les origines sont seulement exogènes.

Scénarios

A titre indicatif, sont listés ici les scénarios-types de production des erreurs les plus récurrents dans lesquels se trouvent impliqués les conducteurs âgés de l'échantillon étudié. Ces données demandent à s'enrichir d'un plus grand nombre de cas pour acquérir une meilleure valeur descriptive.

Scénario type P2a : Focalisation sur un problème directionnel. En traversée d'intersection ou en manœuvre de bifurcation, le conducteur cherche une destination sur un itinéraire mal connu, que la signalisation directionnelle et la lisibilité des lieux ne lui permettent pas d'identifier aisément. Se

1 Ce qui les amène notamment à développer des attentes trop fortement orientées sur une certaine évolution des situations (Van Elslande et Alberton, 1997).

2 Dans une proportion moyenne de 3 éléments par défaillance.

focalisant sur son problème directionnel, il engage sa manœuvre sans plus prendre d'information sur le trafic environnant.

Scénario type P3c : Recherche d'information précipitée. Le plus souvent en situation de traversée d'intersection difficile du fait de la configuration des lieux et de l'intensité du trafic, les conducteurs affectent une contrainte de temps à la réalisation de leur manœuvre et opèrent une recherche d'information précipitée qui ne correspond pas aux exigences de la tâche (contraintes environnementales) et ne leur permet donc pas d'identifier un obstacle potentiel.

Scénario type T2b : Mauvaise évaluation d'un créneau liée à une faible attention portée à la manœuvre. Ce qui caractérise les conducteurs impliqués dans ce type d'accident, c'est la grande familiarité qu'ils ont de la manœuvre qu'ils cherchent à réaliser. Souvent combinée avec une faible vigilance liée à la fatigue, cette familiarité les amène à couper la trajectoire d'un véhicule faute d'avoir accordé assez d'attention à la vitesse de rapprochement de ce véhicule qu'ils ont pourtant détecté.

Scénario type G3a : Dépassement des capacités de traitement en situation d'interaction avec le trafic. S'ils sont arrivés sans encombre jusqu'au point de l'accident, les conducteurs semblent avoir été complètement "dépassés" au moment de la rencontre d'une interaction avec d'autres véhicules en intersection. Ces conducteurs n'ont pas été à même d'effectuer un séquençage correct des opérations à mettre en œuvre. Toutes les phases nécessaires à la réalisation d'une telle manœuvre étant affectées, les conducteurs engagent en fin de compte leur manœuvre sur la trajectoire d'un usager prioritaire.

De telles données sont à prendre en compte dans une optique de définition de mesures de sécurité susceptibles de répondre aux spécificités de cette catégorie de conducteurs. La question des aides notamment, qui est débattue dans la section suivante, nécessitera un examen attentif à cet égard.

5 BESOINS D'AIDE ET LIMITATIONS

Les évolutions technologiques de ces dernières décennies ont rendu possible l'élaboration de dispositifs sophistiqués, susceptibles d'aider le conducteur en cherchant à compenser certaines de ces déficiences dans certaines situations, quitte à modifier la tâche qui lui incombe, par la transmission d'informations ajoutées ou la prise en charge plus ou moins automatisée de sous-tâches critiques. Mais pour rendre opérationnelle l'intégration de tels dispositifs dans l'activité, il convient de soulever un certain nombre de questions qui dépassent une démarche *technocentrée* (Noy, 1997) considérant qu'il suffit à un dispositif d'être au point techniquement pour devenir une aide à la conduite. Ces questions réfèrent à l'analyse psycho-ergonomique (*ethnocentrée*) des interactions entre l'homme et la machine, au sens où l'objet d'étude n'est ni la machine pour elle-même, ni l'homme indépendamment de son "travail", ni même le "travail" en tant que tel, mais l'homme opérant dans des conditions données, avec des caractéristiques et des objectifs propres (Spérandio, 1980). C'est dans cette perspective qu'a été engagée une série de travaux portant sur les besoins des conducteurs en aide.

Définition des "besoins"

Dans la mesure où il n'est pas envisageable de fournir une quantité illimitée de messages, il importe de savoir quelles sont les informations les plus pertinentes dont l'opérateur a besoin pour conduire plus sûrement. Une première étape d'analyse (Van Elslande & Malaterre, 1987) a consisté à identifier, pour chacune des défaillances fonctionnelles mises en évidence, la nature des informations qui ont manqué au conducteur pour lui permettre de ne pas entrer dans un processus accidentogène. L'objectif était de mettre en évidence des "besoins en assistance" et de spécifier les circonstances dans lesquelles ces besoins apparaissent. Pour arriver à définir les différentes catégories de besoins, on est parti d'une analyse qualitative d'un échantillon de cas couvrant un large éventail d'accidents en termes de manœuvre origine, de type d'infrastructure et de type de collision. Ces accidents ont été analysés et classés en groupes homogènes du point de vue des fonctions du conducteur (détecter, identifier, prévoir, etc.) qui n'avaient pas "fonctionné" efficacement, c'est-à-dire correctement rempli leur rôle dans le processus dynamique qui a conduit à l'accident. Il s'agit donc d'un repérage des grandes catégories d'erreurs, puis, par déduction, de la détermination des besoins correspondants. Ces besoins font référence à un diagnostic des lacunes du système routier, susceptibles de contribuer à la

mauvaise gestion de certaines difficultés par les usagers de ce systèmes. Dit autrement, le besoin a été défini en négatif de la défaillance, comme la condition qui aurait permis la mise en œuvre sans erreur de la fonction incriminée, la satisfaction de ce "besoin" étant considérée comme ayant permis d'éviter l'erreur et par conséquent l'accident. Bien évidemment, il s'agit là d'une démarche relativement risquée, puisque toute "erreur dans l'identification de l'erreur" orienterait vers de "faux besoins" et donc ultérieurement vers la proposition d'aides à la conduite inadaptées (Van Elslande & Malaterre, 1996). D'où la nécessité pour ce faire, de s'appuyer sur une méthode systématisée qui repose sur des données suffisamment riches et éprouvées.

Cette étude a ainsi amené la définition de 17 besoins sécuritaires en diagnostic, détection, estimation, prévision et contrôle, couvrant les différents processus de dysfonctionnement repérés dans les études détaillées d'accidents.

Evaluation quantitative des besoins

Une fois les grandes catégories d'erreurs identifiées et les bases de la méthodologie d'analyse mises sur pied grâce à l'étude détaillée d'accidents, nous nous sommes tournés vers d'autres données d'accident pour obtenir la représentativité nécessaire pour une évaluation au plan national (Fontaine *et al*, 1989). En effet, si le recours à des études approfondies est nécessaire pour définir le mécanisme de "l'erreur processus", des données moins précises comme les procès verbaux établis par les services de police permettent néanmoins d'identifier "l'erreur résultat" (Van Elslande & Malaterre, 1996) et par conséquent de faire des inférences sur l'isomorphisme des processus correspondant à des contextes de production d'erreurs similaires. Nous avons donc utilisé un fichier INRETS représentatif au 1/50ème des statistiques nationales, fichier qui permet non seulement l'exploitation informatique des informations codées, mais aussi (surtout) l'accès aux procès-verbaux d'origine, qui ont tous été consultés et analysés (n=3500). Ce travail a permis d'évaluer quantitativement l'importance relative des différents besoins diagnostiqués par une approche plus "clinique". Les résultats obtenus ont révélé notamment une forte proportion des besoins en aide au niveau des agglomérations, ce qui n'est pas sans poser problème du point de vue des dispositifs du fait de la multiplicité des paramètres à prendre en compte.

Adéquation des aides au besoins

Cette évaluation quantitative des besoins a ensuite permis d'apprécier quelle pourrait être l'efficacité de certaines aides à la conduite, notamment celles qui ont été définies dans le cadre du programme européen Prometheus. Plus précisément, on a évalué au cas pas cas quelle était la capacité de chacune de ces aides à remplir les besoins identifiés, un des résultats marquant étant que les dispositifs "d'actualité", tels les régulateurs automatiques d'interdistance, seraient parmi les dispositifs à l'étude les moins susceptibles d'avoir un impact sur la sécurité (Malaterre *et al*, 1991). Bien entendu, comme pour tout ce qui a trait à l'évaluation *a priori*, on est là sur un terrain glissant car on ne connaît que de manière très approximative les caractéristiques attendues de ces aides, et on ne sait pas non plus quel usage en feront les conducteurs. On peut ainsi redouter des effets pervers, liés à l'éventualité que les conducteurs intègrent les modifications (et notamment les gains sécuritaires) apportées par ces aides dans leurs stratégies de conduite, et prennent en conséquence davantage de risques. Une telle approche permet néanmoins de contextualiser les problèmes, de hiérarchiser les enjeux et de montrer ainsi les cibles vers lesquelles il s'agit de s'orienter prioritairement. Sa validité implique une réactualisation des études à mesure des précisions apportées aux spécifications des aides, ainsi qu'une mise en relation de ces travaux menés dans une logique d'ergonomie de conception avec d'autres études qui s'appliquent à mettre en évidence des difficultés qui se posent dans l'utilisation effective des dispositifs existants, dans une perspective correctrice (Saad & Villame, 1996).

Limitations potentielles

Une dernière étape de travail a consisté à isoler dans les contextes de production des accidents, l'ensemble des éléments qui pourraient limiter la détection, le "traitement" et l'action du conducteur vis-à-vis d'informations susceptibles de lui être fournies dans l'environnement de sa tâche (Van Elslande & Nachtergaele, 1992). Par un retour aux données détaillées d'accidents, cette étude a permis de faire ressortir un certain nombre de limites aux capacités d'intégration par les conducteurs

d'informations ajoutées à leur tâche, les unes correspondant à des éléments susceptibles d'amener une négligence involontaire de l'aide (e.g. vigilance perturbée), les autres pouvant générer un rejet plus ou moins volontaire de l'aide (e.g. jugements et attentes). La mise en évidence circonstanciée de ces limitations potentielles a débouché sur des recommandations ergonomiques visant à maximiser les gains sécuritaires attendus de l'intégration de dispositifs d'aide dans la tâche de conduite.

6 CONCLUSION

La mise en évidence de scénarios types de production de l'erreur apparaît comme une voie prometteuse pour mieux comprendre les mécanismes génériques qui conduisent dans certains contextes à la défaillance des fonctions humaines engagées dans l'activité, généralement adaptatives. Constitués actuellement sur un corpus d'environ 400 cas, de tels scénarios font l'objet d'une étude en cours sur une base de données correspondant à un millier de situations accidentelles. Une telle extension permettra d'en accroître la robustesse et autorisera la mise en œuvre de recherches thématiques sur les spécificités des dysfonctionnements qui impliquent telle ou telle catégorie de conducteurs (deux roues, seniors, etc.), de configurations d'infrastructure (virage, intersection, etc.), ainsi que sur l'influence relative des différents facteurs impliqués (vitesse, alcool, vigilance, etc.). Ce type de résultats sera par ailleurs à articuler avec les travaux qui s'intéressent aux activités hors accident, et ce, dans un intérêt réciproque : mettre l'accent sur les erreurs qui posent un problème avéré de sécurité, pas toujours identifiables par l'analyse de l'activité normale, et appréhender les mécanismes de leur récupération, par définition impossibles à étudier à partir de données d'accidents.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Amalberti, R. (1996). *La conduite des systèmes à risques*. Paris : PUF.
- 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.
- Cellier, J.M. (1990). L'erreur humaine dans le travail. In J. Leplat & G. de Terssac (Eds), *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*. Marseille : Octares.
- De Keyser, V. (1988). De la contingence à la complexité: l'évolution des idées dans l'étude des processus continus. *Le Travail Humain*, 51(1), 1-18.
- De Keyser, V. (1989). L'erreur humaine. *La Recherche*, 20(216), 1444-1455.
- Faverge, J.M. (1970). L'homme, agent d'infiabilité et de fiabilité du processus industriel. *Ergonomics*, 13(3), 301-327.
- Fell, J.C. (1976). A motor vehicle accident causal system. *Human Factors*, 18, 85-94.
- Ferrandez, F. (Ed.) (1995). *L'étude détaillée d'accidents orientée vers la sécurité primaire: méthodologie de recueil et d'analyse*. Paris : Presses de l'ENPC.
- Fontaine, H., Malaterre, G., Van Elslande, P. (1989). *Evaluation de l'efficacité potentielle des aides à la conduite*. Rapport de recherche INRETS n° 85.
- Grayson, G.B., & Hakkert, A.S. (1987). Accident analysis and conflict behaviour. In T. Rothengatter & R. de Bruin (Eds.), *Road users and traffic safety*. Assen: Van Gorcum.
- Ho, M.T., Bastide, J.C., & François, C. (1986). Mise au point d'un système destiné à l'exploitation de comptes-rendus d'analyse d'accidents du travail. *Le Travail Humain*, 49(2), 137-146.
- Hoc, J.M. (1996). *Supervision et contrôle de processus : la cognition en situation dynamique*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Hoc, J.M. & Amalberti, R. (1994). Diagnostic et prise de décision dans les situations dynamiques. *Psychologie Française*, 39(2), 177-192.
- Leplat, J. (1999). Analyse cognitive de l'erreur. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 49(1), 31-41.
- Leplat, J., & Hoc, J. M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 3(1), 49-63.
- Malaterre, G. (1987). *Les activités sous contrainte de temps : le cas des manoeuvres d'urgence en conduite automobile*. Thèse, Université René-Descartes, Paris.

- Malaterre, G. (1990). Error analysis and in-depth accident studies. *Ergonomics*, 33(9/10), 1403-1421.
- 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.
- Neboit, M. (1996). Erreur humaine et prévention : le point de vue de l'ergonome. In B. Cambon de Lavalette & M. Neboit (Eds), *L'erreur humaine: question de point de vue ?* Toulouse: Octares.
- Noy, Y. I. (1997). Human factors in modern traffic systems. *Ergonomics*, 40(10), 1016-1024.
- ONISR (1998). *Bilan annuel: année 1998*. Observatoire national interministériel de sécurité routière.
- Parker, D., Reason, J., & Manstead, A., & Stadling, S. (1995). Driving errors, driving violations and accident involvement. *Ergonomics*, 38(5), 1036-1048.
- Preusser, D. et al (1998). Fatal crash risk for older drivers at intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 30(2), 151-159.
- Reason, J. (1993). *L'erreur humaine* (J.M. Hoc, Trad.). Paris: Presses Universitaires de France. (Édition originale, 1990).
- Rothengatter, J.A. (1997). Errors and violations as factors in accident causation. In J.A. Rothengatter & E. Carbonell Vaya (Eds), *Traffic and Transport Psychology: Theory and Application*. Oxford: Pergamon Press.
- Saad, F. (1987). Analyse et modèle de la tâche de conduite. In F. Saad (Ed.), *L'analyse des comportements et le système de circulation routière*. Actes INRETS.
- Saad, F. (1988). Prise de risque ou non perception du danger? *Recherche-Transports-Sécurité 18-19*, 55-62.
- Saad, F., & Villame T. (1996). *Assessing new driving support systems: contribution of an analysis of drivers' activity in real situations*. Proceedings of the third annual world congress on Intelligent Transport Systems.
- Sheehy, N. P. (1981). The interview in accident investigation: methodological pitfalls. *Ergonomics*, 24(6), 437-446.
- Spérando, J.C. (1980). *La psychologie en ergonomie*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Treat, J.R., Tumbas, N.S., Mc Donald, S.T., Shinar, D., Hume, R.D., Mayer, R.E., Stansufer, R.L., & Castellon, N.J. (1979). *Tri-level study of traffic accidents: final report*. Institute for Research in Public Safety : Indiana University.
- Van Elslande, P. (1992). Les erreurs d'interprétation en conduite automobile : mauvaise catégorisation ou activation erronée de schémas ? *Intellectica*, 15, 125-149.
- Van Elslande, P. (2000a). L'erreur humaine dans les scénarios d'accident : cause ou conséquence ? *Recherche Transports Sécurité*, 66, 7-33. Numéro spécial "Psychologie de la conduite".
- Van Elslande, P. (2000b). *Elderly drivers : what errors do they commit on the road ?* Proceedings of the 14th IEA Congress, 3, 259-262.
- Van Elslande, P., & Alberton, L. (1997). When expectancies become certainties : a potential adverse effect of experience. In J.A. Rothengatter & E. Carbonell Vaya (Eds), *Traffic and Transport Psychology: Theory and Application*. Oxford: Pergamon Press.
- Van Elslande, P., & Malaterre, G. (1987). *Les aides à la conduite: analyse des besoins en assistance des conducteurs*. Rapport de recherche INRETS n° 23.
- Van Elslande, P., & Malaterre, G. (1996). Chercher l'erreur dans l'accident. In B. Cambon de Lavalette & M. Neboit (Eds), *L'erreur humaine: question de points de vue ?* Toulouse: Octares.
- Van Elslande, P., & Nachtergaële, C. (1992). *Aides à la conduite et fonctionnement du conducteur en situation : l'accident de la route, révélateur de limitations potentielles à la prise en compte des aides informatives*. Rapport de recherche INRETS n°149.
- Wilde, G.J.S. (1988). Risk homeostasis theory and traffic accidents: propositions, deduction and discussion of dissension in recent reactions. *Ergonomics*, 31(4), 441-468.