



HAL
open science

Projet VIZIR. Action 1.5 : Descripteurs de lisibilité en ligne droite

F. Rosey, Jean Michel Auberlet, S. Aubin, J. Bertrand, P. Plainchault, A. Stephan

► To cite this version:

F. Rosey, Jean Michel Auberlet, S. Aubin, J. Bertrand, P. Plainchault, et al.. Projet VIZIR. Action 1.5 : Descripteurs de lisibilité en ligne droite. 2007, 45p. hal-00545872

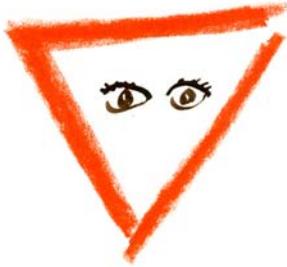
HAL Id: hal-00545872

<https://hal.science/hal-00545872>

Submitted on 7 Feb 2011

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

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



Projet VIZIR



Action 1.5 – Descripteurs de lisibilité en ligne droite

Septembre 2007

Prédit SARI, thème VIZIR – 1ère tranche
Projet financé par la DRAST

Responsable : R. Brémond

Rédacteur : F. Rosey

Acteurs : INRETS, ESEO,
LRPC Angers, CG 49

Collaborations : CETE NC,
LAMIH, SETRA

PROJET VIZIR
Plan Qualité
Modifications

Indice	Date	Mise en application
Version provisoire 0.1	21-09-2007	
Version finale	26-09-2007	

Rédigé et proposé par	Validé par	Approuvé en réunion plénière du projet VIZR et mis en application par :
F. Rosey (INRETS-MSIS) J.M. Auberlet (INRETS-MSIS) S. Aubin (ESEO) J. Bertrand (LR d'Angers) P. Plainchault (ESEO) A. Stephan (CG 49)	R. Brémond (LCPC)	

Collaborations	Projet	
F. Anceaux (LAMIH) G. Dupré (CETE-NC) S. Huvelle (LAMIH) O. Moisan (CETE-NC) O. Menacer (SETRA) M.P. Pacaux (LAMIH)	SARI-AJISE SARI-AJISE SARI-AJISE	

SOMMAIRE

1.1 - Action 1.5 du projet VIZIR	4
1.2 - Site retenu et démarche expérimentale	4
1 - Introduction	5
2.1. - Contexte et intérêts de la recherche	5
2.2. – L’infrastructure	6
2.3. – Perception de l’environnement	6
2 - Etude expérimentale sur simulateur de conduite	7
3.1. - Introduction	7
3.2. – Méthode	8
3.2.1. – Participants	9
3.2.2. – Simulateur	9
3.2.3. – Scénario de la scène simulée	9
3.2.4. – Choix des aménagements simulés – Collaboration avec le CETE-NC & SETRA	10
3.2.4.1. – Ligne Médiane Continue (LMC)	10
3.2.4.2. – Délinéateurs (balise J6)	10
3.2.4.3. – Bandes d’alerte sonores (BAS) (« Centerline rumbles strips »)	11
3.2.4.4. – Accotements Revêtus (AR)	12
3.2.5. – Procédure expérimentale	13
3.3. – Données et analyses statistiques	14
3.3.1. – Données	14
3.3.2. – Analyses statistiques	14
3.4. – Résultats	15
3.4.1. – Effet de l’aménagement et de la zone d’influence sur la trajectoire	15
3.4.1.1. – Effet de l’aménagement	15
3.4.1.2. – Effet de la zone d’influence	16
3.4.2. – Effet de l’aménagement et de la zone d’influence sur la variabilité de la trajectoire (changements dans les positionnements latéraux)	17
3.4.2.1. – Effet de l’aménagement	17
3.4.2.2. – Effet de la zone d’influence	18
3.5. – Questionnaires relatifs aux aménagements – collaboration avec le LAMIH	19
3.5.1. – Questionnaire relatif au sommet de côte (SDC), aux aménagements et à leur signalisation	19
3.5.1.1. – Perception du SDC	19
3.5.1.2. – Perception de la signalisation	20
3.5.2. – Questionnaire relatif à la perception des aménagements	20
3.6. – Discussion	21
3.6.1. – Le contrôle de la trajectoire	21
3.6.2. – La variabilité dans le contrôle de la trajectoire	22
3 - Conclusion	23
annexe 1 - TracéSimulation	24
annexe 2 - Aménagements	26
annexe 3 - SignalétiqueHabitudeConduite	27
annexe 4 - RessentiSimu	34
annexe 5 - Tableaux-SDC	35
Références	40

Introduction générale

Le présent livrable fait partie du projet « Visibilité des Zones et Itinéraires à Risques » (VIZIR) qui s'inscrit dans le cadre d'une action concertée SARI du PREDIT¹ 3 : Surveillance Automatisée de l'état des Routes pour l'Information des conducteurs et des gestionnaires. L'action concertée SARI s'inscrit dans le cadre de la sécurité des routes de rase campagne et comprend trois autres projets, RADARR, IRCAD et AJISE.

1.1 - Action 1.5 du projet VIZIR

Le thème SARI/VIZIR a pour objectif d'étudier la visibilité sur des itinéraires et trois types de risques visuels liés à des situations routières particulières : les carrefours, les virages, les hauts de côtes en ligne droite. Plus particulièrement dans le cadre de l'action 1.5, l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS - MSIS), l'Ecole Supérieure d'Electronique de l'Ouest (ESEO), le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées d'Angers (LRPCA) et, le Conseil Général du Maine-et-Loire (49), interviennent ensemble sur une étude axée sur l'analyse de trajectoires routières, particulièrement pour les risques liés aux hauts de côtes en ligne droite.

Notre recherche s'est inscrite dans le cadre particulier des hauts de côte ou « sommets de côte » (terme du code de la route, article R412-34 sur les dépassements) en ligne droite. La recherche menée a cherché à acquérir des données sur les positions latérales des conducteurs et sur les éléments visuels de l'environnement qui influencent le comportement de conduite dans le cas des sommets de côte en ligne droite, afin d'acquérir une connaissance de base sur les comportements individuels de conduite propre aux sommets de côte. Il s'agissait, à travers la simulation de différents types d'aménagements de route, de vérifier l'hypothèse que les difficultés que peut poser le sommet de côte en ligne droite aux conducteurs, sont d'ordre perceptive. Difficultés qui auraient un impact sur le positionnement latéral des conducteurs.

L'acquisition de connaissances sur les difficultés que peuvent poser les lignes droites apparaît intéressante et nécessaire car très peu, voire pas de travaux ont été réalisés sur la thématique de la ligne droite bien qu'une étude de l'Observatoire de Sécurité Routière de la DRE en Pays de Loire [ONSR03] ait montré que sur 2739 accidents, 2004 se sont produits en ligne droite et que sur un total de 3716 blessés, 2264 blessés ont résultés d'accidents en ligne droite.

1.2 - Site retenu et démarche expérimentale

Le site qui nous a été proposé est situé dans le département du Maine-et-Loire (49). Il s'agit de la partie de la départementale D961 dans le sens Marans-Segré, plus particulièrement le sommet de côte qui se trouve entre Marans et le rond-point du lieu dit « la Petite Salaie ».

Le site de « Marans » a été choisi par le CG49, suite à une étude menée par la direction des routes et des transports du CG49 en 2000. Dans le rapport il est fait mention de 4 accidents survenus entre 1998 et 2000. Le type d'incident constaté est principalement un incident n'impliquant qu'un seul véhicule. De plus la situation illustrée par le choix du site est représentative du réseau secondaire de Maine-et-Loire, à savoir « ligne droite + sommet de côte » (LDSC). Sur le site RD961, il est à noter que des partenaires du projet (ESEO et LR d'Angers) en visitant le site ont pu interroger un agriculteur dont l'accès à son exploitation se situe sur le sommet de côte. Ce dernier révèle qu'il utilise « assez souvent » son tracteur pour sortir un véhicule du fossé.

Afin de déterminer les difficultés pouvant engendrer ces pertes de trajectoire nous avons parallèlement :

- * Étudié l'accidentologie pour les situations LDSC en demandant auprès de partenaires habitués des interrogations de bases de données d'accidents (INRETS-MA, LAB, CEESAR, CETE Normandie-Centre). Cette étude ne nous a pas permis d'identifier des facteurs déclencheurs d'accident.

- * Réalisé un état de l'art sur la conduite et les accidents en ligne droite et plus particulièrement de LDSC, en interrogeant les bases de données dédiées à la recherche en transport (Base Transport dont la

¹ Le PREDIT est un programme de recherche, d'expérimentation et d'innovation dans les transports terrestres, Français.

base ITRD, Base TRIS) et dans les bases de données bibliographiques scientifiques : Science direct, PsychoInfo, Academic Search Premier, Academic Search Premier et PubMed. Ces bases de données ont permis des recherches dans le domaine des transports mais aussi dans celui de la psychologie. A travers cette recherche la perspective de la perception est ressortie notamment par le champ des recherches sur la perception en psychologie et celui des recherches et projets réalisés en terme d'aménagement d'environnement routier.

Par ailleurs, la recherche bibliographique n'a pas montré que les sommets de côte constituent un sur risque. Par contre un sur risque est constaté en descente. Les quelques experts interviewés (CETE-NC) ont confirmé ces recherches. Les experts signalent que le danger constitué par le SC fait suite au manque de visibilité si un virage ou un carrefour se situe après le point haut.

Ces recherches nous ont amenés à

- * Identifier le positionnement latéral des usagers sur la chaussée comme variable pouvant indiquer le niveau de difficulté que peut représenter l'alignement de la route

- * Poser l'hypothèse que les difficultés rencontrées dans notre cas particulier des sommets de côte en ligne droite (LDSC) étaient d'ordre perceptif. C'est-à-dire que l'environnement routier (route, alignement, marquage au sol...) influence perceptivement la tâche de conduite.

- * Tester des aménagements d'infrastructure pour vérifier qu'ils influencent bien et de quelle manière le positionnement de l'usager dans sa voie. Pour ce faire, MSIS (INRETS) a mené une expérimentation sur simulateur de conduite. Le présent document décrit la démarche de l'expérimentation réalisée et les résultats obtenus.

Remarque : Dans une deuxième phase les partenaires (CG 49, ESEO, LRPC Angers, MSIS-INRETS) mèneront une expérimentation sur le site (i.e., D961 dans le Maine-et-Loire).

1 - INTRODUCTION

2.1. - Contexte et intérêts de la recherche

Au niveau européen, 80% des accidents se répartissent en 4 catégories : sortie de route, collisions frontales, collisions en intersection et les accidents impliquant les usagers vulnérables.

En France, les accidents de la route en « rase campagne », hors milieu urbain, ont représenté environ 4000 morts en 2004, soit plus de 70% du nombre total des tués, le risque d'accident mortel y est 4 à 6 fois plus élevé que sur autoroute. Les cas d'insécurité routière sur les routes de rase campagne sont identifiés : plus de 80% des accidents survenant sur ces routes « rurales » peuvent être classés dans une des catégories suivantes : accidents n'impliquant qu'un seul véhicule (e.g., sortie de route ou collision frontale avec les arbres, plots, panneaux...) ; collisions frontales ; collisions dans les intersections et accidents impliquant les usagers vulnérables. Bien que les accidents impliquant un seul véhicule, **qui sont directement liés au contrôle de la trajectoire**, représentent 48% des types d'accidents [OECD99], la problématique du contrôle de la trajectoire n'a pas reçue ou très peu d'attention dans la recherche dans le domaine des transports. C'est la problématique de la vitesse, qui représente seulement 20-25% des accidents mortels ([ARM90], [HAW93], [RSA07]) qui a reçue le plus d'attention de la part des autorités et des chercheurs.

Par ailleurs si les accidents de la route sont dus à des erreurs humaines [VAN92] dans 90% des cas ([DEW02], [WEG07]), la configuration de l'infrastructure a été identifiée comme une cause des accidents contribuant en moyenne à 30% ([RUM85], [O'CI98]). De plus, un rapport belge [RFB02] a montré que 20% étaient liés à la configuration de la route et 15 % à celle des abords. L'influence de la configuration de la route sur les comportements des conducteurs a été soulignée par des études de Saad ([SAA89], [SAA92]). Il ressort donc que c'est souvent la situation qui est principalement responsable des défaillances du conducteur, et pas ses réponses proprement dites. L'idée est que ces défaillances peuvent résulter d'une perception trompeuse de l'environnement, induite par la configuration de la route et de l'environnement. En fait les conducteurs seraient « piégés » par des problèmes de complexité, de visibilité, de lisibilité, etc. [VAN, 97].

Les situations accidentogènes en sommet de côte pourraient avoir une double origine : la structure de l'infrastructure et/ou la perception de l'environnement et de l'infrastructure.

2.2. – L'infrastructure

Une étude, à partir des accidents enregistrés pour des routes à deux voies en côte et en montagne en Californie du Nord et du Centre, a montré que très peu d'accidents résultaient de manœuvre de rabattement en haut du sommet de côte [LEE02]. De plus, Viner ([VIN93], [VIN95]), Zegeer et Council (1995 [ZEG95]), et Batman et al. (1998 [BAT98]) ont étudié les effets des routes en côte, des fossés et des obstacles, sur la fréquence et la sévérité des accidents de la route. Néanmoins, ces études manquent de données détaillées due principalement au coup de collecte et de leur archivage, ce qui a été un obstacle au développement de modèles statistiques détaillés des relations entre les caractéristiques de la route et la fréquence et sévérité des accidents ([HAD95], [COU96], [MIA97]). Le taux d'accident sur les routes rurales en pentes bordées de talus hauts (route encadrée par les talus) est de 67,6% plus élevé que pour les portions de route sans talus ([LEE02]). La pente s'exprime par le rapport de la longueur de la route sur la pente vertical (2:1 ou «steeper», 3:1, 4:1, 5:1, 6:1, or 7:1 ou «flatter») [ZEG87]. Concernant, les tonneaux « rollover » et les sorties de route Zegeer et al. (1987 [ZEG87]) ont trouvé un effet du degré de la pente : les segments de route à fortes pentes (2:1) ont des taux d'accidents plus élevés que les portions de route à faibles pentes (7:1). Pour ces auteurs le taux des sorties de route est un meilleur indicateur des effets des routes en côte que le taux de tonneaux.

Les caractéristiques de la route semblent bien influencer le comportement des conducteurs. Les premières difficultés posées par les sommets de côte, perte temporaire du tracé, sont dues à la caractéristique géométrique du sommet de côte. Mais, une autre difficulté pourrait être due à la perception pour elle-même de l'environnement, perception qui pourrait changer, induire en erreur le conducteur sur la définition des caractéristiques de la route. En effet, la conduite est un comportement complexe qui exige l'extraction et l'intégration de renseignements de sources multiples afin de produire un contrôle sûr et efficace du véhicule. La plupart de l'information liée à la conduite est acquise visuellement, par conséquent tout changement dans le comportement visuel et/ou toute mauvaise perception de l'environnement des conducteurs peut influencer la sécurité de la conduite.

2.3. – Perception de l'environnement

Des études ont souligné la difficulté du conducteur à comprendre l'environnement routier et les marquages au sol (e.g., [WAT80], [MUT98]) qui peuvent aboutir à une mauvaise perception de la situation [WAT80]. Il est reconnu que les accidents survenant en courbe (par exemple) sont dus à une perception erronée des caractéristiques d'alignement [BEL06].

De plus, les recherches sur les processus perceptifs ont montré, entre autres que la géométrie de la route influence le contrôle du regard (e.g., Land & Lee, 1994 [LAN94a]) et qu'une même géométrie de route peut, avec un environnement différent, influencer la perception du conducteur ([VAN90], [BRE03]) ainsi que les stratégies visuelles pour contrôler la trajectoire ([BOE96], [SAL04], [WIL05]). Cette influence a été soulignée par des études qui ont montré que les aménagements de parc municipaux, aux abords des routes, pouvaient réduire le stress lié au voyage et augmenter la sécurité du trafic (e.g., [TOP90], [MOK05]). En complément, une délimitation adaptée de la route supporte la nécessité immédiate du conducteur de suivre sa voie et lui fournit un flux visuel étendu qui lui est nécessaire pour conduire [SCH00]. McKnight et al. (1998 [MCK98]) ont montré qu'un marquage au sol (lignes médianes et de bord de rives) avec un contraste faible coïncidait avec une diminution du maintien de sa voie. De plus, de Waard et al. (2004 [WAA04]) ont montré, sur simulateur de conduite, que l'ajout d'un marquage, par rapport à l'absence de marquage, amenait les participants à conduire plus proche des côtés de la route et que la variabilité dans le positionnement latéral était réduite quand une ligne médiane était rajoutée.

Les précédentes sections font ressortir l'importance des concepts d'attente du conducteur et de régularité, constance de la géométrie de la route dans la sécurité et le design routier, puisque des irrégularités de la route peuvent surprendre le conducteur et aboutir à des erreurs qui augmentent les risques d'accidents. Ce

qui souligne la pertinence de notre problématique du positionnement latéral dans le cadre particulier des sommets de côte en ligne droite.

On entend par sommet de côte, une portion de route de profil en long concave, correspondant à ce que l'on appelle en géométrie routière « angle saillant ». Elle fait l'objet d'une rupture de la pente assez sensible entraînant une perte de visibilité temporaire sur le tracé. Le sommet de côte pose un problème de visibilité et de lisibilité au conducteur. En effet, celui-ci entrave la visibilité de chaque conducteur qui ne pourront voir que brièvement la situation éventuellement conflictuelle que lorsqu'ils seront en haut du sommet de côte [HAN03]. En référence au contrôle de la conduite sur route droite, le conducteur doit déterminer dans quelle direction la voiture doit être orientée pour conduire en ligne droite et réduire les différences entre la trajectoire voulue et l'actuelle. A cette fin deux niveaux du processus visuel sont impliqués ([DON78], [LAN94b], [LAN95]). Le premier niveau définit comment les conducteurs regardent au loin (à l'horizon) le point vers lequel il se dirige pour prévoir l'information visuelle. Le second niveau définit comment les conducteurs regardent l'espace proche de la voiture pour corriger leur trajectoire et leur cap afin de rester dans leur voie. Or dans le cas d'un sommet de côte avec la perte temporaire de visibilité, le conducteur ne peut pas voir si un conducteur arrive en sens inverse, et si ce conducteur, influencé par l'environnement routier tend à dériver vers le centre de la route, il risque de rentrer en collision avec un autre véhicule. De plus, une dérive latérale vers les accotements peut aboutir à une sortie de route en réponse à une sur-corrrection qui, si la vitesse est trop élevée et/ou si un véhicule arrive en face, peut aboutir à un accident.

2 - ETUDE EXPERIMENTALE SUR SIMULATEUR DE CONDUITE

3.1. - Introduction

Des avancées significatives dans la théorie de la conduite ont été effectuées à partir de l'approche de l'information – basée sur la perception initiée par Gibson et étendue par d'autres ([GIB58], [GIB86], [WAR90], [SCH95], [KIM98], [WAR98], [KIM99], [FAJ00], [HIL00], [KAD00], [STO01]). Pour l'approche écologique, l'information fait partie intégrante de l'action. Cette approche, en référence aux travaux de Gibson (1986 [GIB86]) sur les processus perceptifs, conçoit que l'information qui spécifie l'action est directement disponible dans l'environnement, dans l'agencement de ses éléments. Par conséquent, il n'y a pas besoin de traitement, la perception et l'action sont directes. L'information visuelle se trouve dans le flux optique qui est généré par le déplacement de l'observateur. Il est reconnu que l'information fournie par la route au conducteur est essentielle afin qu'il module les paramètres de contrôle de la conduite et évite les comportements à risque [BEL06]. Les informations visuelles, bien qu'il y ait d'autres systèmes sensoriel et moteur, représentent la principale source d'information utilisée dans la conduite ([HIL80], [FOX97], [BEL06]).

Les bords de la route dans le champ visuel et le mouvement local aux bords de la route sont principalement déterminés par le système visuel du conducteur. Le conducteur alors identifie s'il se rapproche ou non des bords de la route. Les informations externes sont déterminantes durant cette estimation [BLA02]. Bressan et al. (2003 [BRE03]) ont montré que selon l'agencement de l'environnement (bords de la route ou ordre d'apparition des portions de routes) les personnes peuvent percevoir une route en côte alors que c'est une descente et inversement (cf. Figure 3.1). Enfin, ils ont montré qu'une portion plate précédée par une portion en pente, sera perçue comme une portion de côte. De plus, la sous-estimation des côtes est plus faible que pour les pentes [BRE03]. L'estimation de l'inclinaison se fait par la comparaison entre l'axe du regard et l'axe normal au vecteur de gravité lequel en référence au niveau normal de regard à la direction de la gravité (GREL, or «gravity-referenced eye level»), lequel coïncide avec la ligne d'horizon géographique («vraie»). Lorsque le point de disparition de la route (le point où les bords de la route semble se rencontrer) est perçu en dessous ou au-dessus du GREL, la route est respectivement perçue comme en pente ou en côte. Mais, les informations vestibulaires et posturales, sur lesquelles est basé le GREL peuvent être contaminé par les informations visuelles [BRE03]. Certaines études montrent que le conducteur en ligne droite préfère regarder vers la fin de la route quand les bords de la route convergent à l'horizon ([SHI78], [SER93], [LAN94a]). L'influence des informations visuelles pourrait accentuer les difficultés ou les erreurs de trajectoires qui pourraient être à l'origine de situations accidentogènes. En effet, la perspective géométrique de la route donne au conducteur toute l'information

nécessaire à propos de son placement latéral sur la route [FRY68]. C'est la convergence de la voie de droite avec la voie de gauche au point de disparition sur l'horizon qui indique au conducteur où il se trouve latéralement [FRY68]. Récemment, Thiffault et Bergeron (2003 [THI03]) ont montré que les caractéristiques géométriques de la route et l'environnement de la route peuvent avoir une influence sur le comportement du conducteur qui peut affecter l'éveil, la vigilance et le traitement de l'information.



Figure 3.1 – La partie proche de la route peut être perçue comme descendante alors qu'en réalité elle est plate. (portion de la N89 entre Ussel et Tulle ; http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:N89_ussel.jpg)

Cette influence de la structure de l'environnement sur la perception des caractéristiques de la route nous a amené à essayer d'identifier les éléments de l'environnement qui contraignent le contrôle du véhicule et les indicateurs perceptivo-cognitifs qui pourraient indiquer les difficultés que peut poser le SDC. Différents types d'aménagements ont donc été utilisés afin d'identifier celui ou ceux qui pourraient avoir une influence sur le positionnement latéral.

Notre étude s'est centrée sur un tracé reposant sur un tracé réel (D961 en Maine-et-Loire). Cette départementale a été choisie par le Conseil Général 49. La situation de conduite rencontrée sur ce tracé, ligne droite en présence de sommets de côte est représentative à presque 80% du réseau secondaire du 49 (Maine-et-Loire).

Cette étude des comportements de conduite dans le cadre des sommets de côte en ligne droite a été réalisée dans une double perspective : (1) établir un diagnostic sur les difficultés que peut poser le sommet de côte aux conducteurs et les conséquences de ces difficultés, (2) essayer d'évaluer les aménagements de l'environnement qui pourraient répondre à ces difficultés, dans la perspective d'améliorer la sécurité des usagers en renforçant la lisibilité du tracé de sommet de côte avec des aménagements paysagers et ainsi de tendre vers une conduite apaisée dans les cas de sommets de côte.

Le cadre de fond de cette étude était d'essayer d'apporter des connaissances pour comprendre les relations complexes impliquées entre les habiletés des conducteurs, leurs comportements et les situations accidentogènes dans le cadre particulier des sommets de côte en ligne droite.

3.2. – Méthode

Il est à noter que des collaborations non initialement identifiées dans cette action ont été réalisées avec le CETE Normandie-Centre, le SETRA et le LAMIH (à travers AJISE). La collaboration avec le CETE-N/C et le SETRA a permis d'une part de définir les types d'aménagements à simuler, et d'autre part elle

devrait permettre d'apporter des éléments de validation de l'utilisation du simulateur de conduite pour le type de situation de conduite étudiée dans le cadre de VIZIR. Dans le cadre de la collaboration INRETS – LAMIH pour l'expérimentation sur simulateur de conduite, les questionnaires utilisés par l'INRETS ont été élaborés et fournis par le LAMIH et seront utilisés partiellement par le LAMIH dans AJISE pour les expérimentations sur site réel.

3.2.1. – Participants

43 personnes ayant le permis depuis au moins 2 ans ont participé à notre recherche. Un participant a arrêté l'expérience pour cause de mal du simulateur, il est donc resté 42 personnes (16 femmes et 26 hommes) de 22 à 58 ans (moy=38,6 ans), 90% des participants avaient entre 26 et 55 ans.

3.2.2. – Simulateur

Les participants ont conduit sur le simulateur à base fixe de l'INRETS (MSIS SIM²). Le simulateur se trouve équipé d'un système haptique avec un volant à retour d'effort. Le simulateur est doté d'un retour visuel dynamique et interactif. La scène virtuelle, projetée couvre 150° du champ visuel du conducteur grâce aux trois écrans de projection (Figure 3.2).



Figure 3.2 – Vue du simulateur MSIS SIM²

3.2.3. – Scénario de la scène simulée

Des scènes routières diurnes, ayant lieu par temps clair ont été projetées. Les scènes présentées étaient des situations de conduite libre sur route dont le tracé avait comme base le tracé de la route D 961 en Maine-et-Loire (49). La route simulée suivait les données topographiques, la largeur de voie, et autres caractéristiques du site réel. Au final, la route simulée faisait 1,5kms en ligne droite avec une largeur de 3m (Figure 3.3).



Figure 3.3 – Un des versants du sommet de côte de la RD961, situation réelle (à gauche) situation simulée (à droite)

3.2.4. – Choix des aménagements simulés – Collaboration avec le CETE-NC & SETRA

Le choix des aménagements (délinéateurs, bandes d'alerte sonores,...) provient de l'état de l'art effectué sur les types d'aménagements utilisés et des discussions avec le CETE Normandie-Centre, le SETRA, l'ESEO et le LRPC d'Angers.

De cette démarche sont ressortis 4 aménagements (Figure 3.4), implantés 150m avant et 150m après le point haut du sommet de côte.

3.2.4.1. – Ligne Médiane Continue (LMC)

Nous avons choisit de placer une ligne blanche continue uniquement sur le sommet de côte, c'est-à-dire qu'il n'y avait aucun marquage au sol sur toute la route simulée avant et après le sommet de côte. Ce choix a été fait pour deux raisons : (1) parce que le marquage au sol sert de référence au conducteur pour qu'il estime à la fois sa position et sa vitesse, ainsi que celles des autres véhicules [GOD82], et (2) parce que le marquage au sol permet la perception du positionnement latéral. En effet, l'aménagement d'une ligne médiane minimise la variabilité du positionnement latéral ([TRI79], [STE00]) et fournit l'information visuelle principale dans le maintien de voie ([RIE81], [RIE82], [BEU95], [BEA96]). Sur simulateur de conduite, McKnight et al., (1998 [MCK98]) et Horberry, Anderson et Regan (2006 [HOR06]) ont montré que l'amélioration de la visibilité du marquage permettait de diminuer la variabilité du positionnement latéral. De plus, des études ont montré que la présence de lignes médianes et de rives réduisaient les accidents de tout type de 20% [MIL92] et celui des accidents impliquant qu'un seul véhicule de 34% [MOS86].

3.2.4.2. – Délinéateurs (balise J6)



Figure 3.5 – Image de délinéateurs (balise J6), balisage des limites de la chaussée.

Les délinéateurs sont des balises (Figure 3.5) qui sont placés le long de la route en succession pour indiquer l'alignement de la route. C'est un aménagement qui est communément utilisé pour montrer une longue section continue dans une ligne droite aussi bien qu'une portion courbe.

Cet aménagement n'est pas communément utilisé pour la signalisation des sommets de côte mais nous les avons choisis pour souligner l'alignement vertical (sommets de côte) dans une perspective de guidage et parce qu'ils sont utilisés dans les sections où les changements d'alignement peuvent porter à confusion. De plus, un avantage des délinéateurs est qu'ils restent visibles la nuit. Les délinéateurs ont été implantés tous les 8m. Ce choix est issu de deux règles : 1) les délinéateurs doivent être implantés avec un espace maximal de 50m et minimal de 5m et 2) le conducteur doit percevoir 5 délinéateurs en même temps en permanence. Dans notre cas avec le SDC et sur le simulateur, 5 délinéateurs étaient visibles en permanence pour un espacement de 8m.

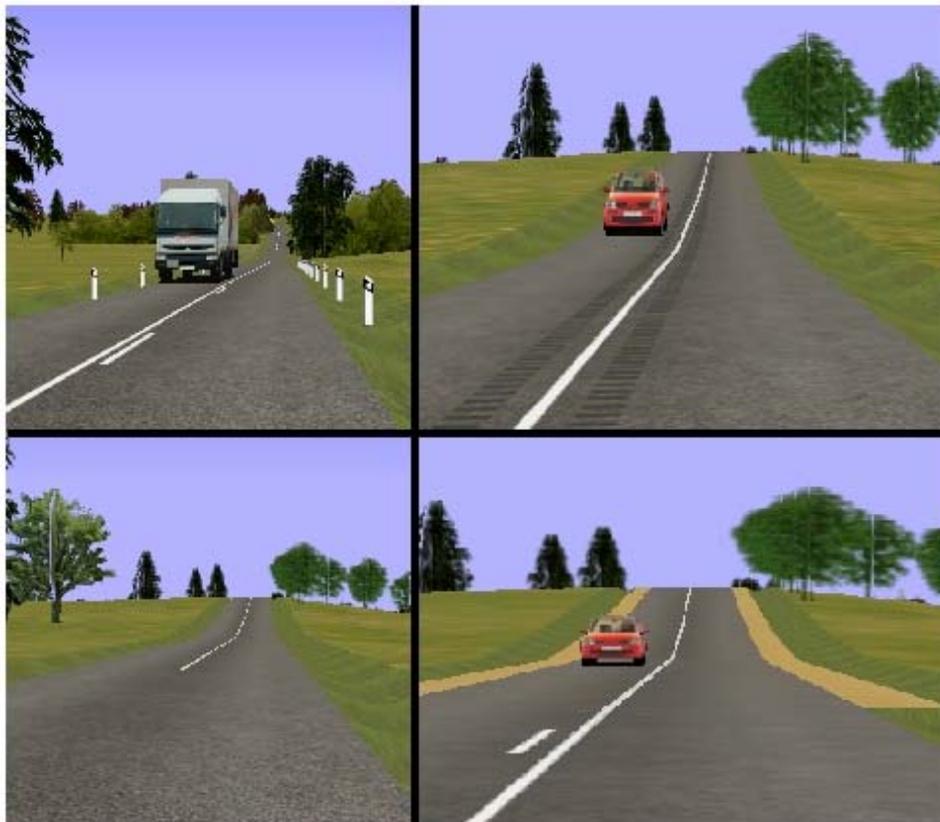


Figure 3.4 – Illustrations des aménagements simulés. Les différents aménagements ont été implantés 150m avant et 150m après le point haut du sommet de côte. Les délinéateurs (en haut à gauche), les bandes d'alerte sonores de part et d'autre de la ligne médiane (BAS, en haut à droite), la ligne médiane continue (LMC, en bas à gauche) et les accotements revêtus (AR, en bas à droite).

3.2.4.3. – Bandes d'alerte sonores (BAS) (« Centerline rumbles strips »)

Il ressort des études sur les aménagements que les bandes rugueuses (nommées bandes d'alerte sonores, Figure 3.6) sont très utilisées sur les accotements en contre mesure des accidents dus aux dérives latérales avec des résultats très positifs ([PER04], [POR04]). L'étude de Persaud et al (2004 [PER04]) a montré que les bandes rugueuses en ligne centrale sont une contre mesure efficace sur les voies bidirectionnelle, en réduisant de 25% les collisions frontales et les collisions latérales en sens opposé et dans la même direction. Ce type d'aménagement serait efficace pour plusieurs types de géométrie de route [BRE03]. Il a été montré que les bandes d'alerte sonores permettaient une réduction de 20% des sorties de route ([GRI99], [HAN00]). De plus, l'aménagement de la ligne médiane avec des bandes d'alerte sonores a un effet plus grand sur la sécurité de conduite que la simple ligne peinte ([GIA99] in [BRE03], [PER04]).

Enfin, cet aménagement a un effet sur la position latérale des véhicules [POR04] et Noyce et Elango (2004 [NOY04])² ont montré que les bandes sonores en ligne médiane permettaient un gain d'attention et étaient une contre-mesure efficace pour les traversées de voie. Pour conclure, ce type d'aménagement a un effet sur le comportement des conducteurs plus prégnant, que les peintures simples, car les vibrations et le bruit qui résultent d'un franchissement de ligne n'existent pas dans le cas d'une ligne peinte [RAS05].

Nous avons choisis les bandes d'alerte sonores de part et d'autre de la ligne médiane afin que les participants perçoivent cet aménagement. Concernant la simulation des BAS, chaque rectangle était de 15 cm x 27 cm, disposé à 10 cm de l'axe médian de la chaussée. Les rectangles étaient espacés de 10 cm entre-eux (Figure 3.7).



Figure 3.6 – Exemples de bandes d'alerte sonores. À côté du marquage (à gauche), sous le marquage (à droite). Technique des trous creusés dans le revêtement (à droite) ou « bourrelets » sur le revêtement (à gauche) puis recouverts d'un marquage ou de part et d'autre du marquage

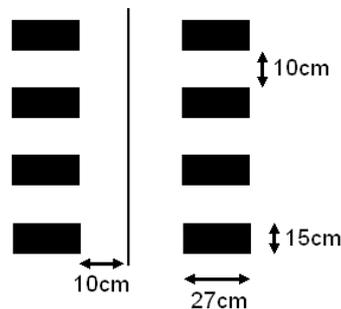


Figure 3.7 – Illustrations de l'implantation des BAS dans la scène simulée.

3.2.4.4. – Accotements Revêtus (AR)

Cet aménagement est généralement utilisé pour augmenter la stabilité des accotements et la sécurité. En France, ils sont réservés à la circulation des piétons (articles R. 43, R. 192 et R. 217 du code de la route), en rase campagne les cyclistes y ont accès (R. 311-1 et R. 431- 9 du Code de la route). Les AR permettent de diminuer de 40 % les accidents sur chaussée bidirectionnelle. Ils réduisent les accidents véhicules seuls, les collision frontales, les accidents impliquant les piétons et les bicyclettes. Revêtir les accotements permet de fournir des informations visuelles, auditives et tactiles pour le conducteur s'écartant de sa trajectoire («path»). La couleur « ocre » a été retenue après discussion avec le CETE Normandie-Centre, les couleurs vert et rouge étant déjà allouées aux pistes cyclables et accotements pour les cyclistes.

L'idée de mettre cet aménagement sur le sommet de côte était que la variation de couleur entre le revêtement et l'accotement apporterait une délinéation supplémentaire en dessinant un chemin grâce au contraste entre les deux. De plus, l'AR permet également les manoeuvres d'évitement et de récupération [CETE89].

² Étude de l'impact des bandes d'alerte sonores en ligne médiane sur les retours au centre de voie sur simulateur de conduite.

Les accotements simulés avaient une largeur d'1m, un son était associé à l'accotement afin que les participants puissent identifier le passage de la chaussée à l'accotement, dans le cas où ils y rouleraient. Par ailleurs, cette identification permet que l'action de rattrapage du participant intervienne plus rapidement [CETE89].

3.2.5. – Procédure expérimentale

L'expérimentation s'est déroulée deux phases d'activité. Une des phases a consisté pour les participants à compléter deux questionnaires, un à leur arrivée et l'autre après la passation. Le premier questionnaire concernait les caractéristiques démographiques, les habitudes de conduites, l'expérience par rapport aux simulateurs et la vision des participants. Le deuxième concernait le ressenti des participants quand aux situations simulées. L'objectif et l'intérêt de ces questionnaires ont été à chaque fois expliqués au participant.

La deuxième phase a consisté en la passation proprement dite sur le simulateur. Après une période de familiarisation avec le simulateur sur une condition neutre, les participants ont conduit sur la situation de référence (SR, simulation de l'aménagement actuel du site réel), puis ils ont été confrontés aux quatre aménagements choisis : ligne médiane continue (LMC), délinéateurs, bandes d'alerte sonores (BAS), et accotements revêtus (AR). Les participants ont tous commencés par la situation de référence puis l'ordre de passation des aménagements a été contrebalancé d'un participant à l'autre pour éviter un effet d'ordre de passage. Le parcours a été le même pour chaque passage, seul l'aménagement du sommet de côte changeait. Les participants ont eu comme consigne de conduire comme ils le feraient dans les mêmes conditions de conduite sur route départementale réelle. Un trafic à contre sens formé de deux fois deux véhicules (une paire dans la première partie de la route avant le premier sommet de côte) a été produit pour que le participant sache qu'il était susceptible de rencontrer des voitures. La deuxième paire était produite de l'autre côté du sommet de côte lorsque le participant était en amont du sommet de côte étudié. Il n'a pas été simulé de trafic devant pour ne pas influencer ni la vitesse, ni les positionnements latéraux des participants (à partir de Lewis-Evans & Charlton, 2006 [LEW06]).

Les participants avaient pour consigne pour la situation de référence de conduire jusqu'au rond-point, de prendre ce rond-point puis de prendre « toutes directions » jusqu'au prochain rond-point, où ils devaient s'arrêter au cédez-le-passage. Un questionnaire leur était remis dans lequel ils devaient dessiner vue de dessus la route qu'ils venaient d'emprunter et d'y indiquer les sommets de côtes qu'ils avaient rencontrés. Dans ce questionnaire il y avait aussi des questions sur le sommet de côte étudié (e.g., dangerosité, signalisation, placement sur la voie...., cf. **annexe 1 - TracéSimulation**). Puis, le participant était confronté aux différents aménagements, après chaque aménagement il devait répondre à deux questions : Une sur le niveau de confort de conduite et une sur le niveau de sécurité de la conduite, le participant avait la possibilité de faire un commentaire sur l'aménagement rencontré (cf. **annexe 2 - Aménagements**). Immédiatement après la dernière passation, le participant était amené à remplir le même questionnaire que celui rempli après la situation de référence (tracé actuel simulé) c'est-à-dire dessiner la route vue de dessus... (cf. **annexe 1 - TracéSimulation**). Ces questionnaires ont été utilisés pour déterminer le niveau d'acceptabilité des aménagements et pour estimer la(les) différence(s) potentielle(s) entre le ressenti des participants et les données numériques recueillies.

Finalement, après la passation de l'expérience (simulation et questionnaires sur aménagements), les participants ont rempli le questionnaire concernant leurs habitudes de conduite (cf **annexe 3 – SignalétiqueHabitudeConduite**) et le questionnaire sur leur ressenti général sur le simulateur de conduite (cf **annexe 4 –RessentiSimu**).

Pour chaque participant l'expérience a duré au total en moyenne 1h30 dont en moyenne 45min de conduite.

3.3. – Données et analyses statistiques

3.3.1. – Données

Afin de comprendre l'influence des aménagements sur le contrôle de la trajectoire, nous avons étudiés les variables suivantes :

- les actions sur les pédales (accélération, ralentissement dû ou non à un freinage) et boîte de vitesse (rétrogradage),
- les positions latérales de la voiture,
- les temps de franchissement des lignes (centrale et de côté) (TLC),
- les vitesses et les accélérations longitudinales adoptées par les conducteurs,
- le cap du véhicule,
- et les actions sur le volant.

La position latérale correspondait à l'intervalle entre le centre de la route et le centre de gravité du véhicule. La variabilité dans les positions latérales permet de mesurer la performance de conduite qui décrit la dimension sécurité des changements dans les comportements de conduite [MCG04].

Les données ont été enregistrées avec une fréquence d'échantillonnage de 30Hz. Quatre sections d'étude ont été déterminées, chacune ayant une longueur de 150m, exceptée la troisième qui faisait 300m (Figure 3.8). La première section (S1) correspondait au sommet de côte précédant celui étudié. La deuxième section (S2) correspondait aux 150m juste avant l'aménagement, la troisième section (S3) d'une longueur de 300m (150m avant et 150m après le point haut du sommet de côte) correspondait à la section aménagée, et la quatrième section (S4) correspondait aux 150m juste après l'aménagement. Ces sections ont été définies afin de déterminer l'influence du moment de perception de l'aménagement (i.e., sans, avant, pendant et après).

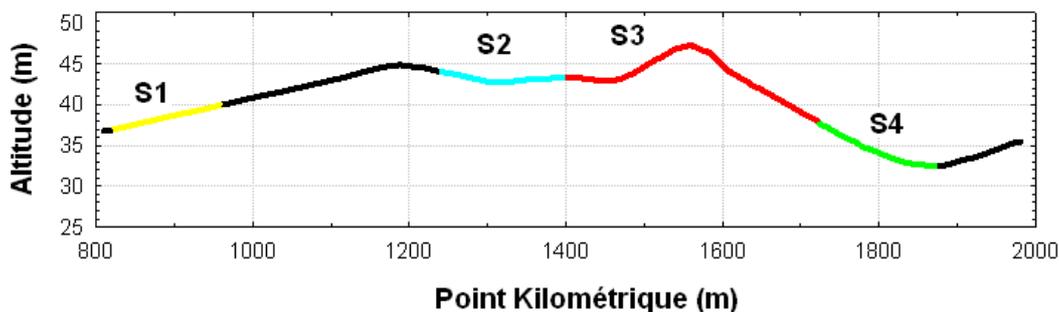


Figure 3.8 – Profil de la route simulée avec les quatre sections étudiées. La route est composée de deux sommets-de-côte, c'est la deuxième qui a été étudié. S1 : section de 150m sur le premier sommet-de-côte qui cache le deuxième (Jaune). S2 : section de 150m avant le début des aménagements (Bleu). S3 : section de 300m (150m avant et 150m après le point haut du sommet-de-côte) qui correspond à l'aménagement du sommet-de-côte (rouge). S4 : section de 150m juste après l'aménagement (Vert).

3.3.2. – Analyses statistiques

Afin de déterminer l'impact des aménagements sur le contrôle de la trajectoire et plus particulièrement sur le positionnement latéral une analyse de variance à un facteur a été réalisée : Aménagement à 5 niveaux (sans, ligne médiane continue, délinéateurs, bandes d'alerte sonores et accotements revêtus) avec mesures répétées.

Afin de déterminer si le moment de perception de l'aménagement (avant, pendant et après) avait une influence sur le positionnement latéral une analyse de variance à un facteur a été réalisée : Section à 4 niveaux (S1, S2, S3 et S4) avec mesures répétées.

Des analyses à posteriori *post-hoc*, des variables prises deux à deux par le test de comparaison planifiée, ont été réalisées dans le but de mettre en évidence la signification des variations par paire. Le seuil de significativité a été fixé à une valeur de probabilité d'hypothèse nulle $p < .05$.

3.4. – Résultats

Nous rappelons que le point de référence pour l'étude du positionnement latéral était le centre de la largeur de la chaussée que l'on nommera par la suite « centre de la route ».

3.4.1. – Effet de l'aménagement et de la zone d'influence sur la trajectoire

3.4.1.1. – Effet de l'aménagement

L'ANOVA n'a pas montré d'effet de l'aménagement sur le positionnement latéral pour la première section (S1, premier sommet de côte : $F(4, 164)=2,10, p=.08$ *n.s.*) mais a montré un effet significatif de l'aménagement pour les trois autres (respectivement, S2 : $F(4, 164)=4,57, p<.001$; S3 : $F(4, 164)=8,76, p<.001$; S4 : $F(4, 164)=2,99, p<.02$) (Figure 3.9). Les analyses *post-hoc* (cf. tableaux 1) ont montré que pour :

1- La section 2 (S2), les positionnements latéraux moyens d'un aménagement n'étaient pas significativement différents d'un autre. La seule différence significative se trouvait entre la situation de référence (SR, marquage actuel simulé) avec chacun des aménagements : ligne médiane continue (LMC), délinéateurs, bandes d'alerte sonores (BAS) et accotements revêtus (AR).

2- La section 3 (S3), les positionnements latéraux moyens sur SR étaient significativement différents de ceux sur les BAS et de ceux sur les AR. Les positionnements latéraux moyens sur les différents aménagements étaient significativement différents entre eux, excepté ceux sur les BAS et les AR et ceux sur la LMC et les délinéateurs qui n'étaient pas significativement différents entre eux.

3- La section 4 (S4), les positionnements latéraux moyens sur SR étaient significativement différents de ceux sur les BAS et de ceux sur les AR. De plus, seuls les positionnements latéraux moyens sur les délinéateurs étaient significativement différents de ceux sur les AR.

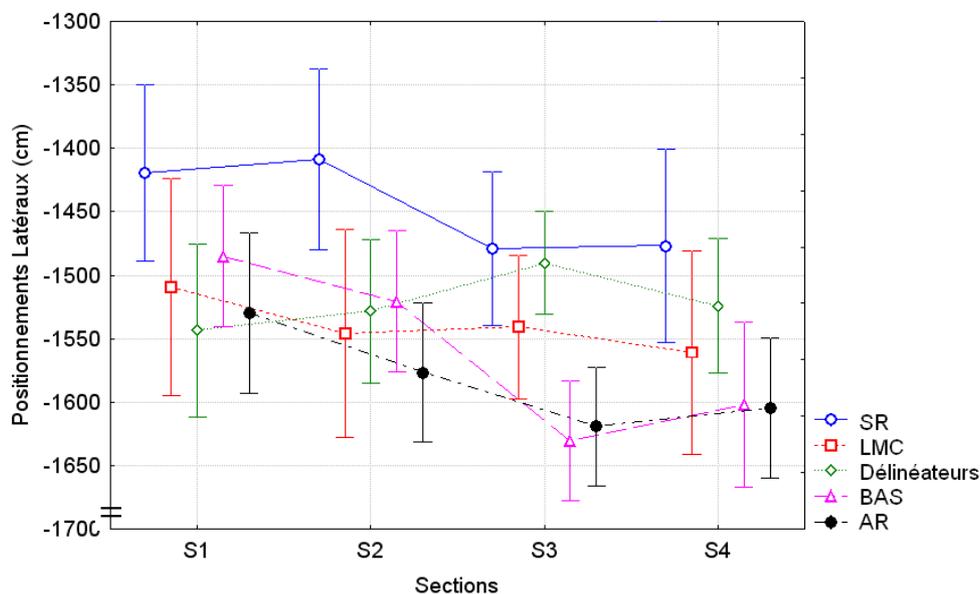


Figure 3.9 – Moyennes et écart-types des positionnements latéraux pour toutes les sections en fonction des aménagements.

Tableau 1 : Résumé des résultats quantitatifs significatifs des analyses *post-hoc* ($p<.05$)

Sections	Aménagements					
	SR	LMC		Délinéateurs		AR
	S2	S3	S4	S3	S3	S4
LMC	.01					
Délinéateurs	.003					
BAS	.005	.0001	.01	.01	.0001	
AR	.001	.0004	.003	.05	.0001	.02

En résumé, les trajectoires pour la section S1 sont similaires quel que soit l'aménagement. Ce résultat est conforme à nos attentes puisque sur cette section les aménagements ne sont pas visibles. Les trajectoires pour la section S2 (juste avant l'aménagement), sur le tracé actuel simulé sont plus proches du centre de la route que pour les autres aménagements. Les trajectoires pour la section S3 (aménagement du SDC) sur le tracé actuel simulé sont plus proches du centre de la route que lorsqu'il y a les BAS ou les AR, pour ces aménagements les trajectoires sont similaires. Les trajectoires pour la LMC et pour les délinéateurs sont similaires entre-elles, ainsi que celles pour les BAS et les AR. Ces dernières se trouvent être plus vers le centre de la voie, par rapport à la SR, qu'avec les autres aménagements. Enfin, pour la section S4 (juste après l'aménagement), la trajectoire sur le tracé actuel simulé est plus proche du centre de la route que lorsqu'il y a les BAS et les AR. Les trajectoires avec les délinéateurs sont plus proches du centre de la route que lorsqu'il y a les AR.

3.4.1.2. – Effet de la zone d'influence

Les résultats n'ont pas montré d'effet de la zone d'influence pour les aménagements, ligne médiane continue (LMC, $F(3, 156)=0,46$, $p=.70$) et délinéateurs ($F(3, 126)=1,09$, $p=.35$), par contre il y avait un effet de la zone d'influence pour la situation de référence (SR, tracé actuel simulé) ($F(3, 156)=4,46$, $p<.005$), pour les bandes d'alerte sonores (BAS, $F(3, 123)=14,49$, $p<.0001$) et pour les accotements revêtus (AR, $F(3, 123)=4,10$, $p<.008$) (Figure 3.10).

Les analyses *post-hoc* (cf. tableau 2) ont montré que pour la route de référence (SR, tracé de actuel simulé) et pour les bandes d'alerte sonores (BAS) :

1- les positionnements latéraux moyens sur la section de référence (S1, pas d'aménagement) n'étaient pas significativement différents de ceux de la section juste avant l'aménagement (S2), et que les positionnements latéraux moyens sur la section de l'aménagement (S3) n'étaient pas différents de ceux sur la section juste après l'aménagement (S4).

2- les positionnements latéraux moyens sur S1 étaient significativement différents de ceux sur S3 et de ceux sur S4.

3- les positionnements latéraux moyens sur S2 étaient significativement différents de ceux sur S3.

Les analyses *post-hoc* ont aussi montré, seulement pour les AR, que les positionnements latéraux moyens sur S1 étaient significativement différents de ceux sur S3.

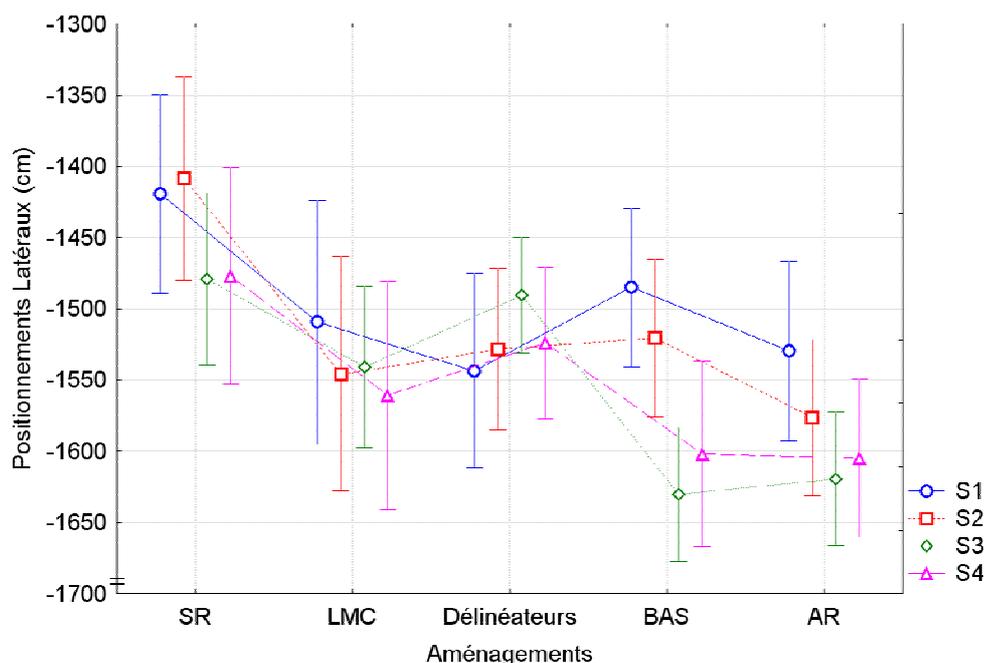


Figure 3.10 – Moyennes et écart-types des positionnements latéraux pour tous les aménagements en fonction des sections.

Tableau 2 : Résumé des résultats quantitatifs significatifs des analyses *post-hoc* ($p < .05$)

Am	Sections				
	S1		S2		
	SR	BAS	AR	SR	BAS
S3	.003	.0001	.01	.003	.0001
S4	.05	.0001	.04	.05	.01

Note. Am = Aménagements, D= Délinéateurs.

En résumé, les trajectoires sont similaires pour les aménagements, LMC et délinéateurs quel que soit de la zone d'influence de l'aménagement. Pour la route de référence et les BAS, les trajectoires sont similaires entre les S1 (sans aménagement) et S2 (juste avant aménagement), et entre les sections S3 (aménagement SDC) et S4 (juste après aménagement). Les trajectoires sont plus proches du centre de la route sur la S1 que sur la S3 et la S4. Les trajectoires sont plus proches du centre de la route sur S2 que sur S3 et sur S4. Enfin, pour les AR, les trajectoires sont plus proches du centre de la route sur S1 que sur S3 et S4.

3.4.2. – Effet de l'aménagement et de la zone d'influence sur la variabilité de la trajectoire (changements dans les positionnements latéraux)

3.4.2.1. – Effet de l'aménagement

L'ANOVA a montré un effet de l'aménagement sur la variabilité du positionnement latéral pour les sections 1 et 4 (respectivement, S1, $F(4, 164)=2,10$, $p < .01$ et S4, $F(4, 164)=4,75$, $p < .001$) mais n'a pas montré d'effet de l'aménagement pour les sections 2 et 3 (respectivement, S2, $F(4, 164)=1,05$, $p = .38$, *n.s.* ; S3, $F(4, 164)=1,03$, $p = .40$, *n.s.*) (Figure 3.11). Les analyses *post-hoc* ont montré que pour les sections 1 et 4, la seule différence significative se trouvait entre LMC avec chacun des autres aménagements.

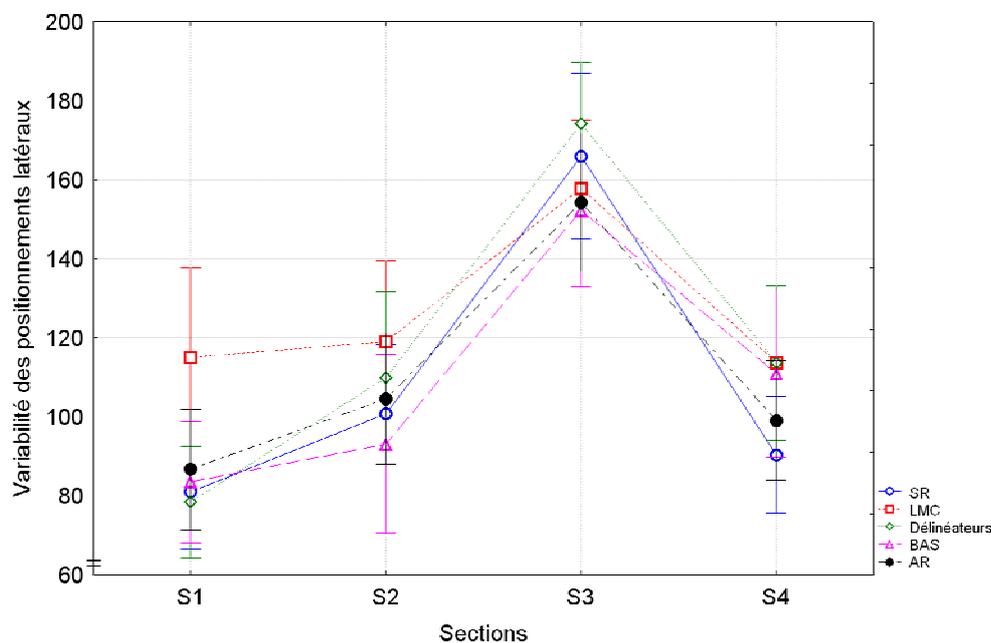


Figure 3.11 – Moyennes et écart-types de la variabilité dans les positionnements latéraux pour toutes les sections en fonction des aménagements.

Tableau 3 : Résumé des résultats quantitatifs significatifs des analyses *post-hoc* ($p < .05$)

Sections	Aménagements			
	SR		LMC	
	S1	S4	S1	S4
LMC	.01	.0001		
Délinéateurs			.006	.03
BAS			.01	.03
AR			.05	

En résumé, la variabilité dans les trajectoires pour les sections 1 et 4 sont significativement différentes uniquement pour l'aménagement ligne médiane continue (LMC).

3.4.2.2. – Effet de la zone d'influence

Les résultats ont montré un effet de la zone d'influence pour tous les aménagements : SR, ($F(3, 156)=23,76, p < .0001$), LMC, ($F(3, 123)=4,65, p < .01$), délinéateurs, ($F(3, 123)=21,03, p < .0001$), BAS, ($F(3, 123)=10,83, p < .0001$) et pour les AR, ($F(3, 123)=15,23, p < .0001$) (Figure 3.12).

Les analyses *post-hoc* (cf. tableau 4) ont montré que pour :

- 1- La SR, la variabilité dans les positionnements latéraux moyens sur la section du SDC (S3, aménagement) était significativement différente de celle des trois autres sections (S1, S2 et S4).
- 2- LMC, la variabilité dans les positionnements latéraux moyens sur S3 était significativement différente de celle des trois autres sections (S1, S2 et S4).
- 3- Les délinéateurs, la variabilité dans les positionnements latéraux moyens sur S1 était significativement différente de celle des trois autres sections (S2, S3 et S4). Les analyses *post-hoc* ont aussi montré que la variabilité dans les positionnements latéraux moyens sur S3 étaient significativement différente de celle des sections 2 et 4.
- 4- Les BAS, la variabilité dans les positionnements latéraux moyens sur S1 était significativement différente de celle des sections 3 et 4. Les analyses *post-hoc* ont aussi montré que la variabilité dans les positionnements latéraux moyens sur S3 étaient significativement différente de celle des sections 2 et 4.
- 5- Les AR, la variabilité dans les positionnements latéraux moyens sur S3 est significativement différente de celle des trois autres sections.

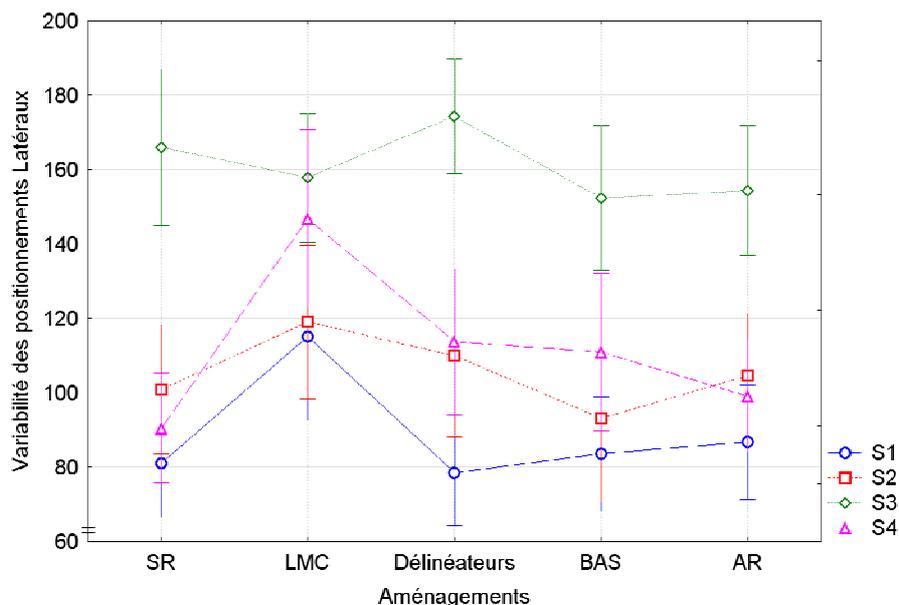


Figure 3.12 – Moyennes et écart-types de la variabilité dans les positionnements latéraux pour tous les aménagements en fonction des sections.

Tableau 4 : Résumé des résultats quantitatifs significatifs des analyses *post-hoc* ($p < .05$)

Am	Sections														
	S1					S2					S3				
	SR	LMC	D	BAS	AR	SR	LMC	D	BAS	AR	SR	LMC	D	BAS	AR
S2			.02												
S3	.0001	.001	.0001	.0001	.0001	.0001	.01	.0001	.0001	.0001					
S4			.001	.05							.0001	.003	.0001	.003	.0001

Note. Am = Aménagements, D= Délinéateurs

En résumé, pour tous les aménagements (SR, LMC, délinéateurs, BAS et AR), la variabilité dans les trajectoires sur la section du sommet de côte (S3) est significativement plus grande que sur les trois autres sections [section de référence (S1), juste avant le SDC (S2) et juste après le SDC (S4)]. Pour les délinéateurs, la variabilité dans les trajectoires est significativement plus faible sur S1 que sur S2 et S4. Pour les BAS, la variabilité dans les trajectoires est significativement plus faible sur S1 que sur S4.

3.5. – Questionnaires relatifs aux aménagements – collaboration avec le LAMIH

L'utilisation de questionnaires comme ceux utilisés dans les études de terrains a été faite dans l'optique d'avoir la même démarche que pour les études de terrains et de pouvoir estimer le niveau d'acceptation des aménagements par les participants, ainsi que d'estimer la concordance entre les données objectives et les données subjectives. De plus, un questionnaire supplémentaire a été décidé afin d'évaluer le ressenti des participants à propos du simulateur. Cette volonté d'utiliser ce type de questionnaire a abouti à une collaboration avec le LAMIH de Valenciennes qui a élaboré les questionnaires et qui les a dépouillés. Dans le cadre de ce livrable ne seront utilisées que les données relatives au questionnaire concernant le sommet de côte (SDC), aux aménagements et à leur signalisation (cf. *annexe 1 - TracéSimulation*) ; ainsi que celles du questionnaire concernant la perception des aménagements (cf. *annexe 2 – Aménagements*), soumis aux participants après la passation de chacun des aménagements. Le questionnaire relatif au SDC, aux aménagements et à leur signalisation a été soumis aux participants une première fois juste après la situation de référence (tracé actuel simulé) puis, pour des raisons de gain de temps, a été soumis aux participants après qu'ils aient vu l'ensemble des aménagements. Le questionnaire signalétique et concernant les habitudes de conduite ainsi que celui concernant le ressenti des participants à propos du simulateur ne seront pas traités dans le cadre de ce livrable.

3.5.1. – Questionnaire relatif au sommet de côte (SDC), aux aménagements et à leur signalisation

3.5.1.1. – Perception du SDC

Dans la situation de référence (tracé actuel simulé), lorsqu'on demande aux participants à quel moment ils ont détecté le SDC, 71% déclarent l'avoir vu avant son franchissement. 80% des hommes déclarent détecter le sommet avant son franchissement, alors que seulement 50 % des femmes déclarent l'avoir détecté avant son franchissement (cf. tableau 1 *annexe 5 – Tableaux-SDC*). Alors qu'après les situations aménagées, 92,86% des participants disent avoir détecté le SDC avant son franchissement (cf. tableau 2 *annexe 5 – Tableaux-SDC*). Il faut signaler que la question ayant été posée après que les sujets aient vu l'ensemble des aménagements nous ne pouvons pas dire s'il s'agit d'un effet cumulé des aménagements et de l'apprentissage de la situation. Par ailleurs, on constate que les femmes qui, pour 50%, déclaraient ne détecter le sommet de côte qu'au moment de son franchissement et ce, en situation de référence, ne sont plus que 13% dans ce cas dans les situations avec les aménagements. Chez les hommes, on ne constate pas de différence entre les deux situations.

Concernant, le niveau de surprise due au SDC et le niveau de dangerosité perçu :

1- dans la situation de référence, 52,39% des participants étaient peu, voire pas du tout surpris, par le SDC alors qu'ils étaient 80,96% dans ce cas avec les aménagements (cf. tableau 3 *annexe 5 – Tableaux-SDC*).

2- la dangerosité du SDC était majoritairement faible et ce de manière similaire dans la situation de référence et dans les situations avec aménagements (cf. tableau 4 *annexe 5 – Tableaux-SDC*).

Concernant, l'estimation de leur positionnement et de leur actions :

1- les participants ont estimé avoir une action (ralentissement, freinage, rétrogradage, rien) suffisante dans toutes les situations. Cependant, il n'y a aucune corrélation entre les estimations dans la situation de référence et après les aménagements, ce qui laisse penser que ce ne sont pas les mêmes sujets qui ont évalué de la même manière leurs actions dans les différentes situations (cf. tableau 5 **annexe 5 – Tableaux-SDC**).

2- les participants ont estimé avoir plutôt un positionnement correct sur la chaussée. La corrélation positive montre que les participants qui estiment avoir un positionnement correct sur la chaussée lors de la situation de référence estiment en avoir un aussi lors des situations avec les aménagements (cf. tableau 6 **annexe 5 – Tableaux-SDC**).

3.5.1.2. – Perception de la signalisation

Dans la situation de référence, lorsqu'on demande aux participants s'ils ont vu la signalisation annonçant le SDC, 38,1% déclarent en avoir vu une, alors qu'ils sont 88,1% après les situations aménagées.

Concernant le rappel du type de signalisation vue, sur l'ensemble des réponses et quel que soit l'ordre de rappel, les participants rappellent trois signalisations de façon plus ou moins équivalente : la ligne blanche, les délinéateurs et les accotements revêtus ; les bandes sonores semblent peu perçues ou rappelées (cf. tableau 7 **annexe 5 – Tableaux-SDC**). Lorsque l'on s'intéresse à l'ordre de rappel, c'est la ligne blanche qui est la signalisation la plus rappelée en premier, arrive ensuite les accotements revêtus et les délinéateurs (cf. tableau 8 **annexe 5 – Tableaux-SDC**).

De plus, pour les questions sur la signalisation auxquelles il ne fallait répondre que lorsqu'elle a été vue, 65% des participants n'ont pas répondu aux questions dans la situation de référence alors que seulement 7,14% des participants n'ont pas répondu concernant les situations avec les aménagements.

Concernant, le niveau d'utilité de la signalisation pour informer du SDC et pour adapter sa conduite au SDC :

1- dans la situation de référence, 19% des participants ont estimé que la signalisation était utile voire tout à fait utile pour informer du SDC alors qu'ils étaient 73% avec les aménagements (cf. tableau 9 **annexe 5 – Tableaux-SDC**).

2- dans la situation de référence, 23% des participants ont estimé que la signalisation était utile voire tout à fait utile pour adapter sa conduite au SDC alors qu'ils étaient 70% avec les aménagements (cf. tableau 10 **annexe 5 – Tableaux-SDC**).

Concernant, le niveau de suffisance de la signalisation pour informer du SDC et pour adapter sa conduite au SDC :

1- dans la situation de référence, 23% des participants ont estimé que la signalisation était suffisante voire tout à fait suffisante pour informer SDC alors qu'ils étaient 55% avec les aménagements (cf. tableau 11 **annexe 5 – Tableaux-SDC**).

2- dans la situation de référence, 15% des participants ont estimé que la signalisation était suffisante voire tout à fait suffisante pour adapter sa conduite au SDC alors qu'ils étaient 55% avec les aménagements (cf. tableau 12 **annexe 5 – Tableaux-SDC**).

Concernant, l'appréciation du moment/endroit de positionnement de la signalisation pour informer du SDC et pour adapter sa conduite au SDC :

1- dans la situation de référence, 15% des participants ont estimé que la signalisation était suffisamment placée tôt voire tout à fait pour informer SDC alors qu'ils étaient 62% avec les aménagements (cf. tableau 13 **annexe 5 – Tableaux-SDC**).

2- dans la situation de référence, 12% des participants ont estimé que la signalisation était suffisante voire tout à fait suffisante pour adapter sa conduite au SDC alors qu'ils étaient 57% avec les aménagements (cf. tableau 14 **annexe 5 – Tableaux-SDC**).

3.5.2. – Questionnaire relatif à la perception des aménagements

Les questions demandaient aux participants d'estimer le confort de conduite et le sentiment de conduite sécurisée provoqués par les aménagements, et les participants à chaque fois ont eu la possibilité de faire un commentaire sur l'aménagement rencontré. Nous rappelons que ces questions ont été posées après la passation de chacune des conditions (situation de référence et les quatre aménagements).

Il y a un effet de conduite confortable et de conduite sécurisée pour les aménagements : bandes d'alerte sonores et les accotements revêtus.

Remarque : Nous attirons votre attention sur le fait que pour l'aménagement des bandes d'alerte sonores, environ 30% des participants ne l'ont pas vu. Par ailleurs, comme il a été montré précédemment, les bandes d'alerte sonores sont l'aménagement qui est le moins bien rappelé, cela peut s'expliquer par le fait qu'il n'ait pas été perçu par 30% des participants.

De plus, l'analyse des commentaires a montré que les bandes sonores et les aménagements sont plus considérés comme des aménagements sécurisants alors que la ligne blanche et les délinéateurs sont estimés dans les mêmes proportions comme sécurisant, non sécurisant et même gênant. La ligne blanche et les délinéateurs font l'objet de demande de signalisation supplémentaire pour informer ou pour aider à prendre le sommet de côte.

3.6. – Discussion

3.6.1. – Le contrôle de la trajectoire

Les conducteurs pour garder leur voie utilisent principalement la perception visuelle, qui est basée sur les éléments de l'environnement tels que les marquages, la délinéation, etc. À partir de là, dans la problématique du contrôle de la trajectoire, nous avons analysé l'impact de différents aménagements perceptifs sur la trajectoire des conducteurs dans le cadre de conduite sur simulateur de conduite sur ligne droite avec sommets de côte. Les résultats de notre expérience montrent que la trajectoire des conducteurs est influencée par la présence d'aménagements perceptifs sur le sommet de côte comparativement à la situation actuelle simulée. Plus particulièrement, notre expérience montre que, lorsqu'un aménagement perceptif est présent, les conducteurs adoptent une trajectoire plus au centre de leur voie, plus vers le bord droit de la route que dans la situation du marquage actuel simulé. Ces résultats suggèrent que dans le cas où un véhicule viendrait en sens inverse au moment du franchissement du sommet de côte, les deux véhicules pourraient se croiser avec une marge de sécurité certaine puisque les aménagements incitent les conducteurs à s'éloigner du centre de la route.

L'expérience montre d'un côté, l'influence significative des aménagements perceptifs sur les trajectoires, et d'un autre côté, que le moment de perception influence le contrôle de la trajectoire. L'expérience montre que ceux sont les bandes d'alerte sonores et les accotements revêtus qui influencent le plus le contrôle de la trajectoire des conducteurs. Cette influence positive des bandes d'alerte sonores sur le contrôle de la trajectoire des conducteurs vont dans le sens des résultats de Noyce et Alango (2004 [NOY04]) pour ce type d'aménagement sur simulateur de conduite. Celle des accotements revêtus va dans le sens de l'étude réalisée par le CETE Normandi-Centre (2002, [CETE02]) sur site réel : RD982, Seine-Maritime) qui a montré que les usagers circulaient plus près du bord droit de la chaussée, suite à la réalisation d'accotement revêtus.

Dans notre cas seuls les accotements revêtus ont un impact similaire à celui des bandes d'alerte sonores, sur le contrôle de la trajectoire ; c'est-à-dire que le conducteur s'éloigne du centre de la route pour se centrer sur sa voie. Les accotements revêtus sont utilisés en contre mesure des sorties de route et l'avantage est que les conducteurs ont du même coup une marge de sécurité supplémentaire en cas de perte de contrôle, comparativement aux bandes d'alerte sonores. Nous suggérons que l'autre avantage est que de part le contraste entre les accotements revêtus et le revêtement de la route, permet de diminuer la charge cognitive pour garder le véhicule dans sa voie et par conséquent la probabilité d'une sur-correction par les conducteurs et/ou un passage dans l'autre voie serait réduite. Suggestion faite en référence à l'étude de Steyvers et de Waard (2000 [STE00]) qui a montré que les lignes en bord de rive contrecarraient la charge cognitive pour rester dans sa voie sur les routes où il y avait un faible contraste entre les limites de la route et les accotements.

Le fait que les délinéateurs n'influencent pas le contrôle de la trajectoire peut refléter deux choses. D'un côté les conducteurs utiliseraient d'avantage les marquages horizontaux que les verticaux, de l'autre les conducteurs pourraient être « stressés » par cet aménagements et chercheraient à s'en écarter, dans la même idée que l'effet mur que les conducteurs ressentent lors de la traversée d'un tunnel ou lorsqu'il y a des bordures d'accotement en béton.

3.6.2. – La variabilité dans le contrôle de la trajectoire

La variabilité a traditionnellement été interprétée, notamment par la théorie cognitive du traitement de l'information, comme un problème ou un bruit devant être minimisé pour atteindre une performance optimale dans une tâche donnée [NEW93]. Dans la conduite, il est présumé que plus le niveau de variabilité dans le positionnement latéral et la vitesse sont élevés, plus les changements brusques dans le positionnement latéral du véhicule sont nombreux et moins le comportement de conduite est sûr [COST99]. Ce qui explique l'étude de la variabilité dans les comportements de conduite pour déterminer le niveau de charge cognitive que nécessite une tâche. La variabilité est souvent utilisée afin de déterminer l'influence d'une seconde tâche ou d'une variable (alcool, médicament...) sur la performance de conduite. Par exemple, les recherches sur les effets distracteurs des téléphones mobiles, navigateurs... montrent que l'habileté des conducteurs à maintenir leur position latérale est négativement affectée (i.e., plus grandes déviations de position latérale et plus grand nombre de déviations de voie) lorsqu'une seconde tâche est réalisée ([GRE93], [JAN94], [DIN95], [TIJ98], [WIK98], [REE99]). L'idée est que la variabilité augmente avec le niveau de charge cognitive [GRE93]. L'intérêt d'étudier la variabilité dans le positionnement latéral est que la variabilité dans les positions latérales permet de mesurer la performance de conduite qui décrit la dimension sécurité des changements dans les comportements de conduite [MCG04].

Dans notre cas des SDC en ligne droite, on peut à première vue se poser la question de l'intérêt d'une telle étude car la conduite en ligne droite ne pose pas de problème particuliers au contraire des courbes ([GRE94], [PAL07], [VIC05]). Néanmoins, l'étude de la variabilité apparaît intéressante dans notre cas avec SDC, car le fait que le SDC cache momentanément la tracé (donc réduit la distance de visibilité) doit entraîné une augmentation de la charge cognitive. En effet, d'une part, l'augmentation de la charge cognitive due à des tâches mentales, produit de la distraction endogène qui affecte la capacité de traitement des stimuli visuels [REC03] et d'autre part plus la distance de visibilité est courte moins l'information visuelle est disponible pour l'évaluation et plus le conducteur doit fréquemment mettre à jour ses prédictions [FIT00]. La distance de visibilité étant la portion de la route visible à un moment donné [FIT00], un SDC sur une route, même en ligne droite va donc poser le problème de la mise à jour des prédictions du conducteur à partir des informations visuelles disponibles. De plus, la présence de trafic ou les obstacles potentiels contraint le conducteur à allouer plus de capacité de traitement pour évaluer visuellement le chemin et pour modifier les prédictions de contrôle.

Dans notre expérience, il est à noter que le fait que la variabilité sur la première section soit significativement plus élevée uniquement pour le LMC souligne le fait que le rajout de marquage diminue la variabilité dans les positionnements latéraux et que le marquage aide le conducteur à se guider ([MCK98], [STE00], [WAA04]). Ces résultats vont dans le sens de ceux de de Waard, Steyvers et Brookhuis (2004 [WAA04]) qui ont montré, sur simulateur de conduite, que l'ajout d'un marquage, par rapport à l'absence de marquage, amenait les participants à conduire plus proche des côtés de la route et que la variabilité dans le positionnement latéral était réduite quand une ligne médiane était rajoutée.

Les résultats sur la variabilité dans le positionnement latéral ont montré que la variabilité est significativement plus élevée sur le SDC que sur les autres sections de la route, ce qui confirme notre hypothèse que le SDC représente bien une charge cognitive importante pour le conducteur. De plus, même si la variabilité reste importante sur le SDC et ce pour tous les aménagements, les résultats montrent que la variabilité la plus faible se trouve avec les BAS et les AR. Nous suggérons que les BAS et AR ne rajoutent pas de charge cognitive contrairement à la LMC et aux délinéateurs (en référence à [STE00]).

Par ailleurs, lorsque la distance de visibilité est limitée, c'est l'expérience qu'a le conducteur pour un type de route qui est prépondérante. Celle-ci est fonction du nombre de fois que le conducteur a conduit sur une route de même type. Les similarités d'une route avec d'autres ainsi que la précision des prédictions faites sur ces routes amène le conducteur à avoir des attentes quand il rencontre le même type de route [FIT00]. A partir de là, dans notre cas du SDC, on pourrait penser que les personnes ayant l'expérience d'un trajet comprenant un SDC et l'expérience de la conduite en SDC pourraient pallier au manque d'information visuelle dû à la présence du SDC et donc par conséquent permettre de réduire la charge cognitive et donc la variabilité dans le positionnement latéral. Dans notre expérience, le fait que la variabilité dans les trajectoires soit élevée sur le SDC quel que soit l'aménagement et que le questionnaire sur les habitudes de conduite montre que les participants conduisent fréquemment en agglomération, sur

les voies rapides et sur les autoroutes, nous fait suggérer que les participants n'ont pas pu pallier au manque d'information visuelle par leur expérience du type de route rencontrée (Ligne droite présentant un sommet de côte).

Ces résultats sur la variabilité confirment que le SDC est bien une problématique *per se* en termes de sécurité routière.

3 - CONCLUSION

Nos résultats sur le simulateur montrent que l'utilisation d'aménagements perceptifs tels que les bandes d'alerte sonores ou les accotements revêtus aident dans le maintien de la trajectoire (i.e., plus au centre de la voie). Ces deux aménagements apparaissent être des dispositifs effectifs pour le contrôle de la trajectoire et pour diminuer les dérives latérales diminuant par conséquent la probabilité de franchissement ou de chevauchement de la ligne médiane au moment du franchissement du sommet de côte. Les bandes d'alerte sonores et accotements revêtus fourniraient des informations différentes et supplémentaires aux conducteurs, de plus, les accotements revêtus fourniraient une marge supplémentaire dans le cas de déport vers la droite.

De plus, nos résultats montrent que la variabilité dans la trajectoire peut être un indicateur des difficultés que peut poser une ligne droite en présence de SDC. L'idée étant que plus les trajectoires sont variables, sur une section de route particulière, plus la charge cognitive est élevée et moins le conducteur aura d'attention disponible pour gérer un événement imprévu.

ANNEXE 1 - TRACESIMULATION

Habitudes et style de conduite

Code participant :

Page 1

**Laboratoire d'Automatique et de Mécanique Industrielles et Humaines
(LAMIH : UMR 8530)
Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis (UVHC)
Le Mont Houy F-59313 Valenciennes Cedex 9**

Code du Participant :

Date et Heure de l'initiation :

Date et Heure de la passation :

B-1 Dessinez la portion de route comprenant le sommet de côte ainsi que la trajectoire de votre véhicule.

Habitudes et style de conduite

Code participant :

Page 2

B-2 À quel moment avez-vous détecté le sommet de côte ?

Non détecté Avant sa traversée Pendant sa traversée Après sa traversée

B-3 Avez-vous été surpris(e) par le sommet de côte ?

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 Tout à fait

B-4 Pourquoi :

B-5 Le sommet de côte vous a t il semblé dangereux ?

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 Tout à fait

B-6 Avez-vous ralenti par rapport au sommet de côte ?

Non Oui, en rétrogradant Oui, en freinant

B-7 Votre action a été suffisante ?

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 Tout à fait

B-8 Etiez-vous correctement positionné (e) sur la voie

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 Tout à fait

B-9 Avez-vous vu des éléments de signalisation du sommet de côte (panneaux, marquage au sol)?

Oui Non

B-9.1 Si oui, citez ou dessinez la (les) signalisation(s) vue(s) :

 Habitudes et style de conduite

Code participant :

Page 3

B-9.2 Dans le cas où la signalisation a été vue, elle est :
B-9.2.1 Utile pour être informé du sommet de côte

Pas du tout d'accord 1 2 3 4 5 6 7 Tout à fait d'accord

B-9.2.2 Utile pour adapter la conduite au sommet de côte

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 Tout à fait

B-9.2.3 Suffisante pour être informé du sommet de côte

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 Tout à fait

B-9.2.4 Suffisante pour adapter la conduite au sommet de côte

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 Tout à fait

B-9.2.5 Placée assez tôt pour être informé du sommet de côte

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 Tout à fait

B-9.2.6 Placée assez tôt pour adapter la conduite au sommet de côte

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 Tout à fait

B-10 Des informations supplémentaires sont nécessaires pour :**B-10.1 Avertir du sommet de côte**

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 Tout à fait

B-10.2 Adapter sa conduite au sommet de côte

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 Tout à fait

ANNEXE 2 - AMMENAGEMENTS

Aménagement du sommet de côte

Code participant :

Page 1

**Laboratoire d'Automatique et de Mécanique Industrielles et Humaines
(LAMIH : UMR 8530)
Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis (UVHC)
Le Mont Houy F-59313 Valenciennes Cedex 9**

Code du Participant :

Date et Heure de l'initiation :.....

Date et Heure de la passation :

C-1 Aménagement actuel

C-1.1 L'aménagement qui vous a été proposé vous a-t-il permis d'avoir une conduite confortable ?

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 Tout à fait

C-1.2 L'aménagement qui vous a été proposé vous a-t-il permis d'avoir une conduite sécurisée ?

Pas du tout 1 2 3 4 5 6 7 Tout à fait

C-1.3 Avez-vous un commentaire particulier au sujet de l'aménagement qui vous a été proposé ?

Les questions ont été les mêmes pour chaque aménagement rencontré
(Tracé simulé, LMC, Délinéateurs, BAS, AR)

ANNEXE 3 - SIGNALÉTIQUE HABITUDE DE CONDUITE

Habitudes et style de conduite

Code participant :

Page 1

Laboratoire d'Automatique et de Mécanique Industrielles et Humaines

(LAMIH : UMR 8530)

Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis (UVHC)

Le Mont Houy F-59313 Valenciennes Cedex 9

Code du Participant :

Date et Heure de l'initiation

Date et Heure de la passation :

Informations générales

G-1 Age : G-2 Sexe :

G-3 Profession ou domaine d'études

G-4 Vous êtes : Droitier Gaucher Ambidextre - Score au test d'Edinburgh :

G-5 Avez-vous des problèmes de vision Oui Non

Si oui, lesquels :

Type de correction :

.....

G-6 Taille : G-7 Poids :

G-8 Sport(s) pratiqué (s) et fréquence

.....

.....

Habitudes et style de conduite

Code participant :

Page 2

Répondez aux questions suivantes, en cochant la case correspondant à la main avec laquelle vous effectuez l'action correspondant à la question posée. En cas d'indétermination, vous pouvez cocher les deux cases.

1) Avec quelle main écrivez-vous ?

Gauche ? Droite ?

2) Avec quelle main dessinez-vous ?

Gauche ? Droite ?

3) Avec quelle main lancez-vous une balle ?

Gauche ? Droite ?

4) Avec quelle main découpez-vous une feuille avec une paire de ciseaux ?

Gauche ? Droite ?

5) Avec quelle main vous brossez- vous les dents ?

Gauche ? Droite ?

6) Avec quelle main utilisez-vous un couteau ?

Gauche ? Droite ?

7) Avec quelle main utilisez- vous une cuiller ?

Gauche ? Droite ?

8) Pour balayer, quelle main mettez- vous en haut du balai ?

Gauche ? Droite ?

9) Avec quelle main grattez-vous une allumette ?

Gauche ? Droite ?

10) Avec quelle main utilisez-vous un ouvre-boîte ?

Gauche ? Droite ?

11) Avec quel pied tapez-vous dans un ballon ?

Gauche ? Droit ?

12) Avec quel oeil visez-vous une cible ?

Gauche ? Droit ?

Habitudes et style de conduite

Code participant : Page 3

Répondez aux questions suivantes, soit en cochant la case correspondant à votre réponse, soit en inscrivant votre réponse sur les lignes en pointillés

A-1 Votre vision est-elle corrigée pour la situation de conduite ? Oui Non

Si oui : Lunettes Lentilles

A-2 Véhicule(s) couramment utilisé(s) :

A-3 Précisez la puissance fiscale : 4CV 5CV 6-7CV 8CV et +

A-4 Avez-vous une boîte de vitesse automatique ? Oui Non

A-5 Autres dispositifs automatiques disponibles dans votre véhicule (BVA, ABS, ESP...)?
.....

A-6 Quel(s) permis de conduire avez-vous ?

A-7 Nombre d'années de conduite :

A-8 Nombre de points actuellement sur votre permis :

A-9 Quel est le nombre de kilomètres que vous parcourez par semaine

- Moins de 20 km Entre 100 et 250 km
- Entre 20 et 50 km Entre 250 et 500 km
- Entre 50 et 100 km Plus de 500 km

Ou si vous préférez, indiquez le nombre de kilomètre s par an :

A-10 Dans la majorité de vos déplacements, vous roulez :

- Seul(e) Accompagné(e)

Si accompagné(e), précisez par qui (conjoint, amis, collègues, enfants, etc) :

.....

Leur présence influence-t-elle votre conduite ? Oui Non

Si oui, expliquez en quoi :

.....

A-11 Quelles vitesses pratiquez-vous habituellement ?

Agglomération	Petites routes sinueuses campagne, montagne	Autres départe- Mentales ou nationales	Voies rapides Rocades	Autoroute

A-12 Avez-vous déjà été victime d'accident(s) de la route ? Oui Non

Si oui, combien ?

A-13 Eprenez-vous fréquemment certaines gênes en conduisant (mal au dos, aux yeux, mal des transports...)?

- Oui Non

Si oui, lesquelles :

Habitudes et style de conduite

Code participant :

Page 4

A-14 A quelle fréquence conduisez-vous sur ces différents réseaux routiers ?

Agglomération : Rarement Parfois Souvent Très souvent

Petites routes sinueuses : Rarement Parfois Souvent Très souvent

(campagne, montagne...)

Autres départementales ou nationales : Rarement Parfois Souvent Très souvent

Voies rapides ou rocades : Rarement Parfois Souvent Très souvent

Autoroute : Rarement Parfois Souvent Très souvent

A-15 Classez les types de routes suivantes selon votre préférence

(1 : le type de route préféré; 5 : le type de route le moins aimé)

Agglomération	Petites routes sinueuses campagne, montagne	Autres départe- Mentales ou nationales	Voies rapides Rocades	Autoroute

Pour votre premier choix : expliquez pourquoi.....

.....

Pour votre dernier choix : expliquez pourquoi

.....

A-16 Avec quelle fréquence conduisez-vous sur des itinéraires non familiers ?

Rarement Parfois Souvent Très souvent

A-17 Sur autoroute, quelle file avez-vous tendance à occuper ?

Autoroute à 2 voies : voie gauche voie droite

Autoroute à 3 voies : voie gauche voie milieu voie droite

A-18 Sur vos trajets habituels, rencontrez-vous régulièrement des difficultés particulières ?

Oui Non

Si oui, lesquelles :

.....

.....

A-19 Citez une ou deux situations, actions ou manoeuvres de conduite qui sont, pour vous, les plus

difficiles ?

.....

.....

A-20 Avez-vous déjà eu un retrait de permis ?

Oui Non

Habitudes et style de conduite

Code participant :

Page 5

Pour les questions suivantes, répondez en positionnant votre réponse à la manière d'un curseur sur la ligne.

Exemple : Consommez-vous souvent du chocolat ?

jamais ----- *très souvent*

A-21 Vous préférez les freinages :

réguliers ----- vifs et
et légers ----- intenses

A-22 En général, vous changez de rapport de vitesse :

rarement ----- souvent

A-23 Pour vous, la conduite automobile est une activité :

très déplaisante ----- très plaisante

A-24 Évaluez votre maîtrise de l'activité de conduite.

faible ----- très bonne

A-25 Vous arrive-t-il de vous énerver au volant ?

jamais ----- très souvent

A-26 Parmi les déterminants de votre manière de conduire, quelle part attribuez-vous aux éléments externes matériels tels que l'infrastructure (état des routes, signalisation...) ou les conditions météorologiques ?

faible ----- importante

A-27 Êtes-vous agressif(ve) envers les autres usagers de la route (insultes, gestes de la main, appels de phare, coups de klaxon) ?

jamais ----- très souvent

A-28 Vous préférez les accélérations :

régulières ----- vives et
et légères ----- intenses

A-29 En conduite en file, quelle distance avez-vous tendance à garder par rapport au véhicule qui vous précède ?

faible ----- importante

A-30 En général, êtes-vous anxieux(se) quand vous devez conduire ?

pas du tout ----- beaucoup

A-31 En général, les autres conducteurs sont :

peu prudents ----- très prudents

A-32 En général, sur autoroute, vous faites des manoeuvres (changements de file et dépassements) :

rarement ----- souvent

A-33 Appréciez-vous de prendre des risques en conduisant ?

pas du tout ----- beaucoup

Habitudes et style de conduite

Code participant :

Page 6

A-34 En général, quand vous êtes sur une bretelle d'accès à une voie rapide, vous essayez de « forcer » votre insertion :

jamais ----- très souvent

A-35 En général, êtes-vous stressé(e) en conduisant ?

jamais ----- toujours

A-36 Quand vous conduisez, vous...

pensez facile- ----- êtes très
ment à autre chose attentif(ve)

A-37 En général, par rapport aux autres conducteurs, vous conduisez...

moins vite ----- plus vite

A-38 Dans l'activité de conduite, vous avez la sensation ...

de contrôler ----- d'être à la merci
ce qui ce passe des
impondérables

A-39 Vous commettez des infractions au code de la route :

rarement ----- souvent

A-40 Quel effort vous coûte la conduite ?

aucun effort ----- un gros effort

A-41 En général, vous êtes un conducteur (une conductrice) :

peu prudent(e) ----- très prudent(e)

A-42 Caractérissez votre conduite.

peu nerveuse ----- très nerveuse

A-43 Les autres conducteurs commettent des infractions au code de la route :

rarement ----- souvent

A-44 Conduisez-vous de façon économique ?

jamais ----- toujours

A-45 En général, lors que un véhicule arrivant à votre droite sur une voie d'accélération tente de s'insérer devant votre véhicule, vous cherchez à faciliter son insertion :

rarement ----- souvent

A-46 Selon vous, la conduite est une activité :

peu risquée ----- très risquée

A-47 Parmi les déterminants de votre manière de conduire, quelle part attribuez-vous au trafic ?

faible ----- importante

A-48 Si vous avez un véhicule personnel, évaluez votre « attachement » à celui-ci.

aucun ----- très fort

A-49 Dans la vie de tous les jours, êtes-vous agressif (ve) ?

pas du tout ----- beaucoup

A-50 Dans la vie de tous les jours, êtes-vous anxieux (se) ?

pas du tout ----- beaucoup

Habitudes et style de conduite

Code participant :

Page 7

Dans le cas où vous avez été victime d'un accident, répondez aux questions suivantes

Accident(s) de voiture.

- Accident(s) grave(s) corporel(s) : Oui Non

Si oui, combien ? conducteur passager piéton

Combien durant la dernière année ?..... (renseigner avec des chiffres si plus d'un accident de ce type)

- Accident(s) grave(s) matériel(s) : Oui Non

Si oui, combien ? conducteur passager piéton

Combien durant la dernière année ?..... (renseigner avec des chiffres si plus d'un accident de ce type)

- Accident(s) sans gravité : Oui Non

Si oui, combien ? conducteur passager piéton

(renseigner avec des chiffres si plus d'un accident de ce type)

Accidents impliquant d'autres types de véhicules.

Transports en commun : Oui Non

Si oui, passager piéton

corporel matériel grave matériel sans gravité

Moto : Oui Non

Si oui, conducteur passager piéton

corporel matériel grave matériel sans gravité

Vélo: Oui Non

Si oui, conducteur piéton

corporel matériel

Précisez les circonstances de l'accident qui vous a le plus marqué(e) :

.....
.....

Avez-vous conservé des craintes particulières suite à cet accident ? Oui Non

Si oui, précisez lesquelles ?

.....
.....
.....
.....

ANNEXE 4 - RESENTISIMU

Perception Simulation

Code participant :

Page 1

**Laboratoire d'Automatique et de Mécanique Industrielles et Humaines
(LAMIH : UMR 8530)
Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis (UVHC)
Le Mont Houy F-59313 Valenciennes Cedex 9**

Code du Participant :

Date et Heure de l'initiation :.....

Date et Heure de la passation

Répondez aux questions en cochant une case ou en positionnant votre réponse à la manière d'un curseur sur la ligne ou encore en texte libre.

D-1 La conduite en simulateur vous a-t-elle semblé plus difficile que ne l'aurait été la conduite réelle, sur un trajet équivalent à celui que vous venez d'effectuer ?

Oui Non

Si oui, quantifiez la difficulté supplémentaire en donnant une note de 0 à 10 :/10

D-2 Évaluez le réalisme de la conduite en simulateur, du point de vue de la conduite elle-même.

très mauvais----- très bon

D-3 Évaluez le réalisme de la conduite en simulateur, du point de vue des paysages.

très mauvais----- très bon

D-4 Que pensez-vous que la durée de la familiarisation ?

trop courte satisfaisante trop longue

Si « trop courte », de combien de temps auriez-vous aimé prolonger cette session d'initiation ?

.....min

Si « trop longue », combien de temps aurait suffi ?min

D-5 Le fait d'être observé ou filmé a-t-il influencé votre comportement pendant la conduite ?

Pas du tout ----- beaucoup

D-6 Avez-vous eu des sensations de nausée pendant la conduite ?

pas du tout ----- beaucoup

D-7 Vous pouvez ajouter en texte libre tout commentaire que vous jugerez utile par rapport à cette familiarisation à la conduite en simulateur.

ANNEXE 5 - TABLEAUX-SDC

Tableau 1 : répartition des participants selon le moment de détection du sommet de côte lors de la situation de référence

Catégories	non détecté	avant	pendant	après
effectif	0	30	12	0
pourcentage	0%	71,43%	28,57%	0%

Tableau 2 : répartition des participants selon le moment de détection du sommet de côte avec aménagements

Catégories	non détecté	avant	pendant	après
effectif	0	39	3	0
pourcentage	0%	92,86%	7,14%	0%

Tableau 3 : répartition des participants selon leur niveau de surprise due au sommet de côte

catégories		1(pas du tout)	2	3	4	5	6	7(tout à fait)
situation de référence	pourcentage	30,96%	21,43%	9,52%	9,52%	21,43%	4,76%	2,38%
	pourcentages cumulés	30,96%	52,39%	61,91%	71,43%	92,86%	97,62%	100,00%
situation avec les aménagements	pourcentage	38,10%	42,86%	9,52%	4,76%	2,38%	2,38%	0%
	pourcentages cumulés	38,10%	80,96%	90,48%	95,24%	97,62%	100,00%	100,00%

Tableau 4 : répartition des participants selon le niveau de dangerosité perçue

catégories		1(pas du tout)	2	3	4	5	6	7(tout à fait)
situation de référence	pourcentage	19,05%	26,19%	7,15%	16,67%	9,52%	9,52%	11,90%
	pourcentages cumulés	19,05%	45,24%	52,39%	69,06%	78,58%	88,10%	100,00%
situation avec les aménagements	pourcentage	19,05%	16,67%	16,67%	9,52%	19,05%	14,28%	4,76%
	pourcentages cumulés	19,05%	35,72%	52,39%	61,91%	80,96%	95,24%	100,00%

Les différences n'étaient pas significatives (NS ; $\alpha = 0,05$).

Tableau 5 : répartition des participants selon leur estimation de la suffisance de leur action

catégories		1(pas du tout)	2	3	4	5	6	7(tout à fait)
situation de référence	pourcentage	7,14%	7,14%	4,77%	9,52%	23,81%	16,67%	30,95%
	pourcentages cumulés	7,14%	14,28%	19,05%	28,57%	52,38%	69,05%	100,00%
situation avec les aménagements	pourcentage	2,39%	0,00%	9,52%	9,52%	23,81%	33,33%	21,43%
	pourcentages cumulés	2,39%	2,39%	11,91%	21,43%	45,24%	78,57%	100,00%

Tableau 6 : répartition des participants selon l'estimation de leur positionnement correct sur la chaussée

catégories		1(pas du tout)	2	3	4	5	6	7(tout à fait)
situation de référence	pourcentage	0,00%	4,77%	9,52%	9,52%	19,05%	23,81%	33,33%
	pourcentages cumulés	0,00%	4,77%	14,29%	23,81%	42,86%	66,67%	100,00%
situation avec les aménagements	pourcentage	4,76%	0,00%	2,38%	2,38%	21,43%	38,10%	30,95%
	pourcentages cumulés	4,76%	4,76%	7,14%	9,52%	30,95%	69,05%	100,00%

(rang de spearman = 0,639; $p < 0,05$).

Tableau 7 : répartition des rappels des différentes signalisations

Catégories	Ligne blanche	Délinéateur	Bandes sonores	Accotement revêtu
Pourcentages	26%	30%	13%	31%

Tableau 8 : répartition selon l'ordre de rappel

Ordre de rappel	1	2	3	4
Ligne blanche	35,71%	23,33%	14,29%	28,57%
Délinéateur	28,57%	23,33%	38,10%	42,86%
Bandes sonores	14,29%	13,33%	9,52%	14,29%
Accotement revêtu	21,43%	40,00%	38,10%	14,29%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tableau 9 : répartition des participants selon le niveau d'utilité de la signalisation pour informer du sommet de côte

catégories		1(pas du tout)	2	3	4	5	6	7(tout à fait)	NR
situation de référence	pourcentage	4,76%	4,76%	0,00%	7,14%	7,14%	0,00%	11,90%	64,29%
	pourcentages cumulés	4,76%	9,52%	9,52%	16,67%	23,81%	23,81%	35,71%	100,00%
situation avec les aménagements	pourcentage	9,52%	4,76%	0,00%	4,76%	30,95%	21,43%	21,43%	7,14%
	pourcentages cumulés	9,52%	14,29%	14,29%	19,05%	50,00%	71,43%	92,86%	100,00%

($X^2 = 36,46$; $\alpha = 0,001$).

Tableau 10 : répartition des participants selon le niveau d'utilité de la signalisation pour adapter la conduite au sommet de côte

catégories		1(pas du tout)	2	3	4	5	6	7(tout à fait)	NR
situation de référence	pourcentage	2,38%	2,38%	0,00%	7,14%	7,14%	2,38%	14,29%	64,29%
	pourcentages cumulés	2,38%	4,76%	4,76%	11,90%	19,05%	21,43%	35,71%	100,00%
situation avec les aménagements	pourcentage	4,76%	2,38%	2,38%	11,90%	28,57%	19,05%	23,81%	7,14%
	pourcentages cumulés	4,76%	7,14%	9,52%	21,43%	50,00%	69,05%	92,86%	100,00%

($X^2 = 31,88$; $\alpha = 0,001$).

Tableau 11 1: répartition des participants selon le niveau de suffisance de la signalisation pour informer du sommet de côte

catégories		1(pas du tout)	2	3	4	5	6	7(tout à fait)	NR
situation de référence	pourcentage	9,52%	7,14%	2,38%	7,14%	7,14%	2,38%	0,00%	64,29%
	pourcentages cumulés	9,52%	16,67%	19,05%	26,19%	33,33%	35,71%	35,71%	100,00%
situation avec les aménagements	pourcentage	9,52%	7,14%	9,52%	11,90%	19,05%	19,05%	16,67%	7,14%
	pourcentages cumulés	9,52%	16,67%	26,19%	38,10%	57,14%	76,19%	92,86%	100,00%

($X^2 = 34,42$; $\alpha = 0,001$).

Tableau 12 : répartition des participants selon le niveau de suffisance de la signalisation pour adapter la conduite au sommet de côte

catégories		1(pas du tout)	2	3	4	5	6	7(tout à fait)	NR
situation de référence	pourcentage	7,14%	4,76%	4,76%	2,38%	11,90%	4,76%	0,00%	64,29%
	pourcentages cumulés	7,14%	11,90%	16,67%	19,05%	30,95%	35,71%	35,71%	100,00%
situation avec les aménagements	pourcentage	4,76%	9,52%	4,76%	19,05%	19,05%	21,43%	14,29%	7,14%
	pourcentages cumulés	4,76%	14,29%	19,05%	38,10%	57,14%	78,57%	92,86%	100,00%

($X^2 = 36,66$; $\alpha = 0,001$).

Tableau 13 : répartition des participants selon leur appréciation du moment/endroit de positionnement de la signalisation pour informer du sommet de côte

catégories		1(pas du tout)	2	3	4	5	6	7(tout à fait)	NR
situation de référence	pourcentage	7,14%	4,76%	4,76%	4,76%	7,14%	7,14%	0,00%	64,29%
	pourcentages cumulés	7,14%	11,90%	16,67%	21,43%	28,57%	35,71%	35,71%	100,00%
situation avec les aménagements	pourcentage	9,52%	7,14%	2,38%	11,90%	26,19%	19,05%	16,67%	7,14%
	pourcentages cumulés	9,52%	16,67%	19,05%	30,95%	57,14%	76,19%	92,86%	100,00%

($X^2 = 34,67$; $\alpha = 0,001$).

Tableau 14 : répartition des participants selon leur appréciation du moment/endroit de positionnement de la signalisation pour adapter la conduite au sommet de côte

Catégories		1(pas du tout)	2	3	4	5	6	7(tout à fait)	NR
situation de référence	pourcentage	7,14%	2,38%	2,38%	11,90%	4,76%	7,14%	0,00%	64,29%
	pourcentages cumulés	7,14%	9,52%	11,90%	23,81%	28,57%	35,71%	35,71%	100,00%
situation avec les aménagements	pourcentage	7,14%	0,00%	2,38%	26,19%	21,43%	19,05%	16,67%	7,14%
	pourcentages cumulés	7,14%	7,14%	9,52%	35,71%	57,14%	76,19%	92,86%	100,00%

($X^2 = 36,18$; $\alpha = 0,001$).

RÉFÉRENCES

- [ARM90] M. Armour, & C. Cinquegrana. Victorian study of single vehicle rural accidents. *Proceedings of the 15th Australian Road Research Board Conference*, Part 7, Australian Road Research Board, Melbourne, pp. 79-91, 1990.
- [BAT98] M. Bateman, I. Howard, A. Johnson, & J. Walton. Model of the performance of a roadway safety fence and its use for design. *Transportation Research Record*, 1647, 122-129, 1998.
- [BEA96] A. C. Beall, & J. M. Loomis. Visual control of steering without course information. *Perception*, 25, 481-494, 1996.
- [BEL06] F. Bella. Effects of driver perception of combined curves on speed and lateral placement. *Transportation Research Board 85th Annual Meeting*, p.15, 2006.
- [BEU95] J. Beusmans. *Center of Outflow is not used to Contrôle Locomotion* (Report CBR TR No. 95-5). Cambridge, MA: Nissan Cambridge Basic Research Laboratory, 2004.
- [BLA02] E. Blana, & J. Golias. Differences between vehicle lateral displacement on the road and in a fixed-base simulator. *Human Factors*, 44, 303-313, 2002.
- [BOE96] E. R. Boer. Tangent point oriented curve negotiation. In *IEEE Proceedings of the Intelligent Vehicles '96 Symposium*. Tokyo, Japan, pp. 7-12, 1996.
- [BRE03] P. Bressan, L. Garlaschelli, & M. Barracano. Antigravity hills are visual illusions. *Psychological Science*, 14, 441-449, 2003.
- [CETE89] CETE-NC. *Étude de l'influence des accotements revêtus sur le comportement des usagers*. CETE Normandie Centre, novembre 1989.
- [CETE02] CETE-NC. *Influence de la réalisation d'accotements revêtus sur le comportement des usagers : Cas de la RD982 en Seine-Maritime*. CETE Normandie-Centre, Novembre 2002.
- [COST99] COST 331. *Requirements for horizontal road marking*. European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research. European Commission Directorate-General for Transport, 1999.
- [COU96] F. Council, & J. Stewart. Severity indexes for roadside objects. *Transportation Research Record*, 1528, 87-96, 1996.
- [DEW02] R. E Dewar, & R. Olson. *Human factors in traffic safety*. Tucson, AZ: Lawyers and Judges Publishing, 2002.
- [DIN95] T. Dingus, D. McGehee, M. Hulse, S. Jahns, & N. Manakkal. *Travtrek evaluation task C3 – Camera Car study*. Report No. FHWA-RD-94-076. Office of Safety and Traffic Operations, McLean, VA, 1995.
- [DON78] E. Donges. A Two-level model of driver steering behavior. *Human Factors*, 29, 691-707, 1978.
- [FAJ00] B. R Fajen, & W. H. Warren. Go with the flow. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 369-370, 2000.
- [FIL94] B. N., Fildes, & J. R. Jarvis. *Perceptual Countermeasures: Literature Review*. Research Report CR4/94 Roads and Traffic Authority of N.S.W. and Federal Office of Road Safety, 1994.
- [FIT00] K. Fitzpatrick, M. D. Wooldridge, O. Tsimhoni, J. M. Collins, P. Green, K. M. Bauer, K. D. Parma, R. Koppa, D. W. Harwood, I. Anderson, R. A. Krammes, & P. Poggioli. *Alternative design consistency rating methods for two-lane rural highways* (Report- 99-172), 2000.
- [FOX97] C. R. Fox. Reducing accident rates among elderly drivers. *14th Biennial Eye Research Seminar*, 11-12, 1997.
- [FRY68] G. A. Fry. The use of the eyes in steering a car on straight and curved roads. *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry*, 45, 374-91, 1968.
- [GIA99] T. Giaver, K. Sakshaug, G. D. Jenssen, & T. Berge. *Tiltak for reduksjon av strekningsulykker*. Delrapport 2. Effekter av profilert vegmerkning (STF22 A99553). Trondheim: SINTEF, Bygg, miljøteknik, sam ferdsel, 1999.

-
- [GIB58] J. J. Gibson. Visually control locomotion and visual orientation in animals. *British Journal of Psychology*, 49, 182-194, 1958.
- [GIB86] J. J. Gibson. *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1986. (First edition 1979).
- [GOD82] H. Godthelp, & J. B. J. Riemersma. *Perception of delineation devices in road work zones during nighttime*, Report No. 820413, Society of Automotive Engineers, New York, N.Y, 1982.
- [GRE93] P. Green, E. Hoekstra, & M. Williams. *Further on-the-road tests of driver interfaces: examination of a route guidance system and car phone*. Report No. UMTRI-93-35. University of Michigan Transportation Research Institute, Ann Arbor, MI, 1993.
- [GRE94] P. Green, B. Lin, & T. Bagian. *Driver workload as a function of road geometry: A pilot experiment* (Technical Report UMTRI-93-39/GLCTTR 22-91/01), Ann Arbor, MI: University of Michigan Transportation Research Institute, 1994.
- [GRI99] M. S. Griffith. Safety evaluation of rolled-in continuous shoulder rumble strips installed on freeways. *Transportation Research Record*, 1665, 28–35, 1999.
- [HAD95] M. Hadi, J. Aruldas, L.-F. Chow, & J. Wattleworth. Estimating safety effects of cross-section design for various highway types using negative binomial regression. *Transportation Research Record*, 1500, 169-177, 1995.
- [HAN00] K. E. Hanley, A. R. Gibby, & T. C. Ferrara. Analysis of accident-reduction factors on California state highways. *Transportation Research Record*, 1717, 37–45, 1999.
- [HAN03] P. A. Hancock, & S. N. De Ridder. Behavioural accident avoidance science: understanding response in collision incipient conditions, 46, 1111-1135, 2003.
- [HAW93] N. Haworth, & G. Rechnitzer. *Description of fatal crashes involving various causal variables*. Department of Transport, Federal Office of Road Safety, CR 119, Canberra, Australia, 1993.
- [HIL00] E. C. Hildreth, E. R. Boer, J. M., Beusmans & C. S. Royden. From vision to action: Experiments and models of steering control during driving. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 1106-1132, 2000.
- [HIL80] B.L. Hills. Vision, visibility and driving. *Perception*, 9, 183-216, 1980.
- [HOR06] T. Horberry, J. Anderson, & M. Regan. The possible safety benefits of enhanced road markings: A driving simulator evaluation. *Transportation Research: Part F Traffic Psychology and Behaviour*, 9, 77-87, 2006.
- [JAN94] L. Jancke, F. Musial, J. Vogt, & K. T. Kalveram. Monitoring radio programs and time of day affect simulated car driving performance. *Perceptual Motor Skills*, 79, 484-486, 1994.
- [KAD00] E. E. Kadar, & R. E. Shaw. Toward an ecological field theory of perceptual control of locomotion. *Ecological Psychology*, 12, 141-180, 2000.
- [KIM98] N.-G. Kim, & M. T. Turvey. Visually perceiving heading on circular and elliptical paths. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1690–1704, 1998.
- [KIM99] N.-G. Kim, & M. T. Turvey. Eye movements and a rule for perceiving direction of heading. *Ecological Psychology*, 11, 223-248, 1999.
- [LAN94a] M. F. Land, & D. N. Lee. Where we look when we steer? *Nature*, 369, 742-744, 1994.
- [LAN94b] M. F. Land, J. Horwood, & T. S. Cornwell. Fast driving reduces eye movement amplitude and frequency. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 35, 2033, 1994.
- [LAN95] M. F. Land, & J. Horwood. Which parts of the road guide steering? *Nature*, 377, 339-340, 1995.
- [LEE02] J. Lee, & F. Mannering. Impact of roadside features on the frequency and severity of run-off-roadway accidents: an empirical analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 34, 149-161, 2002.

-
- [LEW06] B. Lewis-Evans, & S. G. Charlton. Explicit and implicit processes in behavioural adaptation to road width. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 610-617, 2006.
- [MCG04] D. V. McGehee, J. D. Lee, M. Rizzo, J. Dawson, & K. Bateman. Quantitative analysis of steering adaptation on a high performance fixed-base driving simulator. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 7, 181-196, 2004.
- [MCK98] A. S. McKnight, A. J. McKnight, & A. S. Tippetts. The effect of lane line width and contrast upon lanekeeping. *Accident Analysis and Prevention*, 30, 617-624, 1998.
- [MIA97] S.-P. Miaou, , & H. Lum. Modeling vehicle accidents and highway geometric design relationships. *Accident Analysis and Prevention*, 25, 689-709, 1997.
- [MIL82] T. R. Miller. Benefit-cost analysis of lane marking. *Transportation Research Record*, 1334, 38-45, 1982.
- [MOK05] J-H Mok, H. C. Landphair, & J. R. Naderi. Landscape improvement impacts on roadside safety in Texas. *Landscape and Urban Planning*, 78, 263-274, 2005.
- [MOS86] P. J. Moses. Edge lines and single vehicle crashes. *Western Roads*, 6-8, 1986.
- [MUT98] M. I. Mutabazi, E. R. Russell, & R. W. Stokes. Driver's attitudes, understanding, and acceptance of passing lanes in Kansas. *Transportation Research Record*, 1628, 25-33, 1998.
- [NEW93] K. M. Newell, & D. M. Corcos. *Variability and motor control*. Champaign, Ill.: Human Kinetics, 1993.
- [NOY04] D. A. Noyce, & V. V. Elango. Safety evaluation of centerline rumble strips. *Transportation Research Record*, 1862, 44-53, 2004.
- [O'CI98] D. O'Connell. The relationship between geometric design standards and safety. In *International Symposium on Highway Geometric Design Practices*, 44, 1-7, 1998.
- [OECD99] OECD. *Safety Strategies for Rural Roads*. Road transport and Intermodal Research Report. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 1999.
- [ONSR03] Observatoire Nationale de la Sécurité routière, <http://www.securiteroutiere.equipement.gouv.fr/infos-ref/observatoire/index.html> (accédé le 22.08.2007), 2003.
- [PAL07] O. Palinko. Pilot study on visual occlusion of different driving tasks. Technical Report ECE.P54.2007.7, 2007.
- [PER04] B. N. Persaud, R. A. Retting, & C. A. Lyon. Crash reduction following installation of centerline rumble strips on rural two-lane roads. *Accident Analysis and Prevention*, 36, 1073-1079, 2004.
- [PLO84] S. Plowden, & M. Hillman. *Danger on the road: The needless scourge*. Policy Studies Institute, London, 1984.
- [POR04] R. J. Porter, E. T. Donnell, & K. M. Mahoney. Evaluation of effects of centerline rumble strips on lateral vehicle placement and speed. *Transportation Research Record*, 1862, 10-16, 2004.
- [RAS05] M. Rasanen. Effects of a rumble strip barrier line on lane keeping in a curve. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 575-581, 2005.
- [REC03] M. A. Recarte, & L. M. Nunes. Mental workload while driving: effects on visual search, discrimination, and decision making. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9, 119-137, 2003.
- [REE99] M. P. Reed, & P. A. Green. Comparison of driving performance on-road and in low-cost simulator using a concurrent telephone dialling task. *Ergonomics*, 42, 1015-1037, 1999.
- [RFB02] Road Federation Belgium. Chaînons manquants et travaux routiers prioritaires. Conférence de Presse du 23 octobre 2002. www.rfbelgium.be/press/broch_fr.pdf. Accédé juillet 2006.
- [RIE81] J. B. J. Riemersma. Visual control during straight road driving. *Acta Psychologica*, 48, 215-225, 1981.

-
- [RIE82] J. B. J. Riemersma, *Perception and control of deviations from a straight course: A field experiment*. (Report TNO-IZF 1982-C20). Soesterberg, Netherlands: TNO Human Factors Research Institute, 1982.
- [RSA07] Road Safety Australia. Site du Department of Transport, Energy and Infrastructure. http://www.transport.sa.gov.au/rss/content/safer_people/issues/fatal_five_summary.htm Accédé le : 17.09.2007, 2007.
- [RUM85] K. Rumar. The role of perceptual and cognitive filters in observed behavior. In Evans, L., Schwing, R.C., *Human Behavior and Traffic Safety* (pp.151-165). Plenum Press, New York, 1985.
- [SAA89] F. Saad. Risk-taking or danger misperception. *Revue-Transport – Sécurité* (English issue), 4, 1989.
- [SAA92] F. Saad. In-depth analysis of interactions between drivers and the road environment: contribution of on-board observations and subsequent verbal report. In *Proceedings of the 4th Workshop of ICTCT*, University of Lund, 1992.
- [SAL04] D. D. Salvucci, & R. Gray. A Two-point visual control model of steering. *Perception*, 33, 1233-1248, 2004.
- [SCH00] F. Schieber. Highway research to enhance the safety and mobility of older road users. In *Conference Proceedings 27: Transportation in an Aging Society: A Decade of Experience* (pp.125-154). Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2000.
- [SCH95] W. Schiff, & W. Arnone. Perceiving and driving: Where parallel roads meet. In P. Hancock, J. Flach, J. Caird, & K. Vicente (Eds.), *Local applications of the ecological approach to human-machine systems* (Vol. 2, pp. 1–35). Mahwah, NJ: Erlbaum, 1995.
- [SCH90] D. A. Schreuder, & C. .C. Schoon. De relatie tussen het koershouden van voertuigen en wegmartering op 80 km/uur-wegen; Een literatuurstudie (The relationship between following the road and road markings on 80 km/h roads; A literature review). R-90-54. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam. [in Dutch], 1990.
- [SER93] C. Serafin. Preliminary examination of driver eye fixations on rural roads: Insight into safe driving behaviour (Report No. UMTRI 85843). Ann Arbor: University of Michigan, Transport Research Institute, 1993.
- [SHI78] D. Shinar. *Psychology on the road*. New York: Wiley, 1978.
- [STE94] F. J. J. M. Steyvers. *Effects of road delineation on driving behaviour and traffic safety: Literature Review*. Report WR94-05. Haren: Traffic Research Centre VSC, University of Gronongen, 1994.
- [STE00] F. J. J. M. Steyvers, & D. De Waard. Road-edge delineation in rural areas: effects on driving behaviour. *Ergonomics*, 43, 223-238, 2000.
- [STO01] T. A. Stoffregen, & B. G. Bardy. On specification and the senses. *Behavioural and Brain Sciences*, 24, 195–261, 2001.
- [THI03] P. Thiffault, & J. Bergeron. Monotony of road environment and driver fatigue: a simulator study. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 381-391, 2003.
- [TIJ98] L. Tijerina, E. Parmer & M. J. Goodman. Driver workload assessment of route guidance system destination entry while driving: A test track study. *Proceedings of the 5th ITS World Congress*, Seoul, Korea, 1998.
- [TOP90] H. H. Topp. Traffic safety, usability and streetscape effects of new design principles for major urban roads. *Transportation*, 16, 297-310, 1990.
- [TRI79] T. J. Triggs, & P. H. Wisdom. *Effects of pavement delineation marking on vehicle lateral position keeping*. Department of Psychology, Monash University, Clayton, Victoria, 1979.
- [VAN90] M. Vaniotou. The perception of bend configuration. *Research Transport Securite*, 7, 39-48, 1990.
- [VAN92] P. Van Elslande. Les erreurs d'interprétation en conduite automobile : mauvaise catégorisation ou activation erronée de schémas ? *Intellectica*, 3, 125-149, 1992.

-
- [VAN97] P. Van Elslande, L. Alberton, C. Nachtergaële, & G. Blancher. *Scénarios-types de production de l'erreur humaine' dans l'accident de la route*. Rapport INRETS, N°218, 1997.
- [VIC05] T. W. Victor, J. L. Harbluk, & J. A. Engström. Sensitivity of eye-movement measures to in-vehicle task difficulty. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8, 167-190, 2005.
- [VIN93] J. G. Viner. Harmful events in crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 25, 139-145; 1993.
- [VIN95] J. G. Viner, J. G. Rollover on sideslopes and ditches. *Accident Analysis and Prevention*, 27, 483-491, 1995.
- [WAA04] D. de Waard, F. J. J. M Steyvers, & K. A. Brookhuis. How much visual road information is needed to drive safely and comfortably? *Safety Science*, 42, 639-655, 2004.
- [WAR90] R. Warren, R., & A. Wertheim. *Perception and the control of self motion*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 1990.
- [WAR98] W. H. Warren. Visually controlled locomotion: 40 years later [Special issue]. *Ecological Psychology*, 10, 177-219, 1998.
- [WAT80] G. R. Watts, & A. R Quimby. *Aspects of Layout that Affect Driver' Perception and Risk Taking*, Report 920, Transport and Road Research Laboratory. Crowthorne: UK, 1980.
- [WEG07] F. Wegman. Road Traffic in the Netherlands: Relatively Safe but not Safe Enough! Improving Traffic Safety Culture in the United States: The Journey Forward, April 2007, AAA Foundation for Traffic Safety. www.aaafoundation.org/pdf/Wegman.pdf. Accessed Jun 22, 2007.
- [WIK98] A-S. Wikman, T. Nieminen, & H. Summala. Driving experience and time sharing during in-car tasks on roads of different width. *Ergonomics*, 41, 358-372, 1998.
- [WIL05] R. M. Wilkie, & J. P. Wann. The Role of Visual and Non-visual Information in the Contrôle of Locomotion. *Journal of Experimental Psychology: Human, Perception and Performance*, 31, 901-911, 2005.
- [ZEG87] C. Zegeer, D. W. Reinfurt, W. W. Hunter, J. Hummer, R. Stewart, & L. Herf. Accidents effects of slideslope and other roadside features on two-lane roads. *Transportation Research Record*, 1195, 33-47, 1987.
- [ZEG95] C. Zegeer, & F. Council. Safety relationships associated with cross-sectional roadway elements. *Transportation Research Record*, 1512, 29-36, 1995.