



HAL
open science

**Projet PROFIL : Profil de la ROute comme Facteur
d'Influence de la Lisibilité de l'infrastructure et son effet
sur la trajectoire - Tâche 3-1 : Effet de la redistribution
du profil en travers sur le contrôle latéral des
conducteurs en simulation de conduite**

Sami Mecheri, Florence Rosey, Régis Lobjois

► **To cite this version:**

Sami Mecheri, Florence Rosey, Régis Lobjois. Projet PROFIL : Profil de la ROute comme Facteur d'Influence de la Lisibilité de l'infrastructure et son effet sur la trajectoire - Tâche 3-1 : Effet de la redistribution du profil en travers sur le contrôle latéral des conducteurs en simulation de conduite. [Rapport de recherche] IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. 2016, 22 p. hal-01631602

HAL Id: hal-01631602

<https://hal.science/hal-01631602v1>

Submitted on 9 Nov 2017

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.



IFSTTAR

INSTITUT FRANÇAIS
DES SCIENCES
ET TECHNOLOGIES
DES TRANSPORTS,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DES RÉSEAUX

PROFIL : Profil de la ROute comme Facteur d'Influence de la Lisibilité de l'infrastructure et son effet sur la trajectoire

Tâche 3 : Expérimentations en simulateur de conduite

Tâche 3.1 : Effet de la redistribution du profil en travers sur le contrôle latéral des conducteurs en simulation de conduite

CoSys / LEPSIS

Lobjois Régis, CR1

Téléphone : 33 (0)1 81 66 83 46

regis.lobjois@ifsttar.fr

Date : 21/06/2016

Auteur(s) : Sami Mecheri, Université Paris-Est, COSYS, LEPSIS, IFSTTAR, F-77447 Marne-la-Vallée, France
Florence Rosey, DITM-GESM, CEREMA Normandie-Centre, France
Régis Lobjois, Université Paris-Est, COSYS, LEPSIS, IFSTTAR, F-77447 Marne-la-Vallée, France

Nomenclature d'activité : RP2-J14109

Référence sur Numéro de contrat* : Fondation Sécurité Routière n°2014/MP/02

Confidentialité : NON

Rév 23/03/17

Groupe de travail (*par ordre alphabétique*)

- Isabelle Aillerie – IFSTTAR / Cosys – LEPSiS
- Régis Lobjois – IFSTTAR / Cosys – LEPSiS
- Sami Mecheri – IFSTTAR / Cosys – LEPSiS
- Florence Rosey – DITM-GESM, CEREMA Normandie-Centre
- Fabrice Vienne – IFSTTAR / Cosys – LEPSiS

Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR)

Département Composants et SYStèmes

Laboratoire Exploitation, Perception, Simulateurs et Simulation

14-20 Boulevard Newton

Cité Descartes, Champs sur Marne

77447 Marne la Vallée Cedex 2

Tél. : 01 81 66 80 00

Fax : 01 81 66 80 01

Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

Direction territoriale Normandie-Centre

10 chemin de la poudrière

F-76121 Le Grand Quevilly cedex

Tél. : 02 35 68 88 29

Fax : 02 35 68 81 23

Mots-clés :

Profil en travers de la route

Redistribution

Comportement de conduite

Vitesse

Position latérale

Sécurité routière

Simulateur de conduite

Résumé

Les recherches antérieures ont montré que la réduction de la largeur de la voie pousse les conducteurs à se rapprocher du centre de la route, tandis que l'augmentation de la surlargeur (au-delà du marquage de rive) induit une position plus éloignée du centre de la route. Le but de l'étude était, premièrement, d'examiner les effets respectifs de la largeur de voie et de la surlargeur sur les stratégies de positionnement dans la voie, et deuxièmement, d'évaluer l'impact sur la sécurité de trois redistributions différentes du profil en travers (c.-à-d., réduction de la largeur de la voie au profit de la surlargeur) par rapport à une route de contrôle. Les résultats ont confirmé que la réduction de la largeur de la voie faisait que les participants se rapprochaient du centre de la route. Cependant, la position latérale adoptée a été affectée différemment par cette réduction, en fonction de la situation du trafic. En l'absence de trafic en sens inverse, la réduction de la largeur de la voie a entraîné des changements significatifs dans la distance au centre de la voie, alors que cette distance est restée similaire quelle que soit la largeur de voie en condition de trafic dense. D'autre part, lorsque la surlargeur étaient au moins 0,50 m, les participants se sont éloignés du centre de la route et du centre de la voie. Les opérations de redistribution du profil en travers ont entraîné des positions plus éloignées du bord de la route, moins d'instabilité dans le contrôle latéral, sans modification de la vitesse de conduite. Globalement, ces résultats suggèrent que la réaffectation de l'espace routier peut servir d'outil "à moindre coût" dans le but de fournir une zone de récupération pour les erreurs de direction, sans nuire au comportement des conducteurs.

Introduction

La tâche 3 du projet PROFIL vise à étudier de manière fine et contrôlée au moyen d'un simulateur de conduite les adaptations comportementales mises en œuvre par les conducteurs face à différentes configurations de profil en travers. La première année du projet a consisté principalement en la phase de définition des scénarios et des protocoles expérimentaux. La deuxième année du projet a donné lieu à la mise au point et à la passation de la première expérimentation ainsi qu'au traitement et à l'analyse des données qui y ont été recueillies. La troisième et dernière année du projet sera consacrée à la passation des autres expérimentations contractuellement prévues.

Cette première expérimentation avait pour objectif de caractériser les effets induits par différentes redistributions du Profil en Travers (PT) – réduction (ou augmentation) de la largeur de voie au profit d'une augmentation (ou d'une réduction) de la largeur de la Bande Dérasée (BD) par manipulation du marquage au sol – sur le comportement de conduite. Comme indiqué dans l'état de l'art (voir tâche 1), les seules études portant spécifiquement sur une redistribution du PT dans une logique de rétrécissement de la largeur de voie ont été réalisées en France. Ces études ont montré que la réduction de la largeur des voies sur routes bidirectionnelles avec un espace roulable de 7 m (voie de 3.5 m et de 3+0.5m après redistribution) et 6.6 m (3.3m et 3+0.3m après redistribution) a pour effet de rapprocher les conducteurs du centre de la route et d'augmenter la variabilité de la position latérale du véhicule (Rosey & Auberlet, 2012) sans modifier les vitesses pratiquées (Rosey et al., 2009). D'autres travaux portant sur une réduction stricte de largeur de voie (i.e., sans évolution concomitante de la largeur – ni présence – de BD) ont toutefois participé à nourrir et préciser la nature des conditions expérimentales à retenir dans le cadre de cette première expérimentation (Dijksterhuis et al., 2011 ; Godley et al., 2004 ; Green et al., 1994 ; Lewis-Evans & Charlton, 2006). Ce corpus d'études, qui a procédé à une réduction stricte de la largeur de voie, rapporte : (i) une diminution de la variabilité de la position latérale (Dijksterhuis et al., 2011 ; Godley et al., 2004 ; Green et al., 1994), expliquée par une augmentation des exigences de contrôle de la trajectoire (proposition corroborée par une plus grande variabilité de l'angle au volant chez Godley et al., 2004 ainsi que par des mesures subjectives d'effort chez Dijksterhuis et al., 2011) ; (ii) une diminution de la vitesse pratiquée (Godley et al., 2004 ; Lewis-Evans & Charlton, 2006).

Ces résultats sont donc contraires à ceux obtenus lorsqu'une réduction de la largeur de voie est opérée concomitamment à une augmentation de la largeur de la BD, c'est-à-dire à PT constant (Rosey & Auberlet, 2012 ; Rosey et al., 2009), et sont expliqués par une « mauvaise perception » de l'espace roulable ayant induit l'adoption d'un comportement similaire à celui retrouvé sur des voies plus larges (ce comportement a été observé à la fois en simulation et en situation réelle, voir Rosey & Auberlet, 2012 ; Rosey et al., 2009). Selon le modèle de contrôle du « Time-to-Line-Crossing » (TLC, Godthelp, 1984) – souvent convoqué pour formaliser la relation entre largeur de voie et comportement de conduite (voir de Waard, et al., 1995 ou Godley et al., 2004) – un conducteur cherche à maintenir constant le temps avant franchissement des marquages central et de rive dans la direction du cap courant. Dans cette perspective, il existe une relation linéaire entre la largeur de la voie et la vitesse pratiquée impliquant, d'une part, que les augmentations de vitesse sont

accompagnées de plus d'actions au volant pour compenser les erreurs de trajectoires (par corollaire : une voie large autorise plus d'imprécision de conduite et une plus grande vitesse qu'une voie plus étroite), et d'autre part, qu'une réduction de la largeur de voie demandera plus d'effort de conduite – il est considéré que les individus conduisent en général le plus rapidement possible –, dont la conséquence, pour compenser cet effort plus important, sera une réduction de la vitesse pratiquée en vue de maintenir le TLC. Si les faits expérimentaux recueillis lorsque la largeur physique de la voie est réduite sont en parfaite adéquation avec ce modèle de contrôle (Dijksterhuis et al., 2011 ; Godley et al., 2004 ; Green et al., 1994 ; Lewis-Evans & Charlton, 2006), les modifications comportementales observées lorsque la largeur de voie est réduite au profit de la BD ne le sont pas (Rosey & Auberlet, 2012 ; Rosey et al., 2009), rendant ainsi leur appréhension ambiguë. Sur la base de ces résultats assez hétérogènes, il semblait pertinent de manipuler la largeur de voie et la largeur de la BD afin de : (i) déterminer l'effet respectif de ces deux variables indépendantes liées à la redistribution du PT, (ii) évaluer différentes redistributions de PT et leurs effets au plan comportemental étant donné que l'évolution concomitante des largeurs de voies et de bandes dérasées correspond exactement à ce qui est opéré sur le terrain lorsqu'un PT doit être redistribué.

D'autre part, Dijksterhuis et al., (2011) ont montré que la densité du trafic dans la voie opposée exerçait également une influence importante sur la position latérale adoptée. Dans l'étude de Dijksterhuis et al., (2011), quatre largeurs de voie (3m, 2.75m, 2.50m, 2.25m) et deux densités de trafic ont été utilisées (basse et élevée : 10 et 40 véhicules/min). Si la position latérale du véhicule était similaire quelle que fut la largeur de voie lorsque le trafic dans la voie opposée était de basse densité, le conducteur, en présence de trafic de haute densité, s'écartait significativement du centre de la voie (et de la route) lorsqu'il roulait sur les voies les plus étroites. Sur la base de ce résultat, trois conditions de trafic – une condition de trafic dense et continu, une condition de trafic discontinu construite autour du croisement dispersé de différents types de véhicule (VL et PL) et une condition témoin sans trafic – ont été ajoutées au protocole. En effet, ne pas confronter les participants à une situation de conduite ayant été identifiée comme influençant de façon importante l'espace de manœuvre dans le cadre d'un projet visant à identifier jusqu'où l'espace de manœuvre peut être réduit sans être accompagné d'effets délétères serait inopportun.

La première expérimentation du projet PROFIL en simulateur de conduite a donc visé à renseigner l'effet de différentes caractéristiques du PT (largeur de voie et BD) et de différents types de trafic sur les comportements de conduite (position latérale, vitesse, et angle au volant).

Méthode

Population

Trente-quatre volontaires (9 femmes et 21 hommes) extérieurs au laboratoire ont accepté de participer à cette étude après nous avoir communiqué leur consentement éclairé. Quatre participants n'ont pu aller au bout de la session expérimentale en raison d'une sensibilité au mal du simulateur ressentie au bout de quelques minutes de conduite (n=3) ou d'une inaptitude à réaliser la

tâche de conduite (n=1). Ils ont été exclus des analyses, ce qui ramène par conséquent l'effectif de l'expérimentation à 30. Les participants étaient âgés de 20 à 52 ans (moyenne 29.7 ± 10.1) et étaient tous détenteurs d'un permis de conduire valide depuis au moins deux ans. Leur quantité de kilomètres roulés par était en moyenne de 9460 ± 6956 . Tous avaient une vision normale ou corrigée à la normale et étaient naïfs quant aux hypothèses de l'étude. Avant de prendre part à la session expérimentale, les sujets ont été informés qu'ils étaient libres de se désengager à n'importe quel moment.

Dispositif expérimental

Les expérimentations se sont déroulées sur le simulateur de conduite du LEPSIS-IFSTTAR à Marne-la-Vallée. Ce simulateur est composé d'un poste de conduite, développé par la société ECA-FAROS, fournissant les organes de commande classique d'un véhicule automobile assortis d'une ceinture de sécurité et d'un siège réglable (voir Figure 1). Les actions réalisées par le conducteur sur ces organes peuvent être enregistrées et permettent d'actualiser la situation courante de conduite en temps réel. Cette actualisation se fait par un triple retour sensoriel, haptique (retour d'effort au niveau du volant), visuel et sonore (le simulateur n'étant pas un simulateur à plate-forme dynamique, il n'y a pas de retour d'information inertielle).



Figure 1. Illustration du poste de conduite du simulateur.

Un ensemble de haut-parleurs fixés à même la cabine restituent les informations du régime moteur ainsi que les informations provenant des autres véhicules (Figure 2). La scène de conduite est rétro-projetée sur trois écrans (h : 2,50 m ; l : 1,80 m) qui permettent de couvrir 180° du champ visuel horizontal des participants (Figure 3).



Figure 2. Vue arrière du simulateur.



Figure 3. Vue de la scène à partir d'une position conducteur.

Bases visuelles 3D

L'expérimentation a été mise en œuvre au moyen d'une base de données visuelles 3D représentant une route départementale bidirectionnelle d'une longueur d'environ 10 km. La chaussée était texturée et le marquage au sol conforme au marquage réel, discontinu latéral et central. Le tracé en plan de la route était articulé autour de trois portions de 3 km de route en ligne droite séparées par deux virages tous deux d'une longueur de 200 m et d'un rayon de courbure de 240 m (voir Figure X). Malgré la présence de ces deux virages, le comportement de conduite a été évalué uniquement durant les portions de ligne droite dans le cadre de cette première

expérimentation puisque la situation de virage (et par extension d'entrée/sortie dans un giratoire) met en jeu des processus de compensation des erreurs de positionnement latéral très spécifiques (Donges, 1978 ; Salvucci & Gray, 2004). Pour cette raison, les 250 premiers et derniers mètres de chaque ligne droite n'ont pas été pris en considération dans l'analyse du comportement des participants (voir segments rouges, Figure 4). Cette restriction a été opérée afin de s'assurer que les données prises en compte reflètent une activité de positionnement sur la route uniquement liée aux caractéristiques de l'infrastructure en termes de largeur de voie et de BD durant les alignements droits et non aux caractéristiques géométriques des courbes ou aux repositionnements qu'elles provoquent.

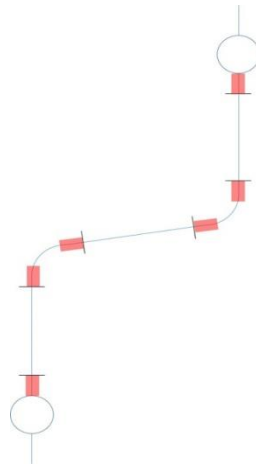


Figure 4. Tracé en plan de la base visuelle 3d expérimentale.

Plan expérimental

A partir de ce tracé en plan, 16 bases 3D différentes ont été produites par le croisement de 4 largeurs de voie différentes (2.75, 3, 3.25 et 3.5m) et de 4 largeurs de BD différentes (0, 0.25, 0.50 et 0.75m). Les PT résultants de ces différentes combinaisons ainsi que la constitution précise de chacune de celles-ci sont détaillés dans le Tableau 1.

Scenarii de conduite

Différents scenarii de conduite ont été conçus afin de faire varier l'ordre avec lequel les participants rencontraient les trois conditions de trafic dans la voie opposée :

- (i) une condition de trafic continu (12 VL/min – soit une distance de 125 m entre les VL – tous positionnés de façon à ce que bord du véhicule se trouve à 20 cm de la ligne axiale) qui visait à augmenter le niveau de contrainte spatiale des participants en réduisant leur espace de manœuvre,

- (ii) une condition de trafic discontinu qui mobilisait 4 véhicules (2 VL et 2 PL situés à 20 ou 60 cm de la ligne axiale) et visait à évaluer l'influence du type de véhicule croiseur sur la position latérale adoptée par les participants,
- (iii) une condition témoin sans trafic.

Tableau 1 : Tableau présentant les caractéristiques des 16 bases 3D utilisées dans l'expérimentation. Les largeurs de BD sont renseignées en ligne et les largeurs de voie en colonne (l'unité est le mètre). Les cases du tableau indiquent le PT correspondant à chacune des combinaisons voie/BD. Notons que la largeur de la BD n'inclut pas le marquage de rive (m) de 15 cm.

BD \ Voie	3,5	3,25	3	2,75
m + 0	7,3	6,8	6,3	5,8
m + 0,25	7,8	7,3	6,8	6,3
m + 0,50	8,3	7,8	7,3	6,8
m + 0,75	8,8	8,3	7,8	7,3

Pour chacune des bases 3D, une condition de trafic était appliquée durant toute la longueur d'une des trois portions de ligne droite. Ainsi, en fonction des essais, les participants pouvaient être amenés à rencontrer 6 ordres de trafic différents (e.g., pas de trafic sur la portion de ligne droite 1, trafic continu sur la portion de ligne droite 2 et trafic discontinu sur la portion de ligne droite 3) et 24 ordres de défilement différents des 4 véhicules à croiser au sein de la condition de trafic dispersé (e.g., PL-20cm, VL-20cm, VL-60cm, PL-60cm), ce qui a porté le nombre de scénarii différents à 144. Les véhicules roulaient tous à une vitesse de 90 km/h.

Tâche

La tâche des participants était de conduire comme ils le feraient en situation réelle avec leur propre véhicule – tout en respectant le code de la route – sur une route départementale bidirectionnelle dont la limite est fixée à 90km/h.

Procédure

Les participants ont tout d'abord été informés à propos de la nature et des exigences de la tâche de façon écrite par le biais d'une fiche informative mais aussi oralement par l'expérimentateur.

Il a été dit aux participants qu'ils seraient amenés à rouler sur une route départementale bidirectionnelle limitée à 90 km/h et que leur tâche serait de conduire sur cette route comme ils le feraient en situation réelle avec leur propre véhicule, tout en respectant le code de la route. Il a ensuite été explicitement indiqué que la session expérimentale pouvait être interrompue ou arrêtée à n'importe quel moment sur simple demande. Ensuite, après lecture et signature du formulaire de consentement éclairé, les participants ont été invités à s'installer dans la cabine du simulateur en vue d'effectuer une première session de conduite libre leur permettant de se familiariser avec les commandes du simulateur de conduite et la dynamique du véhicule. Une autre base visuelle 3D a été utilisée pour la phase de familiarisation avec le simulateur. Celle-ci reproduisait des sections de routes réelles du réseau routier des Côtes d'Armor et était caractérisée par une route 2 x 2 voies, séparées par une barrière de sécurité, d'une longueur d'environ 9 km.

Les participants ont ensuite effectué l'enchaînement des 16 bases 3D entrecoupé d'une pause d'environ 5 minutes toutes les 4 bases. A une vitesse de 90 km/h, les participants parcouraient le tracé en approximativement 7 minutes. Chaque participant avait un ordre de passation des 16 bases randomisé qui lui était propre. L'ordre de présentation des différentes conditions de trafic était également tiré au hasard. Chaque participant avait donc un ordre de passation des bases 3D ainsi qu'un ordre de rencontre du trafic qui lui était unique pour chaque base. En fin de session expérimentale, les participants ont complété un questionnaire anonyme visant à recueillir des informations liées aux habitudes de conduite. La totalité de la session expérimentale durait environ deux heures et trente minutes.

Variables dépendantes et analyse statistique

Variables dépendantes

Distance au centre de la route. Cette variable a été définie comme la distance en millimètres séparant le centre du véhicule conduit par le participant du centre de la route (i.e., ligne axiale). Ainsi, plus la valeur de position latérale était importante et plus le centre du véhicule se rapprochait de l'extérieur de la route (ou du marquage de rive). Au contraire, plus la valeur de position latérale était réduite et plus le centre de véhicule se rapprochait du centre de la route (ou du marquage central). Une valeur de 0 indiquait que le centre de véhicule se trouvait exactement au-dessus du centre de la route.

Distance au centre de la voie. Cette variable a été définie comme la distance en millimètres séparant le centre du véhicule conduit par le participant du centre de sa voie de circulation. Ainsi, des valeurs positives traduisaient des écarts vers la partie droite de la voie de circulation (ou à un rapprochement du marquage de rive) et des valeurs négatives traduisaient des écarts vers la partie gauche de la voie de circulation (ou à un rapprochement du marquage central). Une valeur de 0 indiquait que le centre de véhicule était situé exactement au-dessus du centre de la voie de circulation du participant.

Variabilité de la position latérale. Les valeurs de position latérale échantillonnées par le simulateur au cours du temps ont été utilisées pour calculer cette variable qui correspondait à l'écart-type de la position latérale.

Vitesse. Cette variable correspondait à la vitesse pratiquée par le participant en km/h.

Variabilité de l'angle au volant. Cette variable a été utilisée comme un indicateur de l'effort de direction et correspondait à l'écart-type des positions angulaires du volant au cours du temps.

Analyse statistique

Les variables distance au centre de la route, distance au centre de la voie, variabilité de la position latérale, vitesse et variabilité de l'angle au volant ont été analysées au moyen d'analyses de variances (ANOVA) à mesures répétées à trois facteurs : 4 (Largeur de Voie : 2.75, 3, 3.25, 3.5) × 4 (Largeur de Bande Dérasée : 0, 0.25, 0.5, 0.75) × 2 (Type de Trafic : Avec, Sans). Seulement deux des trois modalités de trafic (trafic continu et sans trafic) sont présentées dans les analyses statistiques suivantes, la condition de trafic discontinu étant en cours de traitement.

Les divers traitements statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel Statistica (StatSoft Inc, USA). Le seuil de significativité était fixé à .05. Le test de sphéricité de Mauchly a été utilisé pour déterminer si l'hypothèse de sphéricité était violée. En cas de violation, une correction de Greenhouse-Geisser a été appliquée pour ajuster les degrés de liberté et analyser les effets. La quantité Epsilon (E) utilisée pour réduire les degrés de liberté et ajuster la probabilité a été fournie dans les cas échéants. Les comparaisons a posteriori permettant d'assurer le suivi des effets significatifs ont été réalisées en utilisant la procédure de Tukey (HSD). Pour chaque effet, l'éta-carré partiel (η^2) a été calculé pour déterminer la proportion de variance totale de la variable dépendante qui est expliquée par la variable indépendante.

Résultats

Distance au centre de la route

L'ANOVA a révélé un effet principal de la largeur de voie ($F_{3,87} = 213.85$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.881$), de la largeur de la bande dérasée ($F_{3,87} = 16.08$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.357$) et du type de trafic ($F_{1,29} = 153.31$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.841$) sur la position latérale adoptée par les participants.

Concernant la largeur de voie, les procédures post-hoc ont révélé que les positions latérales adoptées sur les voies d'une largeur de 2.75m (1726 ± 249 mm), 3m (1836 ± 253 mm), 3.25m (1974 ± 292 mm) et 3.5m (2073 ± 325 mm) se distinguaient toutes significativement (voir Figure 5). Concernant la largeur de la bande dérasée, les tests post-hoc ont indiqué que la position latérale adoptée par les participants avec une bande dérasée de 0 cm (1857 ± 300 mm) était significativement inférieure à celles adoptées avec une bande dérasée de 50 (1920 ± 318 mm) et 75 cm (1947 ± 318 mm). Les positions latérales mesurées en présence d'une bande dérasée de 25 cm

(1884 ± 301 mm) étaient elles significativement inférieures à celles mesurées en présence d'une bande dérasée de 75 cm (1947 mm) (voir Figure 6). Concernant le type de trafic, les positions latérales adoptées en absence de trafic (1742 ± 258 mm) étaient inférieures à celles adoptées en présence de trafic continu (2062 ± 274 mm).

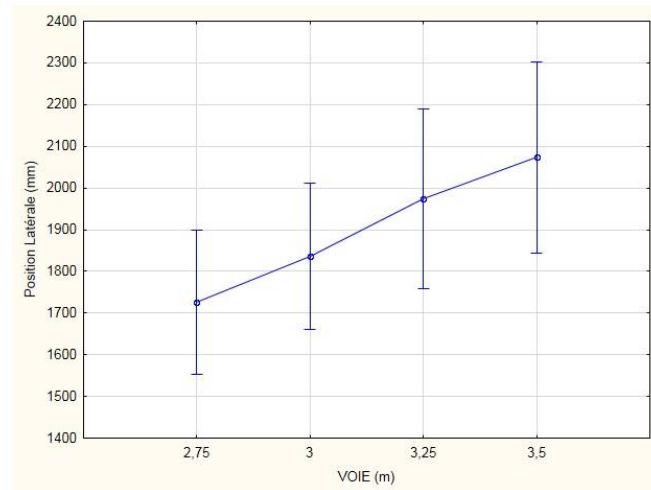


Figure 5. Distance au centre de la route du véhicule exprimée en fonction des différentes largeurs de voie.

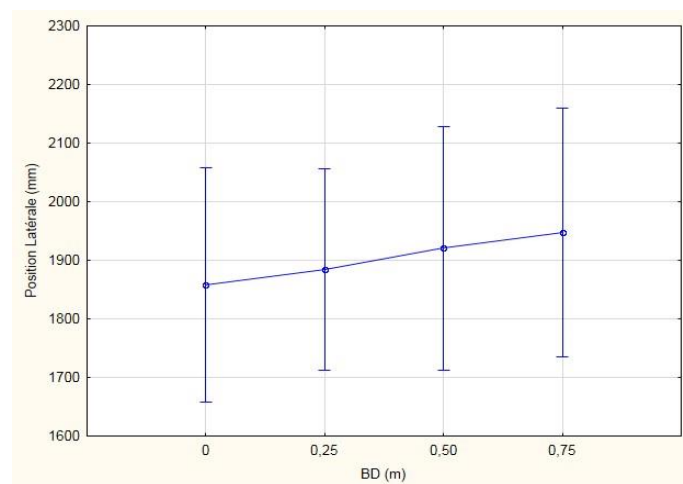


Figure 6. Distance au centre de la route du véhicule exprimée en fonction des différentes largeurs de BD.

L'ANOVA a également révélé les effets d'interaction suivants : largeur de voie × type de trafic ($F_{3,87} = 7.27$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.201$) et largeur de bande dérasée × type de trafic ($F_{3,87} = 3.78$, $p = 0.013$, $\eta^2 = 0.115$). Aucun autre effet d'interaction n'a été observé.

Les comparaisons par paires concernant l'interaction Largeur de voie × Type de trafic se distinguaient toutes significativement à l'exception de la comparaison entre les conditions 2.75-AvecTrafic (1871 mm) et 3.5-SansTrafic (1893 mm) (voir Figure 7). Concernant l'interaction Largeur de bande dérasée × Type de trafic, l'examen des données a révélé que les comparaisons par paires se

distinguaient toutes significativement à l'exception des comparaisons suivantes : 2.75-SansTrafic (1712 mm) vs 3-SansTrafic (1714 mm), 3-AvecTrafic (2056 mm) vs 3.25-AvecTrafic (2088 mm) et 3.25-AvecTrafic (2088 mm) vs 3.50-AvecTrafic (2103 mm) (voir Figure 7).

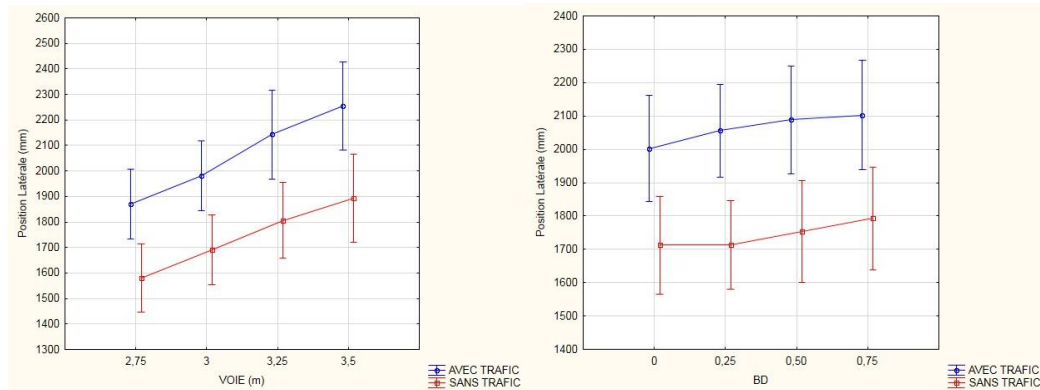


Figure 7. A gauche : Distance au centre de la route du véhicule exprimée en fonction de la largeur de voie et du type de trafic. A droite : Distance au centre de la route du véhicule exprimée en fonction de la largeur de BD et du type de trafic.

Distance au centre de la voie

L'ANOVA a révélé un effet principal de la largeur de la bande dérasée ($F_{3,87} = 16.08$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.357$) et du type de trafic ($F_{1,29} = 153.31$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.841$) sur la position latérale relative au centre de voie adoptée par les participants. La position latérale exprimée par rapport au centre de voie n'était pas influencée par la largeur de voie ($F_{3,87} = 1.48$, $p = 0.224$) : les participants ont adopté une position latérale relative au centre de voie de 340 ± 281 mm en moyenne quelle que fut la largeur de voie (voir Figure 8).

Concernant la largeur de la bande dérasée, les tests post-hoc ont indiqué que la position latérale relative au centre de voie adoptée par les participants avec une bande dérasée de 0 cm (295 ± 273 mm) était significativement inférieure à celles adoptées avec une bande dérasée de 50 (358 ± 291 mm) et 75 cm (385 ± 283 mm). Les positions latérales relatives au centre de voie mesurées en présence d'une bande dérasée de 25 cm (322 ± 270 mm) étaient significativement inférieures à celles mesurées en présence d'une bande dérasée de 75 cm (385 ± 283 mm) (voir Figure 9). Concernant le type de trafic, les positions latérales relatives au centre de voie adoptées en absence de trafic (180 ± 231 mm) étaient inférieures à celles adoptées en présence de trafic continu (500 ± 232 mm).

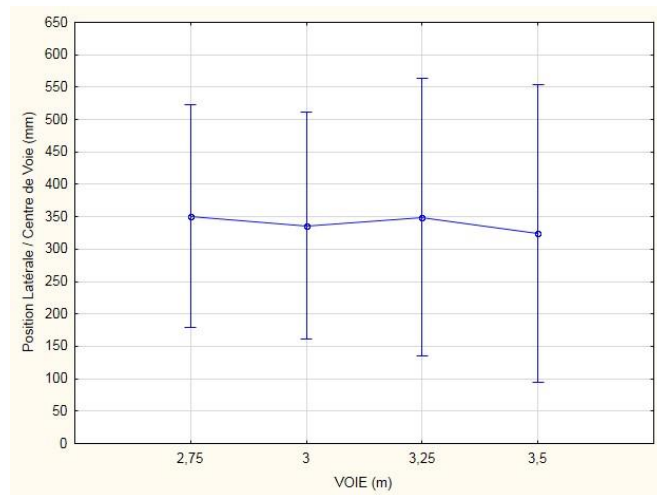


Figure 8. Distance au centre de la voie exprimée en fonction des différentes largeurs de voie.

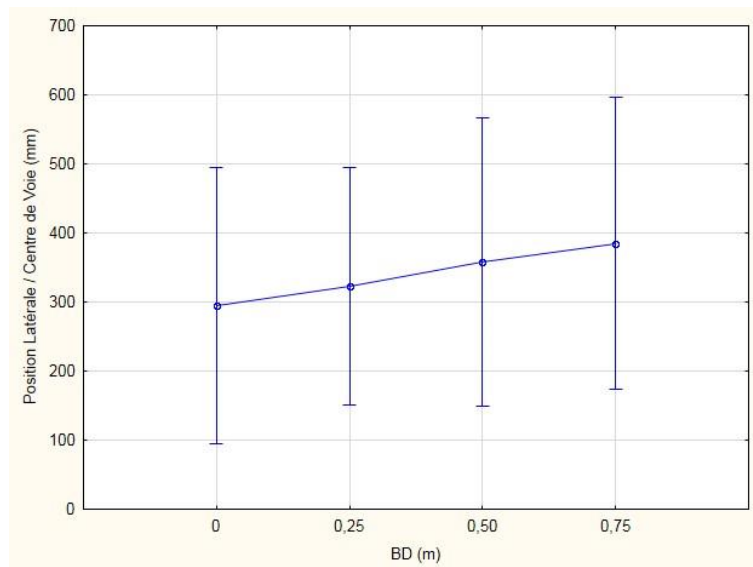


Figure 6. Distance au centre de la voie exprimée en fonction des différentes largeurs de BD.

L'ANOVA a également révélé les effets d'interaction suivants : Largeur de voie \times Type de trafic ($F_{3,87} = 7.27$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.201$) et Largeur de bande dérasée \times Type de trafic ($F_{3,87} = 3.78$, $p = 0.013$, $\eta^2 = 0.115$). Aucun autre effet d'interaction n'a été observé.

Les comparaisons par paires concernant l'interaction Largeur de voie \times Type de trafic ont indiqué que la position latérale relative au centre de voie adoptée par les participants dans la condition 3,5-SansTrafic (143 mm) se distinguait significativement des positions adoptées dans toutes les autres conditions à l'exception de la condition 3.25-SansTrafic (181 mm). Les positions

latérales relatives au centre de voie adoptées en 2.75-AvecTrafic (496 mm) et 3-AvecTrafic (481 mm) se distinguaient toutes deux significativement des positions adoptées en 3-SansTrafic (191 mm) et 3.25-SansTrafic (181 mm). Les positions latérales relatives au centre de voie adoptées en 2.75-SansTrafic (206 mm) et 3-Sans (191 mm) se distinguaient toutes deux significativement des positions adoptées en 3.25-Avec (517 mm) et 3.5-AvecTrafic (505 mm). Une différence significative existait entre 2.75-SansTrafic (206 mm) et 2.75-AvecTrafic (496 mm), ainsi qu'entre 3.25-SansTrafic (181 mm) et 3.25-AvecTrafic (517 mm). Enfin, une différence significative existait entre 2.75-SansTrafic (206 mm) et 3-AvecTrafic (481 mm) ainsi qu'entre 3.25-SansTrafic (181 mm) et 3.5-AvecTrafic (505 mm) (voir Figure 9). Concernant l'interaction largeur de bande dérasée × type de trafic, l'examen des données a révélé que les comparaisons par paires se distinguaient toutes significativement à l'exception des comparaisons suivantes : 2.75-SansTrafic (150 mm) vs 3-SansTrafic (151 mm), 3-AvecTrafic (493 mm) vs 3.25-AvecTrafic (526 mm) et 3.25-AvecTrafic (526 mm) vs 3.50-AvecTrafic (540 mm) (voir Figure 9).

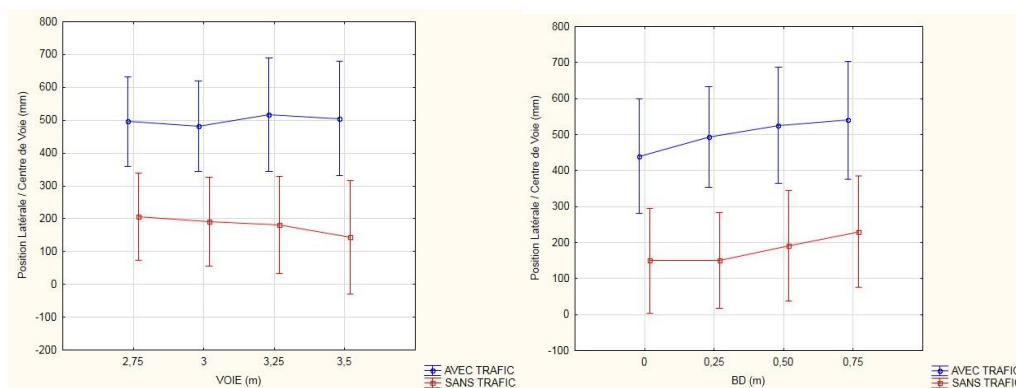


Figure 9. A gauche : Distance au centre de la voie exprimée en fonction de la largeur de voie et du type de trafic. A droite : Distance au centre de la voie exprimée en fonction de la largeur de BD et du type de trafic.

Variabilité de la position latérale

L'ANOVA a révélé un effet principal de la largeur de voie ($F_{3,87} = 50.21$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.634$) et du type de trafic ($F_{1,29} = 47.71$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.622$) sur la variabilité de la position latérale adoptée par les participants. La variabilité de la position latérale n'était pas influencée par la largeur de la bande dérasée ($F_{3,87} = 1.16$, $p = 0.329$). Aucun effet d'interaction n'a été observé.

Concernant la largeur de voie, les procédures post-hoc ont révélé que la variabilité de la position latérales sur les voies d'une largeur de 2.75m (161 mm), 3m (177 mm), 3.25m (198 mm) et 3.5m (214 mm) se distinguaient toutes significativement (voir Figure 10). Concernant le type de trafic, les résultats montrent que la variabilité de la position latérale était significativement inférieure en présence de trafic (175 mm) qu'en absence de trafic (200 mm) (voir Figure 11).

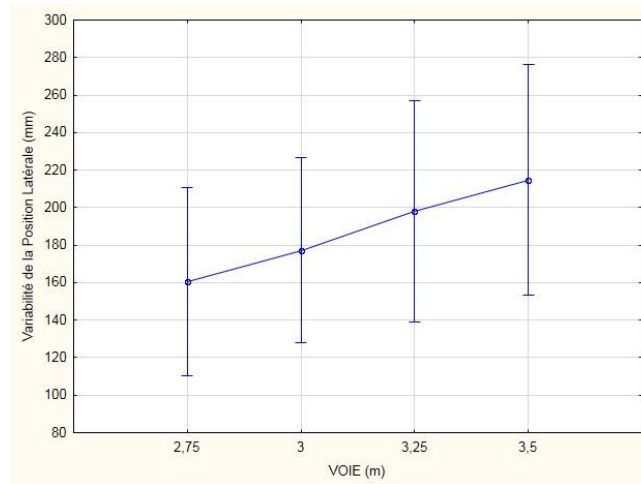


Figure 10. Variabilité de la position latérale du véhicule exprimée en fonction des différentes largeurs de voie.

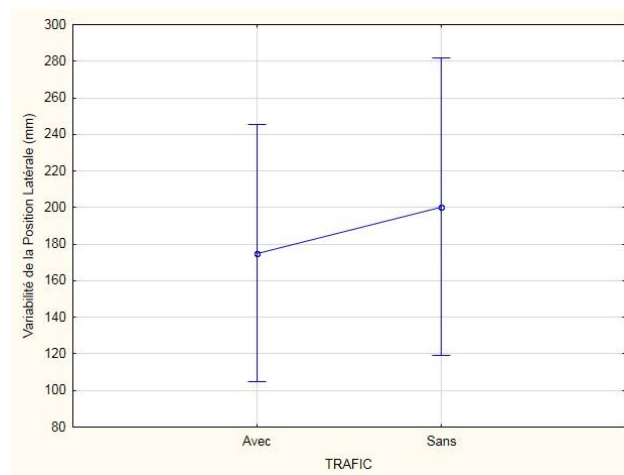


Figure 11. Variabilité de la position latérale du véhicule exprimée en fonction du type de trafic.

Vitesse

L'ANOVA a montré que la vitesse adoptée par les participants n'était pas influencée par la largeur de voie ($F_{3,87} = 0.99$, $p = 0.401$), la largeur de la bande dérasée ($F_{3,87} = 0.19$, $p = 0.903$) ou le type de trafic ($F_{1,29} = 2.03$, $p = 0.165$). Aucun effet d'interaction n'a été observé. Les participants ont adopté en moyenne une vitesse de 99 ± 6 km/h au cours de l'expérimentation.

Variabilité de l'angle au volant

L'ANOVA a révélé un effet principal du type de trafic ($F_{1,29} = 17.10$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.371$) sur la variabilité de l'angle au volant. Aucun autre effet principal ou d'interaction n'a été observé. Les

participants ont conduit avec une variabilité de l'angle au volant significativement plus réduite en absence (0.59°) qu'en présence de trafic (0.63°).

Discussion

Positionnement latéral et largeur de voie

Les résultats ont rapporté un effet significatif de la largeur de voie sur la distance au centre de la route et une absence d'effet de la largeur de voie sur la distance au centre de la voie. Ainsi, les participants ont adopté une position latérale qui diminuait la distance les séparant du centre de la route avec la réduction de la largeur de voie (les distances véhicule-ligne axiale pour chaque largeur de voie se distinguaient toutes significativement), mais maintenaient, en revanche, leur distance au centre de leur voie de circulation. Si la diminution de la distance séparant le véhicule du centre de la route avec la réduction de la largeur de voie est une observation qui a été rapportée de manière consistante dans la littérature (Rosey et al., 2009 ; van Driel et al., 2004), le maintien de la distance séparant les conducteurs du centre de leur voie fait l'objet de résultats plus contrastés. En effet, Lewis-Evans et Charlton (2006) ont montré que la distance au centre de voie était amenée à varier avec la largeur de voie (plus petite sur la voie la plus étroite et plus grande sur la voie la plus large), tandis que Dijksterhuis et al. (2011) ont montré que cette distance ne se distinguait pas en fonction des différentes largeurs de voie. Nos résultats apportent alors une contribution sur cette question en documentant une fois de plus que les conducteurs conservent une position dans leur voie relativement équivalente quelle que soit la largeur de voie. Sur la base de ce résultat, une modification de largeur de voie ne peut être utilisée dans le but de modifier la façon dont les conducteurs se positionnent ou se centrent au sein de leur voie. Selon une considération basique, si le risque d'accidents et de sortie de voie augmente dès que l'on s'éloigne du centre de voie, le comportement adopté par les participants semble, sur un plan strictement lié au positionnement latéral, comporter une dimension bénéfique. En effet, les participants s'éloignent de la ligne axiale de 10 à 14 cm entre chaque condition de largeur de voie – ce qui les éloigne donc du trafic de la voie opposée – pour des augmentations de 25 cm de largeur de voie – ce qui ne les rapproche pas du bord de rive.

Concernant la variabilité de la position latérale, nos résultats confirment les conclusions extrêmement robustes rapportés par les travaux antérieurs en la matière. Une moindre variabilité de la position latérale avec la réduction de la largeur de voie est en effet rapportée par la totalité des travaux ayant traité la question (Dijksterhuis et al., 2011 ; Godley et al., 2004 ; Green et al., 1994). Ce résultat indique que les participants s'accommodent d'une augmentation des exigences de la tâche induite au plan du contrôle de trajectoire par une réduction de largeur de voie en réduisant la zone dans laquelle ils conduisent (1.5 à 2 cm de réduction par condition). Il est toutefois surprenant que cette réduction de variabilité – et sans doute du plus grand effort de guidage associé – ne se traduise pas dans les mesures de variabilité de l'angle au volant. En effet, aucune différence significative n'a été observée pour cette variable entre les différentes largeurs de voie. Etant donné que la chute de variabilité de la position latérale ne peut être due qu'aux actions réalisées sur l'effecteur (i.e., le

volant), d'autres mesures plus fines captées au volant permettront sans doute d'expliquer ce résultat (e.g., taux de réversion de l'angle du volant).

Positionnement latéral et largeur de bande dérasée

Les résultats ont montré un effet de la largeur de BD à la fois sur la distance au centre de la route ainsi que sur la distance à laquelle les participants se positionnaient du centre de leur voie de circulation. D'une part, la position latérale adoptée par les participants en présence d'une bande dérasée était de plus en plus éloignée de la ligne axiale à mesure que la largeur de la BD augmentait. D'autre part, la distance à laquelle ils se positionnaient relativement au centre de voie augmentait elle aussi avec la largeur de la BD. Ces résultats indiquent que si la BD a un effet sur la façon dont les participants se positionnent relativement à la ligne axiale, elle influence également – contrairement à ce qui a été observé concernant la largeur de voie – la façon dont les conducteurs se positionnent relativement au centre de leur voie de circulation, ces derniers se rapprochant du marquage de rive. Il semble donc, à la lumière de ces résultats, qu'une BD d'une largeur de 50 cm ou plus communique au conducteur la présence d'un espace plus large à droite de sa voie lui permettant éventuellement de corriger ses erreurs de guidage, espace qu'il prend en compte de façon effective. De plus, l'absence d'effet de la largeur de la BD sur la variabilité de la position latérale indique que si le participant s'autorise une déviation par rapport au centre de sa voie de circulation, il ne semble pas pour autant considérer rouler sur une voie plus large. En effet, l'enveloppe de trajectoires produites était similaire quelle que soit la largeur de la BD. Il peut donc être postulé ici que les participants ne percevaient pas l'aménagement d'une BD comme un espace roulable, élargissant ainsi la largeur de voie potentielle, mais bien seulement comme une zone de récupération.

L'absence d'effet de la largeur de la BD sur la variabilité de l'angle au volant corrobore cette explication. Le fait que les participants aient exhibé une stabilité du contrôle de trajectoire relativement équivalente quelle que soit la largeur de la BD indique que les participants ont adopté la même façon de guider le véhicule. Il semble donc raisonnable d'avancer, à la lecture de ces différents résultats, que les participants n'appréhendent pas la BD comme une partie roulable de leur environnement routier.

Positionnement latéral et Trafic

Les résultats ont rapporté des effets significatifs de la présence de trafic sur tous les paramètres de contrôle latéral : distance au centre de la route, distance au centre de la voie, variabilité de la position latérale et effort de direction au volant. S'il était attendu que la présence de trafic circulant dans la voie opposée donne lieu à un écart par rapport au centre de la voie (Dijksterhuis et al., 2011), les données recueillies dans la présente étude permettent toutefois d'augmenter le niveau de connaissance lié à cette question à deux niveaux. Premièrement, dans l'étude de Dijksterhuis et al. (2011) – qui est la seule, à notre connaissance, à manipuler à la fois la densité de trafic et la largeur de voie – la vitesse à laquelle roulaient les participants était contrôlée par l'expérimentateur. Les comportements d'écarts vers la droite observés dans leur étude pouvaient donc être dus à l'impossibilité des sujets de réduire leur vitesse, proposition qui perd en substance à la vue de nos résultats. Deuxièmement, notre étude révèle que l'amplitude des déviations

provoquées par le trafic est bien plus importante (30 cm dans la présente étude, 25 cm observés chez Dijksterhuis et al., 2011) que celles provoquées par les autres facteurs de la route que sont les largeurs de voie et de BD. Ainsi, il ressort comme particulièrement crucial pour les gestionnaires de la route de prendre en compte les données de trafic moyen pour une route donnée au moment de décider quelle doit être la redistribution du PT à opérer. A titre d'exemple, les routes présentant un PT identique mais une fréquentation différente ne devront sans doute pas faire l'objet d'une même redistribution (plus d'espace à droite du véhicule requis sur la route très fréquentée).

Vitesse

Contrairement à ce qui était attendu, les résultats ont révélé que la vitesse moyenne pratiquée n'était aucunement influencée par les différentes largeurs de voie, de BD ou par la nature du trafic. Bien que ce résultat corrobore celui d'une autre étude menée antérieurement ayant opéré une réduction de largeur de voie au profit d'une augmentation de la largeur de BD (Rosey et al., 2009), il reste étonnant dans la mesure où il a été démontré qu'une voie plus large induit des vitesses plus élevées car elle alloue plus d'espace au conducteur pour corriger ses erreurs (de Waard et al., 1995; Godley et al., 2004; Lewis-Evans & Charlton, 2006). Une des raisons permettant d'expliquer ce résultat tient sans doute au fait que les participants, dans notre expérimentation, disposaient d'un retour d'informations quant à la vitesse à laquelle ils roulaient (affichage du compteur de vitesse dans la cabine simulateur). En effet, si l'accès au compteur de vitesse est une caractéristique de la situation réelle, nous pouvons toutefois remarquer que ce retour d'information n'était pas fourni dans l'étude de Godley et al. (2004) – qui rapporte une réduction de la vitesse pratiquée sur les voies plus étroites – tandis qu'il était autorisé dans notre étude et celle de Rosey et al. (2009). Mais si l'accès au compteur explique sans doute en partie une absence de variation de vitesse en permettant au participant d'ajuster sa vitesse en fonction des informations renvoyées par le système quelle que soit la route pratiquée, il ne peut fondamentalement l'expliquer puisqu'une autre étude ayant mesuré la vitesse en fonction de différentes largeurs de voie et fournissant un accès au compteur rapporte un effet de la largeur de voie sur la vitesse (Lewis-Evans & Charlton, 2006). Néanmoins, cette étude a mis en évidence un modèle d'adaptation asymétrique de la vitesse selon les différentes largeurs de route: par comparaison à une voie de largeur contrôle, la vitesse diminuait sur route étroite alors que la route large n'était pas associée à une plus grande vitesse. De plus, un certain nombre de facteurs entre ces études antérieures et la nôtre varie grandement : la largeur des voies, la largeur des BD, le terrain de fond, la mise en œuvre du trafic venant en sens inverse, et les élévations de la route qui ont tous une influence potentielle sur le comportement de conduite adopté en général et la vitesse en particulier. Ainsi, un examen de la littérature sur cette question indique que la relation entre la largeur de voie et la vitesse n'est pas claire et mérite plus d'investigations.

Enfin, les données rapportent que la vitesse moyenne pratiquée par les participants au cours de l'expérimentation était au-dessus de la limite autorisée (99 km/h). L'adoption d'une telle vitesse est sans doute expliquée par la forte proportion de segments en ligne droite rendant ainsi le tracé, et très certainement la tâche de conduite, quelque peu monotone. Les mesures captées au volant permettant de caractériser l'effort de conduite corroborent cette explication. En effet, la

variabilité moyenne de l'angle au volant mesurée était inférieure au degré, ce qui témoigne du caractère peu sollicitant de la tâche du point de vue locomoteur.

Redistribution et contrôle latéral : quelques conclusions préliminaires

A l'issue de cette première étude, plusieurs des résultats obtenus méritent d'être soulignés en vue de l'opération de redistribution de PT sur le réseau routier.

Un premier résultat important tient à la démonstration que la réduction de la largeur de voie entraîne mécaniquement un rapprochement des usagers de l'autre sens de circulation, puisque les conducteurs maintiennent systématiquement la même stratégie de positionnement sur leur voie (i.e., même distance au centre de la voie de circulation).

Le deuxième résultat d'importance tient à la démonstration que l'augmentation de la largeur de la BD entraîne un décalage du positionnement des véhicules vers la rive, les éloignant donc cette fois-ci du trafic venant en sens opposé (sans pour autant, *a priori*, les mettre en danger puisque la largeur de la BD augmentait plus vite que le décalage induit par chacune des modalités de BD testées). Il est particulièrement intéressant de noter que ce repositionnement latéral avec l'augmentation de la largeur de la BD s'est effectué à variabilité de position latérale constante.

Par conséquent, un des résultats marquants de cette étude est que le facteur sur lequel agir en vue de modifier la façon dont les conducteurs se positionnent dans leur voie de circulation a trait à la BD et non à la largeur de voie. Ce point apparaît comme particulièrement crucial dans une logique applicative, et ce d'autant plus que la présence de bande dérasée n'est pas accompagnée d'effets négatifs pouvant potentiellement contrebalancer le bénéfice lié au repositionnement qu'elle induit (e.g., augmentation de vitesse ou de variabilité de position latérale).

Bibliographie

- Bella, F., 2013. Driver perception of roadside configurations on two-lane rural roads: Effects on speed and lateral placement. *Accid. Anal. Prev.* 50, 251-262. doi:10.1016/j.aap.2012.04.015
- Ben-Bassat, T., Shinar, D., 2002. Effect of shoulder width, guardrail and roadway geometry on driver perception and behavior. *Accid. Anal. Prev.* 43(6), 2142–2152. doi:10.1016/j.aap.2011.06.004
- Blana, E., Golias, J., 2002. Differences between vehicle lateral displacement on the road and in a fixed-base simulator. *Hum. Factors: J. Hum. Factors Ergon. Soc.* 44(2), 303–313. doi:10.1518/0018720024497899
- Coutton-Jean, C., Mestre, D.R., Goulon, C., Bootsma, R.J., 2009. The role of edge lines in curve driving. *Transp. Res. Part F* 12(6), 483–493. doi:10.1016/j.trf.2009.04.006
- Denton, G.G., 1980. The influence of visual pattern on perceived speed. *Percept.* 9(4), 393–402. doi:10.1068/p090393
- Dijksterhuis, C., Brookhuis, K.A., De Waard, D., 2011. Effects of steering demand on lane keeping behaviour, self-reports, and physiology. A simulator study. *Accid. Anal. Prev.* 43(3), 1074–1081. doi:10.1016/j.aap.2010.12.014
- ERSO (European Road Safety Observatory). (2015). Traffic Safety Basic Facts on Single Vehicle Accidents, European Commission, Directorate General for Transport, June 2015.
- Fildes, B.N., Fletcher, M.R., Corrigan, J.M., 1987. Speed perception 1: Drivers' judgements of safety and speed on urban and rural straight roads (Report CR 54). Canberra, Australia: Federal Office of Road Safety, Department of Transport & Communication.
- Godley, S.T., Triggs, T.J., Fildes, B.N., 2004. Perceptual lane width, wide perceptual road centre markings and driving speeds. *Ergon.* 47(3), 237–256. doi:10.1080/00140130310001629711
- Godthelp, H., 1988. The limits of path error-neglecting in straight lane driving. *Ergon.* 31(4), 609–619. doi:10.1080/00140138808966703
- Green, P., Lin, B., Bagian, T., 1994. Driver workload as a function of road geometry: A pilot experiment. *Ann Arbor*, 1001(48), 109.
- Hadi, M.A., Aruldas, J., Chow, L.-F., Wattleworth, J.A., 1995. Estimating safety effects of cross-section design for various highway types using negative binomial regression. *Transp. Res. Rec.* 1500, 169-177.
- Hall, L.E., Powers, R.D., Turner, D.S., Brilon, W., Hall, J.W., 1998. Overview of cross section design elements. In: *International Symposium on Highway Geometric Design Practices*, Boston, 12:1-12.
- Karlaftis, M.G., Golias, I., 2002. Effects of road geometry and traffic volumes on rural roadway accident rates. *Accid. Anal. Prev.* 34(3), 357–365. doi:10.1016/S0001-4575(01)00033-1
- Lewis-Evans, B., Charlton, S.G., 2006. Explicit and implicit processes in behavioural adaptation to road width. *Accid. Anal. Prev.* 38(3), 610–617. doi:10.1016/j.aap.2005.12.005
- Lum, H.S., 1984. The use of road markings to narrow lanes for controlling speed in residential areas. *Inst. Transp. Eng.* 54(6), 50–53.

- Mäkinen, T., Lundkvist, S., Beilinson, L., Kallio, M., Kulmala, P., Mikkola, J., Unhola, T., 1999. Task 400 - Effects of Road Markings on Driver Behaviour (No. COST 331). Brussels.
- Najm, W.G., Smith, J.D., Yanagisawa, M., 2007. Pre-crash scenario typology for crash avoidance research. In *DOT-HS-810* (p. 767). National Highway Transportation Safety Administration.
- Raw, R. K., Kountouriotis, G. K., Mon-Williams, M., & Wilkie, R. M., 2012. Movement control in older adults: does old age mean middle of the road? *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 38(3), 735-745. doi:10.1037/a0026568
- Rosey, F., Auberlet, J.-M., 2012. Trajectory variability: Road geometry difficulty indicator. *Saf. Sci.* 50(9), 1818–1828. doi:10.1016/j.ssci.2012.04.003
- Rosey, F., Auberlet, J.-M., Moisan, O., Dupré, G., 2009. Impact of narrower lane width: Comparison between fixed-base simulator and real data. *Transp. Res. Rec.* 2138, 112–119. doi:10.3141/2138-15
- Törnros, J., 1998. Driving behaviour in a real and a simulated road tunnel—a validation study. *Accid. Anal. Prev.* 30(4), 497–503. doi:10.1016/S0001-4575(97)00099-7
- Van Winsum, W., Godthelp, H., 1996. Speed choice and steering behavior in curve driving. *Hum. Factors: J. Hum. Factors Ergon. Soc.* 38(3), 434–441. doi:10.1518/001872096778701926
- Waard, D.D.E., Jessurun, M., Steyvers, F.J.J.M., Reggatt, P.T.F., Brookhuis, K.A., 1995. Effect of road layout and road environment on driving performance, drivers' physiology and road appreciation. *Ergon.* 38(7), 1395–1407. doi:10.1080/00140139508925197
- Wang, J., Hughes, W. E., and Stewart, R., 1998. Safety effects of cross-section design on rural multi-lane highways. In: *International Symposium on Highway Geometric Design Practices*, Boston, 18:1-14.
- Warren, W.H., Fajen, B.R., 2004. From optic flow to laws of control. In: Vaina, L.M., Beardsley, S.A., Rushton, S. (Eds.), *Optic Flow and Beyond*. Springer, Kluwer, pp. 307-337.
- Zegeer, C.V., Council, F.M., 1995. Safety relationships associated with cross-sectional roadway elements. *Transp. Res. Rec.* 1515, 29–35.