

Assistance au contrôle latéral et situation d'urgence expérience sur simulateur dynamique

8.1 Introduction

L'expérimentation présentée dans le chapitre précédent, réalisée sur simulateur statique, avait pour objectif d'étudier le comportement des conducteurs en situation d'urgence, pour différents niveaux d'assistance au contrôle latéral : pas d'assistance, assistance de type Lane Departure Warning et assistance de type Lane Keeping Assistant. La situation d'urgence présentée aux sujets était un camion à éviter à la sortie d'un virage.

Les résultats ont montré que les sujets, quel que soit leur niveau d'assistance, arrivaient à éviter le camion assez aisément. Néanmoins, une analyse plus approfondie a dégagé quelques différences de comportement dans la manœuvre d'évitement, principalement dans la première phase utilisant le contrôle en boucle ouverte.

L'expérimentation présentée dans ce chapitre se base sur les résultats de l'expérimentation présentée dans le chapitre précédent, et se propose d'aller plus loin en tentant d'accentuer les tendances précédemment décrites. Elle en reprend le principe général ainsi que le protocole. En revanche, le scénario de la situation d'urgence a été revu, afin d'augmenter le niveau de criticité de celle-ci et de mettre les conducteurs en plus grande difficulté. De plus, un simulateur dynamique a été utilisé, afin de mieux reproduire, à l'aide de la restitution de mouvements, le danger ressenti dans de telles situations.

8.2 Méthode

8.2.1 Matériel

L'expérimentation a été menée sur le simulateur dynamique *Ultimate* (Dagdelen et al., 2006) du Centre Technique de Simulation de Renault (voir 4.3.2). Le simulateur est constitué d'une cabine équipée d'un tableau de bord de Renault Laguna complet. L'image est projetée sur un écran cylindrique offrant un champ de vision de 150°. Deux écrans LCD sont placés dans les rétroviseurs extérieurs, et l'image du rétroviseur central est projetée sur la partie haute de l'écran principal. Les mouvements du véhicule sont restitués à l'aide d'une plateforme à 6 degrés de liberté, ainsi que d'un système de rails offrant une amplitude de déplacement de 7 m par 7 m.

La tâche secondaire était affichée sur un écran embarqué placé en haut de la colonne centrale du tableau de bord. Un petit clavier (de type pavé numérique) était placé devant le levier de vitesse. La figure 8.1 illustre le dispositif expérimental.

8.2.2 Participants

33 personnes ont participé à cette expérimentation (25 hommes et 8 femmes). Toutes étaient employées chez Renault. Les participants avaient un âge moyen de 33 ans ($\sigma = 9$), un permis de conduire valide depuis 14.4 ans en moyenne ($\sigma = 9.2$; $min = 3$), et n'étaient pas des pilotes experts. Leur kilométrage annuel moyen était de 14764 km ($\sigma = 11266$). Tous les sujets avaient une vision normale ou corrigée à la normale.

8.2.3 Protocole

Déroulement

Le parcours suivi par les participants était le même que lors de l'expérimentation présentée au chapitre précédent.

Situation d'urgence

Par rapport à l'expérimentation présentée au chapitre précédent, l'objectif était d'augmenter la criticité de la situation d'urgence. Comme le critère de l'angle de l'obstacle a été retenu pour décrire cette criticité, et que les résultats de l'expérimentation précédente ont montré que la réaction des sujets dépendait de cette grandeur, nous avons cherché à diminuer la valeur de l'angle. Pour cela, le camion a été déplacé de 75 cm sur la gauche, le rapprochant ainsi du centre de la route.



FIGURE 8.1 – Dispositif expérimental.

Questionnaire

Comme pour l'expérimentation présentée au chapitre précédent, les participants des groupes LDW et LKA ont complété un questionnaire sur l'acceptation subjective d'un système d'aide à la conduite, proposé par van der Laan et al. (1997). Voir le chapitre précédent pour plus de détails sur le questionnaire.

8.3 Analyse de données

8.3.1 Conduite normale

L'intégrale curviligne de l'écart latéral (ICEL, voir 7.3.1) a été calculée sur les deux mêmes portions de route que pour l'expérimentation précédente, une ligne droite et une courbe.

Sur les données de la ligne droite et de la courbe, un test de Kruskal-Wallis a été réalisé sur l'ICEL lors de la conduite de familiarisation afin de vérifier l'absence de biais dans la répartition des groupes.

Ensuite, des tests de Wilcoxon, pour chacun des groupes, ont été réalisés afin d'évaluer l'apport des systèmes d'aide lors de la conduite de test, par rapport à la conduite de familiarisation. Sur l'ICEL lors de la conduite en courbe, ces tests ont également été réalisés séparément sur l'ICEL gauche et sur l'ICEL droite (voir 7.3.1).

8.3.2 Situation d'urgence

Au cours de la situation d'urgence, un sujet (du groupe LDW) s'est arrêté complètement avant l'obstacle. Sa manœuvre d'évitement ne correspondant alors pas à une réaction d'urgence, ce sujet a été exclu de la suite des analyses.

Indicateurs globaux

Comme pour l'expérimentation précédente, afin d'évaluer la sécurité globale de la manœuvre d'évitement, les indicateurs suivant ont été calculés :

- Le *time-to-collision* au début de la manœuvre d'évitement, noté TTC_0 .
- Le temps passé sur la voie de gauche pendant l'évitement, noté T_{gauche} .
- L'écart latéral maximum pendant l'évitement, noté $max(\epsilon)$, mesuré par rapport au centre de la voie de droite.
- La distance minimale à l'obstacle pendant l'évitement, notée $min(D_{obstacle})$. Cette distance est une distance euclidienne.

L'indicateur suivant a également été calculé :

- La distance à l'obstacle au début de la manœuvre d'évitement, notée D_0 . Cette distance est une distance curviligne, correspondant à la distance inter-véhiculaire suivant le tracé de la route.

Accélération latérale

La figure 8.2 représente un exemple d'enregistrement de l'accélération latérale en fonction de la vitesse, tout au long de la conduite de test (qui inclue donc la situation d'urgence).

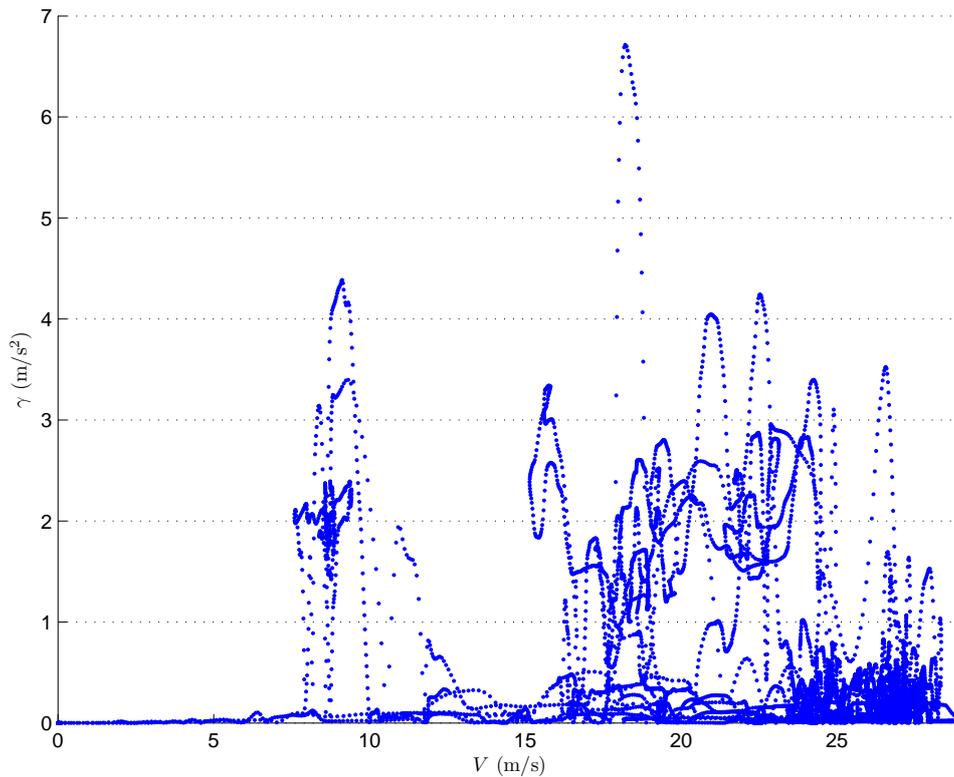


FIGURE 8.2 – Représentation de l'accélération latérale γ en fonction de la vitesse V pendant la conduite de test. Exemple pour un sujet.

Comme pour l'expérimentation présentée dans le chapitre précédent, nous pouvons observer chez la majorité des sujets un pic d'accélération latérale correspondant à la manœuvre d'évitement de l'obstacle. L'enregistrement illustré par la figure 8.2 montre ainsi un pic d'accélération latérale à presque $7m/s^2$, pour une vitesse légèrement inférieure à $20m/s$.

Pour chaque sujet, les valeurs d'accélération latérale maximale et de vitesse associée ont donc été calculées au cours de la manœuvre d'évitement ainsi qu'au cours de la conduite de familiarisation

(voir section 7.3.2 au chapitre précédent), et des ANOVAs à mesures répétées ont été réalisées sur ces valeurs.

Décomposition de la manœuvre d'évitement

Pour cette expérimentation, nous avons observé dans la manœuvre d'évitement les mêmes phases que lors de l'expérimentation précédente, à savoir :

1. Phase 1 : coup de volant vers la gauche
2. Phase 2 : contrebraquage vers la droite
3. Phase 3 : stabilisation du volant autour de la position centrale

En revanche, contrairement à l'expérimentation précédente, certains sujets ont montré ici une courte stabilisation entre le coup de volant vers la gauche et le contrebraquage. Le découpage a donc été légèrement modifié ainsi :

1. t_0 : Début du coup de volant vers la gauche
2. t_1 : Fin du coup de volant
3. t_2 : Début du contrebraquage
4. t_3 : Fin du contrebraquage et début de la stabilisation
5. t_4 : Fin de la stabilisation

La figure 8.3 présente un exemple de manœuvre d'évitement avec le découpage associé, pour un sujet présentant une courte stabilisation entre t_1 et t_2 .

8.3.3 Questionnaire

Pour chacun des deux questionnaires "avant" et "après", les scores d'utilité et de satisfaction ont été calculés pour les groupes LDW et LKA. Des tests de Student et de Mann-Whitney ont été réalisés pour évaluer les différences entre les deux groupes pour ces scores. Des tests de Student appariés et de Wilcoxon ont également été réalisés, afin d'évaluer l'évolution de ces scores entre les deux questionnaires, pour chacun des deux groupes.

8.3.4 Tâche secondaire

Comme dans le chapitre précédent (voir 7.3.4), le temps moyen de réponse à une tâche ainsi que les nombres de bonnes et de mauvaises réponses ont été enregistrés. Des ANOVAs ont ensuite été réalisées afin de comparer ces scores entre les différents groupes.

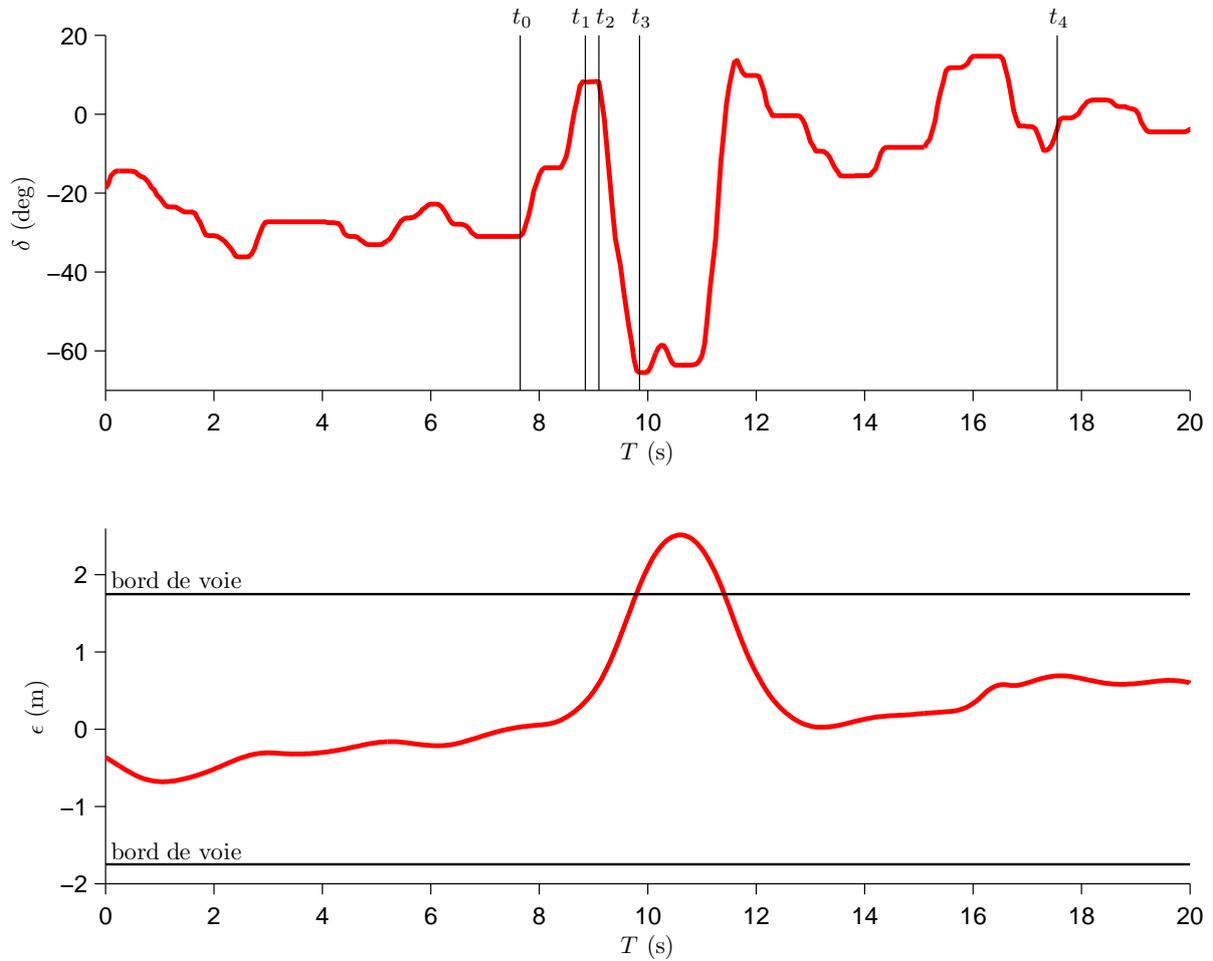


FIGURE 8.3 – Exemple d’une manœuvre d’évitement. Le graphique du dessus montre l’angle volant δ en fonction du temps. Le graphique du dessous montre l’écart latéral ϵ en fonction du temps. Les valeurs positives correspondent à un angle volant ou un écart latéral vers la gauche.

8.4 Résultats

8.4.1 Homogénéité des groupes

Les résultats n'ont montré aucune différence significative d'âge ($H(2, 33) = 2.27; p = 0.32$) ni de sexe ($\chi^2(2) = 0.04; p = 0.98$) entre les groupes.

8.4.2 Conduite normale

Ligne droite

La figure 8.4 présente les moyennes d'ICEL dans la ligne droite. Les résultats n'ont montré aucune différence significative d'ICEL entre les groupes durant la conduite de familiarisation ($H(2, 33) = 1.56; p = 0.46$). La comparaison entre l'ICEL pendant la conduite de familiarisation et pendant la conduite de test n'a montré aucune différence significative pour le groupe contrôle ($Z = 1.16; p = 0.25$), ni pour le groupe LDW ($Z = 0.18; p = 0.86$), ni pour le groupe LKA ($Z = 0.71; p = 0.48$).

Courbe

La figure 8.5 présente les moyennes d'ICEL dans la courbe. Les résultats n'ont montré aucune différence significative d'ICEL entre les groupes durant la conduite de familiarisation ($H(2, 33) = 0.95; p = 0.62$). La comparaison entre l'ICEL pendant la conduite de familiarisation et pendant la conduite de test a montré une diminution significative de l'ICEL pendant la conduite de test pour le groupe LKA ($Z = 2.49; p < 0.02$), mais aucune différence significative pour le groupe contrôle ($Z = 0.62; p = 0.53$) et pour le groupe LDW ($Z = 0.27; p = 0.79$).

La figure 8.6 présente les moyennes d'ICEL gauche et droite dans la courbe. Les résultats ont montré une différence significative, entre la conduite de familiarisation et la conduite de test, uniquement pour le groupe LKA sur l'ICEL gauche. Le tableau 8.1 résume ces résultats. Tous groupes confondus, les résultats n'ont pas montré de différence significative entre l'ICEL droite et l'ICEL gauche, que ce soit pour la conduite de familiarisation ($Z = 1.87; p = 0.06$) ou pour la conduite de test ($Z = 1.71; p = 0.09$).

8.4.3 Situation d'urgence

Tous les sujets ont réussi à éviter l'obstacle, sauf un sujet du groupe LKA qui est entré en collision avec le camion. En revanche, ce cas unique n'est pas suffisant pour avoir une différence significative entre les groupes ($\chi^2(2) = 0.26; p = 0.88$).

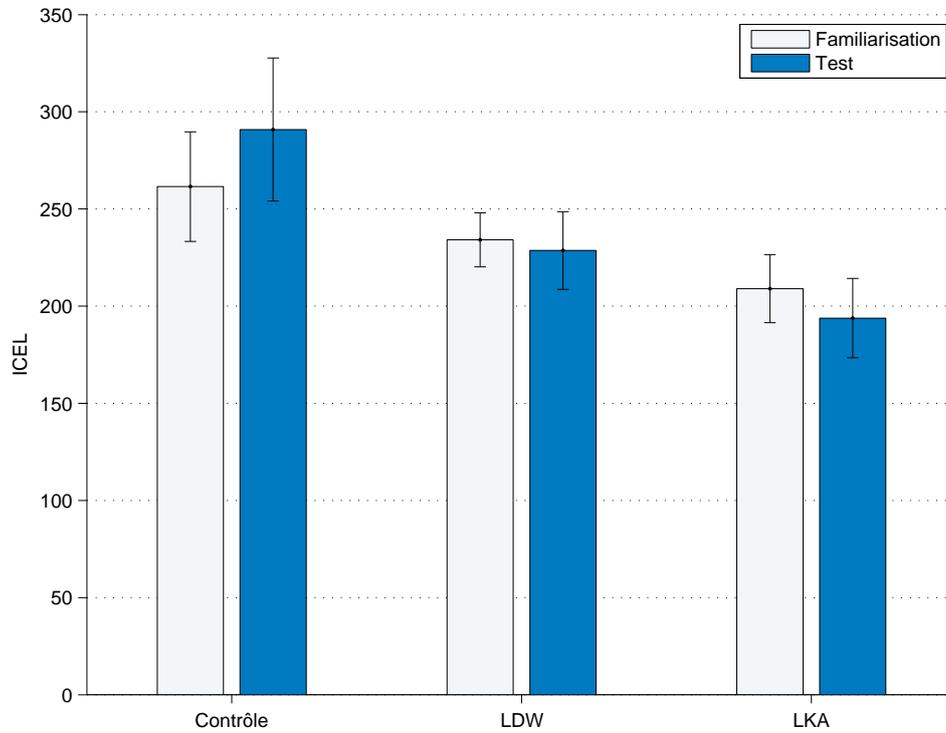


FIGURE 8.4 – Moyennes d’ICEL dans la ligne droite, pour chacun des groupes. Les barres d’erreur représentent les erreurs types.

TABLEAU 8.1 – Résultats des tests de Wilcoxon sur les ICEL gauche et droite, entre la conduite de familiarisation et la conduite de test.

Groupe	ICEL gauche	ICEL droite
Contrôle	$Z = 0.36; p = 0.72$	$Z = 0.62; p = 0.53$
LDW	$Z = 0.36; p = 0.72$	$Z = 0.18; p = 0.86$
LKA	$Z = 1.42; p = 0.15$	$Z = 1.33; p = 0.18$

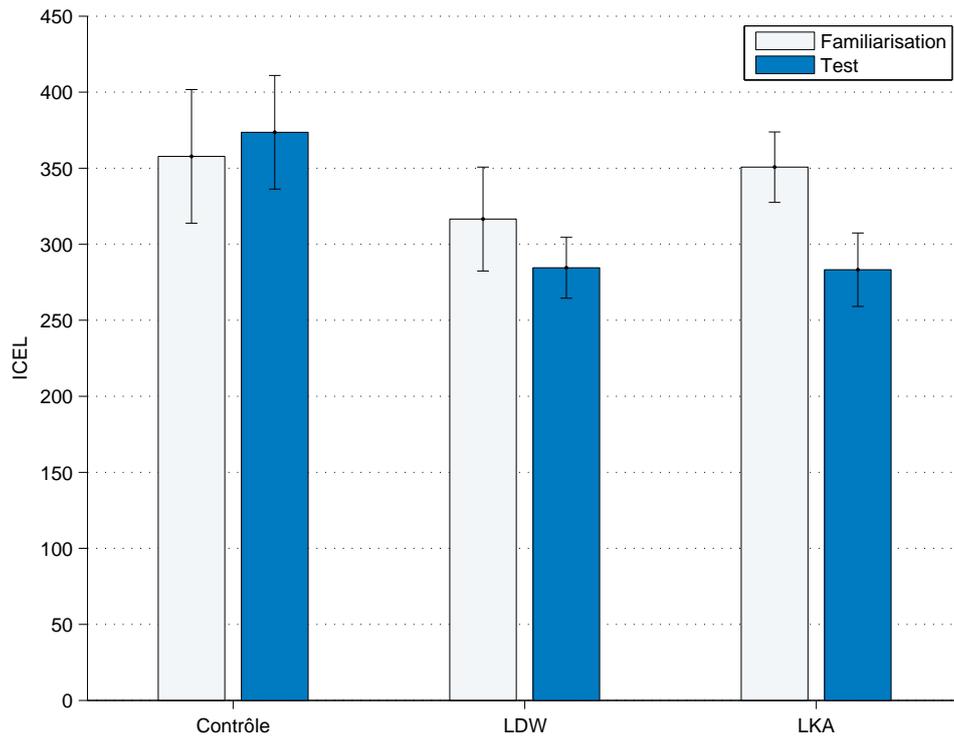


FIGURE 8.5 – Moyennes d’ICEL dans la courbe, pour chacun des groupes. Les barres d’erreur représentent les erreurs types.

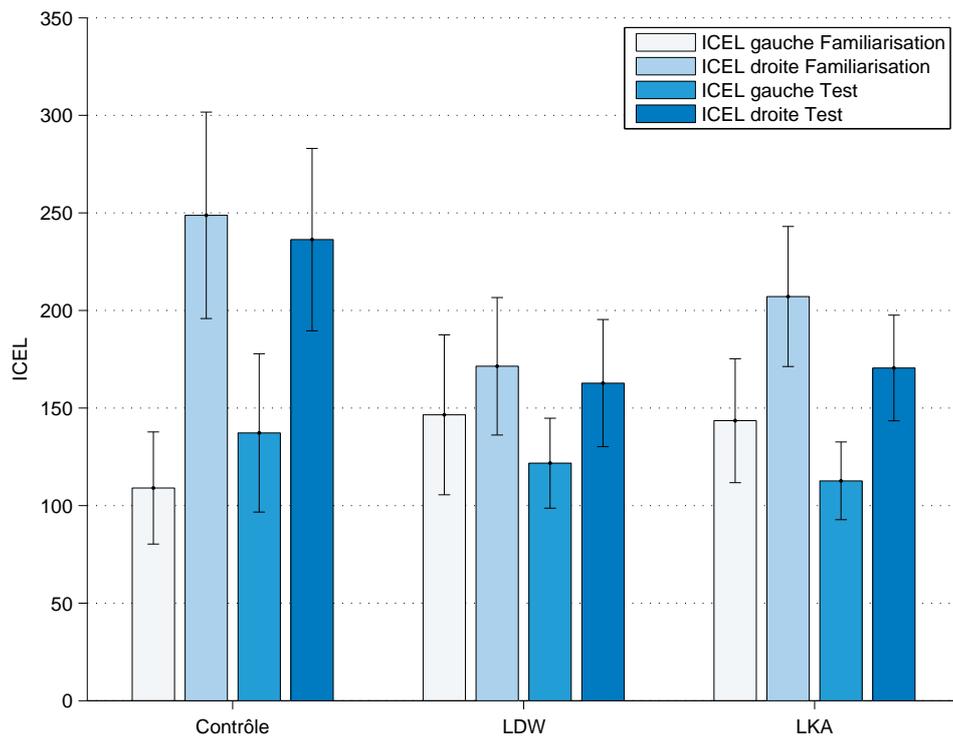


FIGURE 8.6 – Moyennes d’ICEL gauche et droite dans la courbe, pour chacun des groupes. Les barres d’erreur représentent les erreurs types.

Lors de l'évitement de l'obstacle, quatre sujets ont complètement arrêté leur véhicule (un du groupe contrôle, deux du groupe LDW et un du groupe LKA, sans différence significative entre les groupes, $\chi^2(2) = 0.08; p = 0.96$). Parmi ces quatre sujets, trois se sont arrêtés après l'évitement du camion, et un (du groupe LDW) s'est arrêté avant. Ce dernier a donc été retiré de la suite des analyses, son comportement pour éviter le camion ne reflétant pas une réaction d'urgence.

Indicateurs globaux

Les résultats n'ont montré aucun effet significatif du groupe sur T_{gauche} ($F(2, 29) = 2.42; p = 0.11$), ni sur $min(D_{obstacle})$ ($F(2, 29) = 1.45; p = 0.25$), mais un effet significatif sur $max(\epsilon)$ ($F(2, 29) = 3.86; p = 0.03$). Les analyses post-hoc montrent que la valeur de $max(\epsilon)$ est significativement inférieure pour le groupe LKA que pour le groupe contrôle ($p < 0.01$).

Les résultats n'ont montré aucun effet significatif du groupe sur TTC_0 ($F(2, 29) = 2.64; p = 0.09$), mais un effet significatif sur D_0 ($F(2, 29) = 3.61; p = 0.04$). Les analyses post-hoc montrent que la valeur de D_0 est significativement supérieure pour le groupe LKA que pour le groupe LDW ($p = 0.02$).

La figure 8.7 regroupe les valeurs moyennes de tous ces indicateurs : TTC_0 , T_{gauche} , $max(\epsilon)$, $min(D_{obstacle})$ et D_0 .

Accélération latérale

La figure 8.8 montre les valeurs d'accélération latérale maximale et de vitesse associée, en situation de conduite normale et en situation d'urgence et pour chacun des groupes.

Les résultats sur l'accélération latérale maximale γ_{max} ne montrent ni un effet principal de la situation d'urgence ($F(1, 29) = 3.37; p = 0.08$), ni un effet principal du groupe ($F(2, 29) = 0.01; p = 0.99$).

En revanche, les résultats montrent une diminution significative de la vitesse associée V_γ lors de la situation d'urgence ($F(1, 29) = 10.68; p < 0.01$), mais pas d'effet principal du groupe sur cette mesure ($F(2, 29) = 0.43; p = 0.65$).

Décomposition de la manœuvre d'évitement

L'angle volant atteint à t_1 était de 10.39° en moyenne ($\sigma = 18.35$), et était significativement différent de 0° ($t(31) = 3.2; p < 0.01$). Les sujets ont commencé à contrebraquer avant d'atteindre leur déviation latérale maximale (1.82s plus tôt en moyenne, $t(31) = 24.96; p < 0.01$). La valeur de θ_0 était de 8.67° en moyenne ($\sigma = 1.73$).

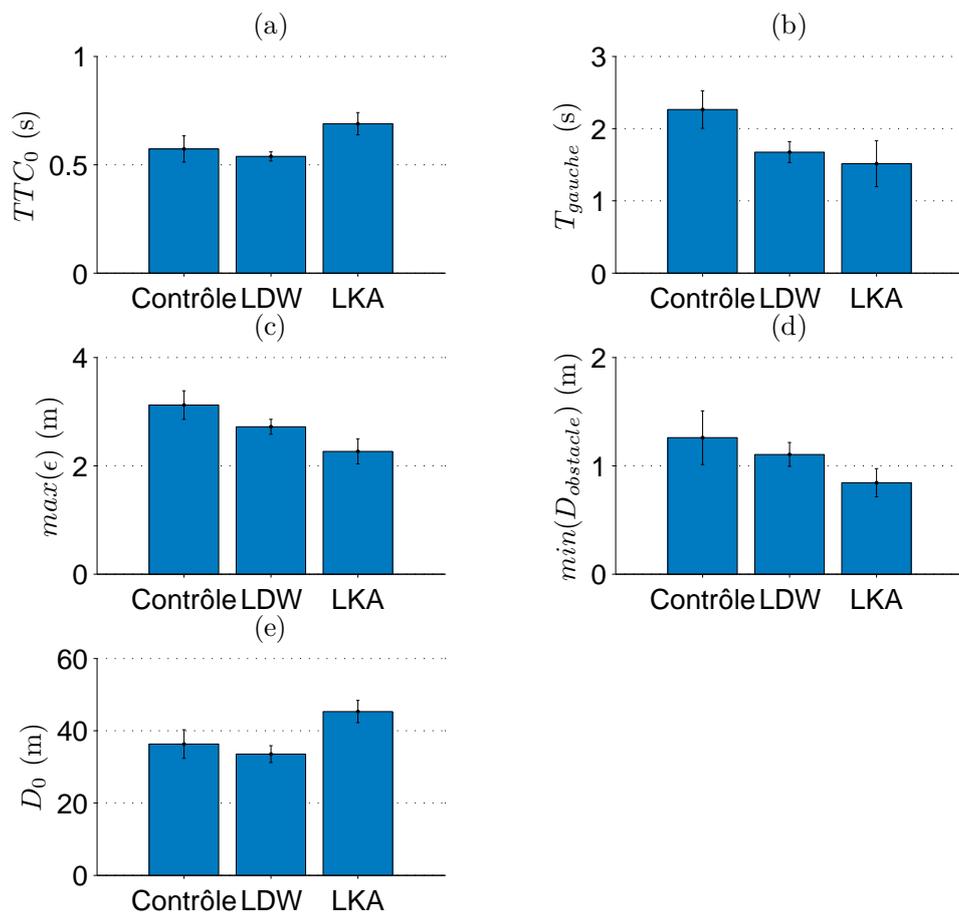


FIGURE 8.7 – Moyennes des indicateurs globaux de sécurité de la manœuvre d'évitement : (a) *time-to-collision* au début de la manœuvre; (b) temps passé sur la voie de gauche; (c) écart latéral maximum; (d) distance minimale à l'obstacle; (e) distance inter-véhicules au début de la manœuvre. Les barres d'erreur représentent les erreurs types.

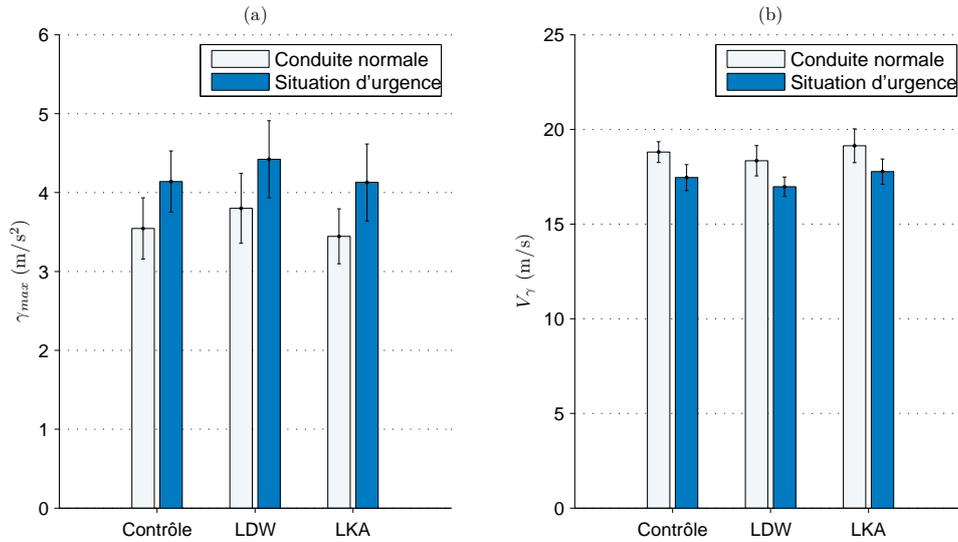


FIGURE 8.8 – (a) Accélération latérale maximale γ_{max} ; (b) Vitesse associée V_γ . Les barres d'erreur représentent les erreurs types.

Phase 1

Durant la phase 1, les résultats n'ont montré aucun effet significatif du groupe, ni sur δ_1 ($F(2, 29) = 2.02; p = 0.15$), ni sur τ_1 ($H(2, 32) = 0.33; p = 0.85$).

Le tableau 8.2 résume les résultats des régressions linéaires sur δ_1 .

TABLEAU 8.2 – Relations entre la situation et l'amplitude de correction au volant durant la phase 1.

Groupe	Régression de δ_1 sur θ_0			Régression de θ_1 sur δ_1		
	β	p	R^2 ajusté	β	p	R^2 ajusté
Contrôle	0.009	0.979	~ 0	0.432	0.185	0.096
LDW	-0.462	0.179	0.115	0.401	0.25	0.056
LKA	-0.532	0.092	0.204	0.293	0.383	~ 0

Le tableau 8.3 résume les résultats des régressions linéaires sur τ_1 . Ces résultats montrent une corrélation significative entre τ_1 et θ_1 pour le groupe LKA.

Phase 2

Durant la phase 2, les résultats n'ont montré aucun effet significatif du groupe, ni sur δ_2 ($H(2, 32) = 1.55; p = 0.46$), ni sur τ_2 ($F(2, 29) = 0.63; p = 0.54$).

8.4. RÉSULTATS

TABLEAU 8.3 – Relations entre la situation et la durée de correction au volant durant la phase 1.

Groupe	Régression de τ_1 sur θ_0			Régression de θ_1 sur τ_1		
	β	p	R^2 ajusté	β	p	R^2 ajusté
Contrôle	0.183	0.589	~ 0	0.037	0.914	~ 0
LDW	-0.487	0.685	~ 0	0.519	0.072	0.268
LKA	0.49	0.126	0.155	0.779	0.005	0.563

Le tableau 8.4 résume les résultats des régressions linéaires sur δ_2 . Ces résultats montrent une corrélation significative entre δ_2 et ϵ_2 pour le groupe LKA.

TABLEAU 8.4 – Relations entre la situation et l’amplitude de correction au volant durant la phase 2.

Groupe	Régression de δ_2 sur TLC_1			Régression de ϵ_2 sur δ_2		
	β	p	R^2 ajusté	β	p	R^2 ajusté
Contrôle	-0.449	0.166	0.113	0.14	0.682	~ 0
LDW	-0.261	0.467	~ 0	0.099	0.786	~ 0
LKA	-0.003	0.992	~ 0	0.624	0.04	0.321

Le tableau 8.5 résume les résultats des régressions linéaires sur τ_2 .

TABLEAU 8.5 – Relations entre la situation et la durée de correction au volant durant la phase 1.

Groupe	Régression de τ_2 sur TLC_1			Régression de ϵ_2 sur τ_2		
	β	p	R^2 ajusté	β	p	R^2 ajusté
Contrôle	0.488	0.128	0.153	0.32	0.337	0.003
LDW	0.341	0.335	0.006	0.287	0.422	~ 0
LKA	0.225	0.505	~ 0	0.028	0.935	~ 0

Phase 3

Durant la phase 3, les résultats n’ont montré aucun effet significatif du groupe sur τ_3 ($H(2, 32) = 0.54; p = 0.76$). Le tableau 8.6 résume les résultats des régressions linéaires sur τ_3 .

8.4.4 Questionnaire

La figure 8.9 présente les scores d’utilité et de satisfaction des questionnaires “avant” et “après”. Les résultats ne montrent aucune différence significative entre les groupes. Le tableau 8.7 présente les résultats des différents tests effectués.

TABEAU 8.6 – Relations entre la position latérale et le temps de stabilisation durant la phase 3.

Groupe	Régression de τ_3 sur ϵ_2		
	β	p	R^2 ajusté
Contrôle	-0.277	0.409	~ 0
LDW	0.142	0.696	~ 0
LKA	0.513	0.106	0.181

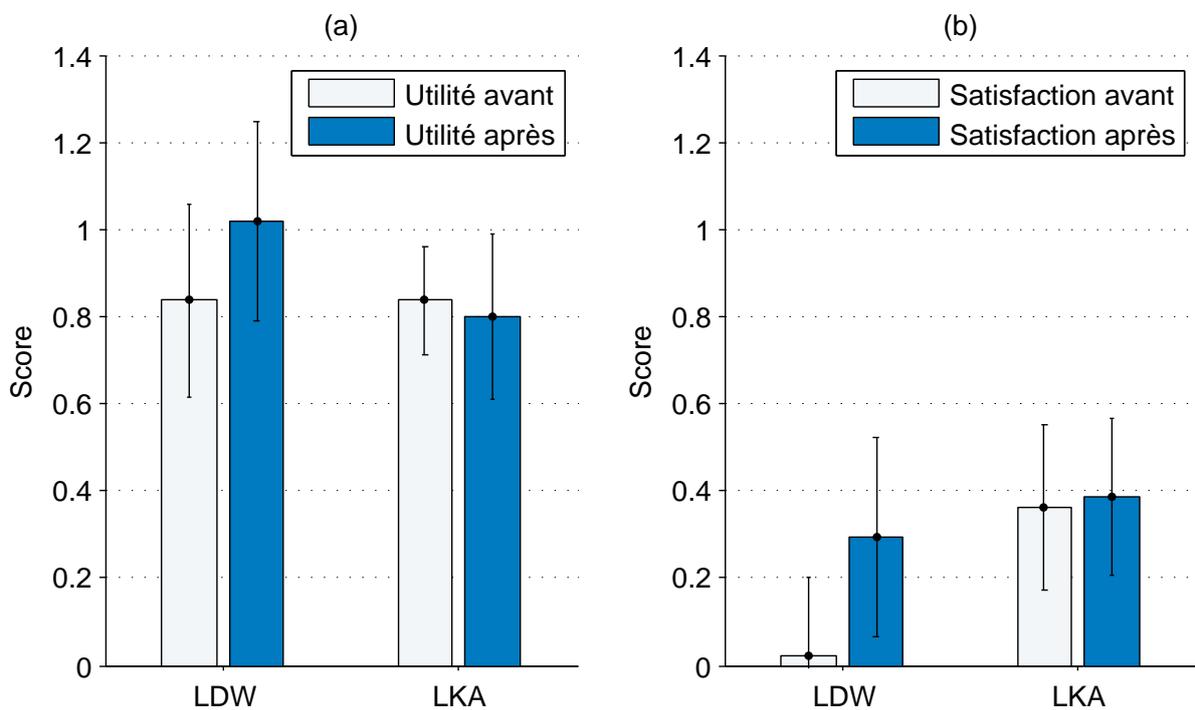


FIGURE 8.9 – Scores moyens des questionnaires “avant” et “après” : (a) utilité, (b) satisfaction. Les barres d’erreur représentent les erreurs types.

TABEAU 8.7 – Résultats des tests de Student entre les groupes LDW et LKA.

Questionnaire	Utilité	Satisfaction
Avant	$t(20) = 0; p = 1$	$t(20) = -1.31; p = 0.21$
Après	$U = 43; p = 0.25$	$t(20) = -0.31; p = 0.76$

Les tests appariés montrent une augmentation significative du score d'utilité entre les questionnaires "avant" et "après", pour le groupe LDW. Le tableau 8.8 synthétise les résultats de ces tests.

TABLEAU 8.8 – Résultats des tests appariés entre les questionnaires "avant" et "après".

Groupe	Utilité	Satisfaction
LDW	$Z = 2.17; p = 0.03$	$t(10) = -1.4; p = 0.19$
LKA	$Z = 0.3; p = 0.77$	$t(10) = -0.08; p = 0.93$

8.4.5 Tâche secondaire

La figure 8.10 présente les résultats de la tâche secondaire, pour chacun des groupes. Les résultats n'ont montré aucune différence significative entre les groupes, ni sur le temps moyen de réponse ($H(2, 33) = 1.4; p = 0.5$), ni sur le nombre de bonnes réponses ($H(2, 33) = 2.14; p = 0.34$), ni sur le nombre de mauvaises réponses ($H(2, 33) = 0.67; p = 0.72$).

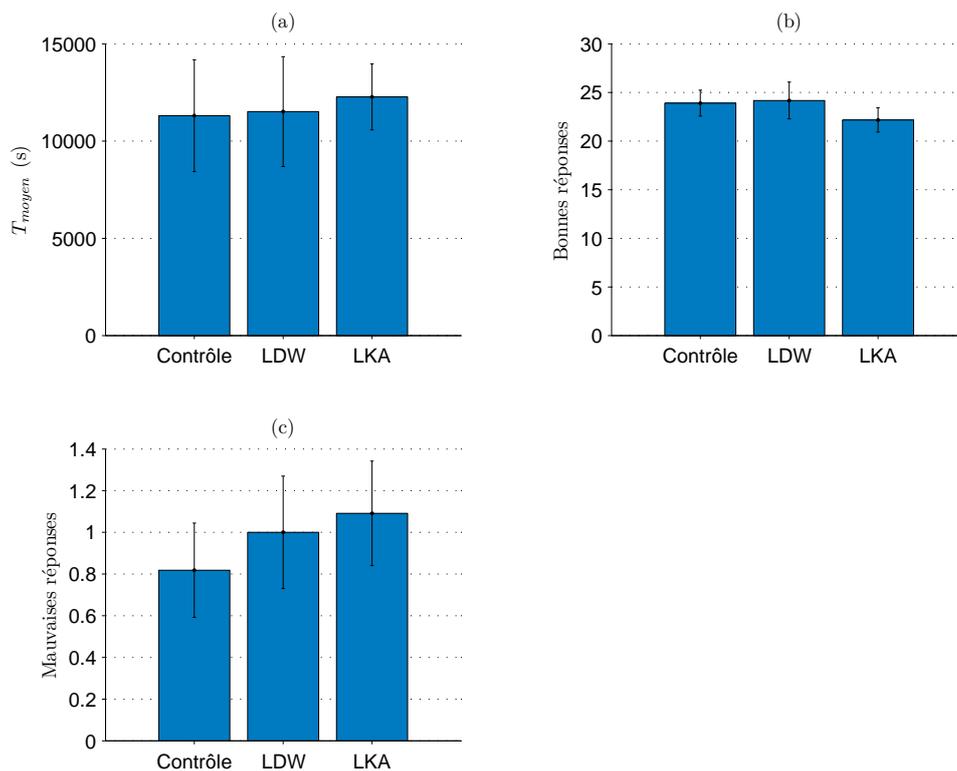


FIGURE 8.10 – Résultats de la tâche secondaire, pour chaque groupe : (a) temps moyen de réponse à une tâche, (b) nombre de bonnes réponses, (c) nombre de mauvaises réponses. Les barres d'erreur représentent les erreurs types.

8.5 Discussion

8.5.1 Conduite normale

Les résultats n'ont pas montré de différence significative dans le contrôle latéral avec système d'aide lors de la conduite en ligne droite. Lors de la conduite en courbe en revanche, les résultats ont montré une amélioration du contrôle latéral (*i.e.* une diminution significative de l'ICEL) avec le système LKA. Les résultats ne permettent par contre pas la même conclusion avec le système LDW. Le système LKA semble donc plus efficace que le système LDW.

Une analyse plus détaillée sur le contrôle latéral en courbe a permis de montrer que l'apport du LKA résidait principalement en une réduction de l'ICEL vers la gauche. Ce système a donc empêché les sujets de conduire trop vers l'extérieur du virage. Ce résultat confirme celui obtenu dans l'expérimentation présentée au chapitre précédent (voir 7.5.1). Le système LKA semble ainsi indiqué pour réduire, à plus grande vitesse, les risques de sous-virage.

8.5.2 Situation d'urgence

Lors de la situation d'urgence, un sujet conduisant avec le système LKA est rentré en collision avec le camion. Bien qu'un seul sujet ne suffise pas à rendre ce résultat significatif, il pourrait, comme lors de l'expérimentation présentée au chapitre précédent, suggérer une difficulté à réagir de façon adéquate avec le LKA.

Les indicateurs mesurés sur la situation d'urgence ont montré que les sujets du groupe LKA ont initié leur manœuvre à une distance du camion plus importante que les sujets du groupe LDW. En revanche, le *time-to-collision* montre la même tendance, mais de façon non significative, suggérant ainsi une atténuation de cet effet par la vitesse du véhicule (voir l'équation 7.1 définissant le *time-to-collision* dans cette situation).

Les analyses sur l'accélération latérale ont montré que l'accélération latérale maximale atteinte lors de l'évitement du camion n'était pas significativement différente de celle atteinte en prise de virage normale. En revanche, les sujets ont atteint ce pic d'accélération latérale à une vitesse significativement plus faible lors de l'évitement que lors de la prise de virage normale. Ces résultats diffèrent de ceux auxquels nous nous attendions. En effet, comme l'a montré l'expérimentation présentée au chapitre précédent (voir 7.5.2), cet évitement nécessitait une accélération plus importante que celle normalement atteinte en virage, d'autant plus pour cette expérimentation où la manœuvre à effectuer pour éviter l'obstacle était plus importante (le camion étant placé légèrement plus près du centre de la route que lors de l'expérimentation précédente). Les sujets ont néanmoins réussi, en adoptant une vitesse plus faible, à contrôler l'accélération latérale et à la maintenir dans un ordre de grandeur comparable à celui d'une prise de virage normale. Nous pensons donc que ce résultat confirme l'hypothèse de Reymond et al. (2001) selon laquelle les conducteurs régulent leur vitesse afin de limiter l'accélération latérale, en l'étendant à une

situation d'urgence.

Les résultats de l'analyse du contrôle latéral lors des différentes phases de la manœuvre d'évitement sont beaucoup plus mitigés. Les résultats observés lors de l'expérimentation précédente (voir 7.5.2) n'ont en effet pas été reproduits ici. Seuls les sujets du groupe LKA ont montré une corrélation entre la durée de leur coup de volant et l'angle de l'obstacle à la fin de celui-ci, ainsi qu'entre l'amplitude de leur contrebraquage et leur position latérale lors du retour sur la voie de droite.

8.5.3 Questionnaire

L'analyse des réponses au questionnaire a montré que le système LDW était évalué significativement plus utile après avoir été testé en conduite qu'avant. Ce résultat inattendu paraît en contradiction avec les résultats sur les données objectives qui n'ont pas montré de réelle efficacité du LDW. Mais, comme l'ont montré Ho et al. (2006) sur des systèmes d'alerte auditive et comme l'ont généralisé Navarro et al. (2010) sur plusieurs types de systèmes d'aide à la conduite, les évaluations subjectives d'un système ne reflètent pas forcément son efficacité réelle, mesurée à l'aide de méthodes objectives.

8.5.4 Tâche secondaire

Les indicateurs de performance mesurés sur la tâche secondaire n'ont montré aucune différence entre les différents groupes. Cela confirme, d'une part, que le niveau de distraction était comparable entre les groupes. D'autre part, cela montre que les systèmes d'aide au contrôle latéral étudiés n'ont pas augmenté la charge mentale des conducteurs, car dans ce cas, une dégradation des performances à la tâche secondaire aurait été observée (Sanders, 1979; de Waard, 1996).

8.6 Conclusion

Ce chapitre a présenté une expérimentation réalisée sur un simulateur de conduite à restitution de mouvements, au cours de laquelle les conducteurs ont utilisé des systèmes d'aide au contrôle latéral, afin d'étudier leur réaction en situation d'urgence en présence de ces systèmes. Deux systèmes d'aide, représentant deux différents niveaux d'automatisation, ont été utilisés. Les résultats nous ont montré tout d'abord l'efficacité du système LKA pour améliorer le contrôle latéral lors de la conduite en virage. Lors de la situation d'urgence, les sujets conduisant avec ou sans système d'aide ont de manière équivalente réussi à éviter l'obstacle.

Les analyses sur l'accélération latérale maximale lors de la manœuvre d'évitement de l'obstacle ont montré que les conducteurs ont réussi à réguler leur vitesse, afin de maintenir cette accéléra-

tion latérale dans des limites acceptables, c'est-à-dire équivalente à celle atteinte lors d'une prise de virage normale.

En revanche, les résultats présentés dans le chapitre précédent n'ont pas été reproduits ici. En effet, les résultats sur le contrôle latéral pendant la situation d'urgence sont mitigés, et ne confirment pas les conclusions tirées au chapitre précédent, qui montraient des différences dans la réaction au volant en fonction du système d'aide au contrôle latéral utilisé, et ce malgré une situation d'urgence plus critique que lors de l'expérimentation précédente.

Cependant, cette expérimentation ne remet pas pour autant en cause les conclusions du chapitre précédent. En effet, le simulateur utilisé ici était différent, introduisant notamment la restitution de mouvements, qui joue un rôle crucial dans le réalisme de la simulation et le comportement des conducteurs (Kemeny et Panerai, 2003). Ainsi, nous pensons que la majeure partie des différences observées dans les résultats en découle. Le prochain chapitre aura donc pour objectif de mettre en regard les deux expérimentations précédemment présentées, et de discuter de leurs résultats respectifs par rapport à la présence ou non de restitution de mouvements.