



C. Gabaude
A. Pauzié

*Diagnostic et suivi des capacités
visuo-attentionnelles des conducteurs âgés :*

Développement du logiciel TEVIC

Rapport Final de Convention

12 mars 2001

Résumé

Cet article présente l'outil TEVIC (TEsts Visuo-attentionnels pour les Conducteurs) développé à l'INRETS LESCOT avec pour objectif d'effectuer l'évaluation et le diagnostic de certaines capacités fonctionnelles de l'individu. TEVIC comprend d'une part, un module relatif à l'exploration de l'acuité visuelle (VTI = Visio-Test Intégré) explorant l'acuité statique et dynamique, la vision des contrastes de luminance et la vision des contrastes colorés, d'autre part, un module permettant d'observer la performance à la détection de cibles présentes sur des vidéos de scènes routières et ce en simple et en double tâche (TVA = Test Visuo-Attentionnel). Les résultats obtenus au module VTI ont été comparés à ceux obtenus à l'aide de certains tests visuels existants. Concernant l'évaluation de l'acuité statique, un bon pourcentage d'accord entre les deux tests a été observé. Le test d'acuité dynamique a été légèrement modifié. Les temps de réaction à la détection de cibles ont tendance à être plus longs chez les individus ayant une vision des contrastes altérée. La gestion de la double tâche ne pénalise pas les conducteurs âgés. La taille, la conspécuité, la vitesse de déplacement des cibles et leur excentricité sont des facteurs interagissant avec le facteur âge en ce qui concerne les variations de temps de réaction.

Contexte :

Face à la volonté des pouvoirs publics de procéder à certains contrôles d'aptitude pour la conduite automobile, il est capital de réfléchir, dès aujourd'hui, sur les critères mis à notre disposition en constatant leurs intérêts, leurs limites et en essayant à l'avenir de les adapter pour les mettre en adéquation avec les exigences liées à cette activité.

Deux types de recherche ont été engagés pour démontrer le lien qui peut exister entre une déficience visuelle et un défaut de performance de conduite, les études accidents et les études in situ. Les analyses statistiques des accidents servent bien souvent à la détection systématique de facteurs de risques généraux. Or, le « sur risque » éventuel encouru à cause d'une pathologie particulière ou d'une déficience fonctionnelle est difficile à objectiver scientifiquement, compte tenu, de la multiplicité des paramètres mis en cause lors de la survenue d'un accident (Mouterde, 1997) et des différences méthodologiques observées entre les différentes études (Mc Gwin & al, 1998 ; Koepsell & al. ; 1994 ; Ray, 1992). De plus les travaux réalisés jusqu'alors ont montré une corrélation très faible avec les facteurs purement visuels explorés avec les tests classiques d'acuité et de champ visuel (Burg, 1968 ; Henderson et Burg, 1974 ; Council et Allen, 1974 ; Hofsteter, 1976 ; Shinar, 1977 ; Johnson et Keltner, 1983 ; Davison, 1985). Certains auteurs ont essayé de définir quelles sont les fonctions les plus pertinentes à explorer dans le contexte de conduite automobile (Hivarinen 1992, Bailey et Sheedy 1988, Pedriel et Langlois 1993). Ainsi, parmi tous ces indicateurs, la plupart font référence aux notions d'acuité dynamique, de vision des contrastes et de champ visuel fonctionnel ou de champ visuel utile.

L'utilisation de certains tests visuels n'intégrant pas la complexité dans laquelle un individu se trouve, pour percevoir un élément, est souvent mise en cause. De ce point de vue, les approches intégrant une dimension plus cognitive aux aspects strictement perceptifs sont prometteuses. Ainsi, il semble exister une relation entre la baisse des fonctions visuo-attentionnelles et la survenue d'un accident (UFOV™ ; Ball et Owsley, 1991).

C'est dans cette perspective que nous avons décidé de développer un nouvel outil, afin, d'une part, de pouvoir utiliser les tests visuels ayant montré la plus grande pertinence dans le contexte de conduite automobile, et, d'autre part, afin d'intégrer dans nos tâches des dimensions plus cognitives, en explorant parallèlement les facultés attentionnelles.

Schieber (1988) a été l'un des premiers chercheurs à prendre conscience de l'impact des technologies émergentes sur le développement d'outils nouveaux dans le domaine des évaluations visuelles, ces outils permettant le développement d'équipements de mesure qui témoignent de la performance à des tâches visuelles plus complexes.

Ainsi l'étude de l'erreur perceptive peut ne pas être réduite au seul défaut de vision, mais peut être analysée en recherchant plus largement les dysfonctionnements pouvant survenir. Dans ce contexte, nous avons développé une batterie de tests visuels et attentionnels permettant d'explorer, à l'aide d'un micro ordinateur, les capacités de conducteurs jeunes et plus âgés.

L'outil développé permet d'étudier l'influence de certains paramètres sur la détection visuelle en tâche simple ou en situation d'attention partagée et d'apporter quelques informations sur la modification de certaines capacités visuelles particulières et l'impact que cela peut avoir sur la perception de cibles sur fond complexe. De plus, cet outil permettra aux individus de prendre conscience de ses propres capacités de détection.

Présentation du Logiciel « TEVIC » (TEsts Visuo-attentionnels pour les Conducteurs)

Deux modules d'exploration des capacités visuo-attentionnelles des conducteurs ont été développés.

Le Visio-Test Intégré (VTI)



Le VTI permet l'exploration de l'acuité visuelle statique et dynamique ainsi que l'exploration de la vision des contrastes de luminance et des contrastes colorés. Les tests sont réalisés sur fond blanc et sur fond noir, le contraste des optotypes varie dans le temps.

Le Test Visuo-Attentionnel (TVA)



Le TVA est basé sur l'utilisation de tâches visuelles complexes pour lesquelles, les situations expérimentales sont réalistes et reproductibles d'un individu à un autre. Ce module autorise les variations du niveau de demande attentionnelle, en gérant des situations de simple et de double tâche.



En situation de double tâche, Les individus doivent réaliser une tâche de poursuite en plaçant le curseur d'une souris sur une croix se déplaçant aléatoirement dans huit directions. Parallèlement à l'exécution de cette tâche de poursuite, ils doivent détecter la présence des cibles.

L'outil développé permet de recueillir, la qualité de la tâche de poursuite et, concernant la tâche de détection, les non détections et les temps de réaction (TR) suite à l'apparition de la cibles.

Installation du logiciel

A l'ouverture du CDRom rechercher le fichier setup.exe, double cliquer dessus et suivre les instruction du programme d'installation. Il est préférable d'installer le logiciel sur le disque dur plutôt que de le faire fonctionner sur le CDRom car la vitesse de lecture du CDRom n'est bien souvent pas suffisante. L'installation requiert 600 Méga Octets de libre sur le poste, pour que le logiciel tourne bien, il est préférable d'utiliser un Pentium II avec un minimum de 64 Méga de RAM.

D'autre part il est conseillé d'installer les films sur le disque dur pour améliorer la restitution des films, car la vitesse de lecture du lecteur CD Rom peut être pénalisante.

Utilisation du logiciel

Lancer le logiciel TEVIC en utilisant le menu Démarrer/ Programme/ Tevic.

A l'ouverture Tevic préconise un type de configuration d'affichage.

1. Dans le menu Fichier, choisir Nouveau, et identifier le sujet
2. Choisir le test que l'on veut présenter :

Test de sensibilité aux contrastes

Dans le menu Test, placer le curseur de la souris sur test de sensibilité aux contrastes puis choisir présentation : a ce moment un film avec commentaire se déroule pour présenter le déroulement du test.

Si les gens veulent effectuer le test, alors aller dans
Test/test de sensibilité aux contrastes/acuités2, 4, 6, 8, 10

De la même façon faire démarrer le film en appuyant sur play et tout de suite ramener le curseur de la souris dans le cadre noir, c'est à dire dans l'image, l'objectif étant de cliquer dans l'image le plus rapidement possible après avoir détecté la fente dans l'anneau. Les différentes séquences se succèdent jusqu'à ce que tous les films aient été présentés. A ce moment un message annonce test à cette acuité terminé

Pour s'en sortir plus rapidement sans faire tout le test, cliquer sur la barre de défilement du test.

Il faut ensuite aller voir les résultats dans le menu : résultats / données brutes / éditer puis appuyer sur le bouton traiter (à ce moment on peut lire des résultats interprétables) et ensuite sur enregistrer, puis sur le bouton fermer.

Lecture des résultats : On obtient un fichier avec le type de cible couleur, taille (10 étant la plus petite taille) et statique ou dynamique.

Ensuite on trouve soit :

- le temps de réponse en ms (temps du début d'apparition du film noir a la détection de la brisure)
- ne sait pas si le sujet a appuyé sur le point d'interrogation
- erreur si l'orientation de la brisure n'était pas bonne

Test visuo-attentionnel appelé scènes routières dans le logiciel

Dans le menu Test, placer le curseur de la souris sur Scènes routières puis choisir présentation.

Ensuite choisir

Test / scènes routières /scènes/choisir le seul film présent et double cliquer dessus, Ensuite le film se déroule lorsque l'on a appuyé sur le triangle noir. La tâche devant être réalisée consiste a placer le curseur de la souris à l'endroit ou le regard se pose sur la scène, a chaque fois qu'un piéton, un chien ou un ballon précédemment rencontrés dans la présentation se trouve à l'écran, le sujet doit cliquer dans l'image (un seul clique suffit)

Après chaque fin de séquence, il faut traiter les données de suite, c'est à dire choisir éditer dans le menu Résultats / Données brutes / Editer, ensuite appuyer sur le bouton traiter, puis sur le bouton enregistrer et ensuite sur le bouton fermer.

Ensuite on trouve :

Le nom du film

Soit : Numéro d'ordre d'apparition de la cible

Ou alors faux appui suivi du nombre de faux appuis

Codage de la cible a 7 items (voir tableau ci dessous)

Soit :Temps de réponse en ms

Ou alors non détecté

Nombre d'appuis successifs

codage	taille	couleurs	vitesses	orientation	durée	complexités	conspicuité
1	ballon	noir	statique	droite	courte	C1	Fort
2	chien	rouge	dynamique	gauche	longue	C2	faible
3	piéton	vert				C3	
4		bleu					
5		blanc					

Situation de double tâche appelé Tracking dans le logiciel

Meme principe que précédemment.

Ici on se trouve dans une situation de double tâche, l tâche principale consiste en une tache de poursuite ou « tracking », la tache secondaire est une tache de détection de cible.

Premiers Résultats :

Validation du VTI par comparaison avec l'Ergovision

Une expérimentation a été menée sur 40 conducteurs appartenant à deux classes d'âge différentes (25 – 35 ans ; 65 – 75 ans). Avant d'effectuer une comparaison des résultats obtenus avec les deux tests, certains points sont à considérer. Les tests utilisés pour mesurer l'acuité statique sont sensiblement différents puisque l'un utilise un test de lecture de chiffres et lettres alors que le VTI utilise des anneaux de Landolt. Ainsi, les fonctions psychométriques correspondant à ces deux tests sont différentes, de même que les codages utilisés pour fixer un seuil d'acuité. Malgré ces quelques différences, un bon pourcentage d'accord (67%) a été observé entre les deux tests.

Concernant les mesures d'acuité dynamique, les tests sont difficilement comparables compte tenu du fait que les vitesses de défilement et les tailles des optotypes sont très différentes. Il a toutefois été constaté que les individus ayant de moins bons résultats au test de défilement sont ceux qui détectent les fentes des optotypes dynamiques pour les seuils de contrastes plus élevés.

Une première analyse montre une interaction significative entre l'acuité visuelle et la classe d'âge des individus ($F(4,216) = 3.52, p < 0.001$), la vision des contrastes est bien altérée avec l'âge. Cette altération n'est pas accentuée lorsque les optotypes se déplacent à $3.42^\circ/\text{sec}$.

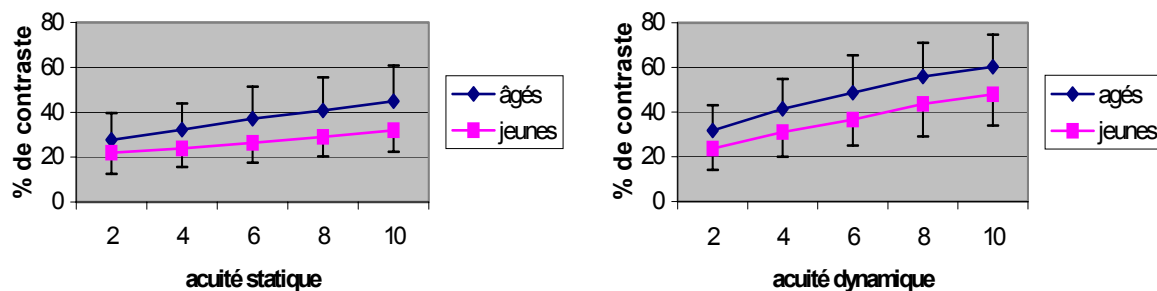


Figure 1 : évolution des seuils de vision des contrastes mesurés sur fond blanc en fonction de la taille des optotypes.

Incidence d'une déficience visuelle sur la détection d'évènements en situation écologique

Afin de pouvoir mesurer l'incidence d'une vision des contrastes plus faible sur les temps de détection de cibles en situation se rapprochant du contexte de conduite automobile, les 40 individus sélectionnés ont aussi réalisé le TVA. Chaque individu a visionné une vingtaine de séquences vidéo dont la durée maximum est de 5 minutes et pendant lesquelles 616 évènements sont à détecter.

La vision des contrastes est plus altérée chez les conducteurs âgés que chez les conducteurs jeunes, de même les TR subissent les mêmes variations. On note toutefois l'existence d'une relation entre les seuils de vision des contrastes et les temps moyens de réaction aux différentes cibles (dépendance des variables : $t = 6.93, \text{ddl} = 38, p < 0.001$; cf.

Figure 2). Pour chaque individu testé, un seuil de vision des contrastes et un TR moyen ont été définis. On s'aperçoit que pour les individus âgés, les TR sont plus élevés lorsque la vision des contrastes est plus altérée.

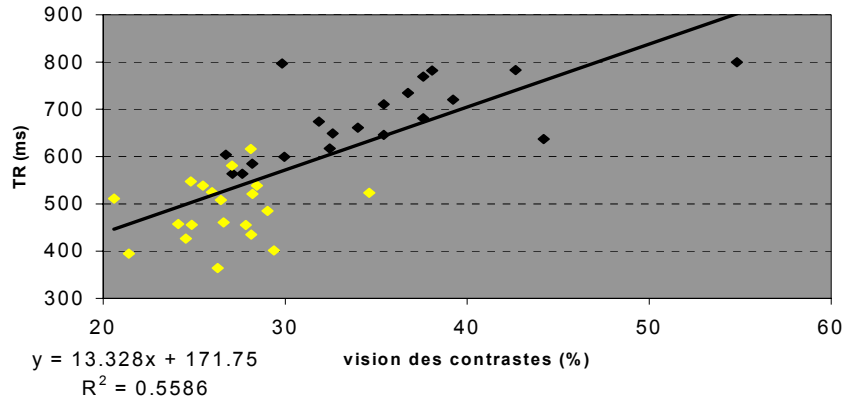
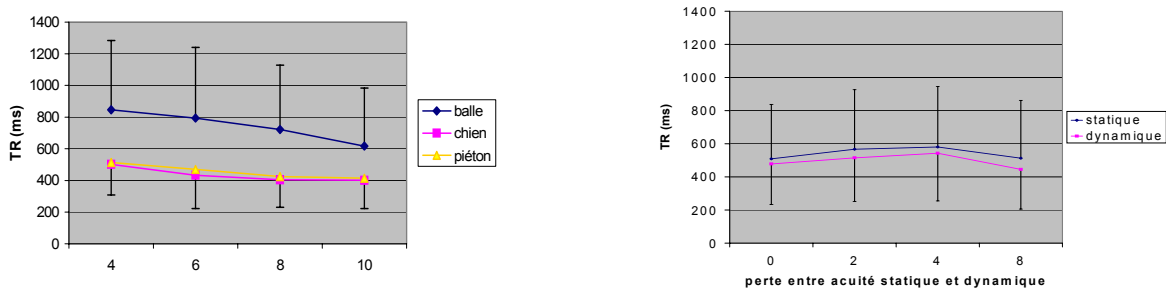


Figure 2 : lien entre les seuils de vision des contrastes et les TR aux cibles (point foncé = individu âgé, point clair = individu jeune)

Un second élément de comparaison entre les deux modules de TEVIC concerne les variations de TR en fonction de l'acuité visuelle des individus.



a) TR moyen en fonction de l'acuité visuelle statique des individus

b) TR moyen aux cibles statiques ou dynamiques selon la perte d'acuité pour les optotypes dynamiques.

Figure 3 : lien entre les caractéristiques visuelles et les TR aux cibles.

Les TR sont plus longs pour les individus ayant une faible acuité visuelle et ce même pour les cibles de très grosses tailles (Figure 3a) ; en effet, la détection des balles requiert une acuité légèrement inférieure à 4/10° alors que les piétons et les chiens ont une surface 20 à 30 fois supérieure et sont ainsi aisément détectés par tous.

Concernant l'exploration de l'acuité dynamique (cf. Figure 3b), on ne note pas de variations des TR, pour les cibles statiques et pour les dynamiques, qui soient expliquées par la perte d'acuité visuelle en dynamique. Certains individus peuvent perdre jusqu'à 8/10° d'acuité visuelle lorsque les optotypes sont dynamiques, c'est à dire avoir 10/10° d'acuité visuelle statique et 2/10° d'acuité dynamique. Le test VTI mesurant les acuités dynamiques n'utilise pas d'optotype dont la vitesse de défilement soit suffisante pour bien explorer cette fonction visuelle. On peut toutefois imaginer qu'un déficit en acuité dynamique n'ait pas de répercussion sur les temps nécessaires à la détection de cibles en situation écologique, ce résultat reste toutefois à être vérifié.

Influence du « facteur âge » sur la détection d'évènements en situation écologique

L'étude des variations de TR a été réalisée à l'aide d'ANOVA calculées pour différents plans expérimentaux (afin que le nombre de mesures réalisées pour chaque modalité soient les mêmes) et sur des données de TR transformées (afin que les conditions d'application des ANOVA soient mieux respectées, le log des TR a été utilisé).

Pour tous les plans considérés, le type de tâche (simple ou double) n'interagit pas significativement avec le facteur âge. L'augmentation de la demande attentionnelle nécessaire

pour réaliser la tâche n'augmente pas plus les temps de détection des jeunes que des plus âgés. Lors de l'expérimentation, un temps important a été alloué à l'apprentissage de la tâche de poursuite. Les TR sont allongés d'environ 100 ms pour les deux classes d'âge considérées. Les principaux facteurs interagissant significativement avec le facteur âge sont présentés Figure 4. Les individus âgés semblent être plus lents pour détecter des cibles, dont la taille est petite, dont la conspécuité est faible, les cibles statiques sont détectées plus lentement que les dynamiques et lorsque l'excentricité croît, l'écart jeunes/âgés s'accroît aussi légèrement.

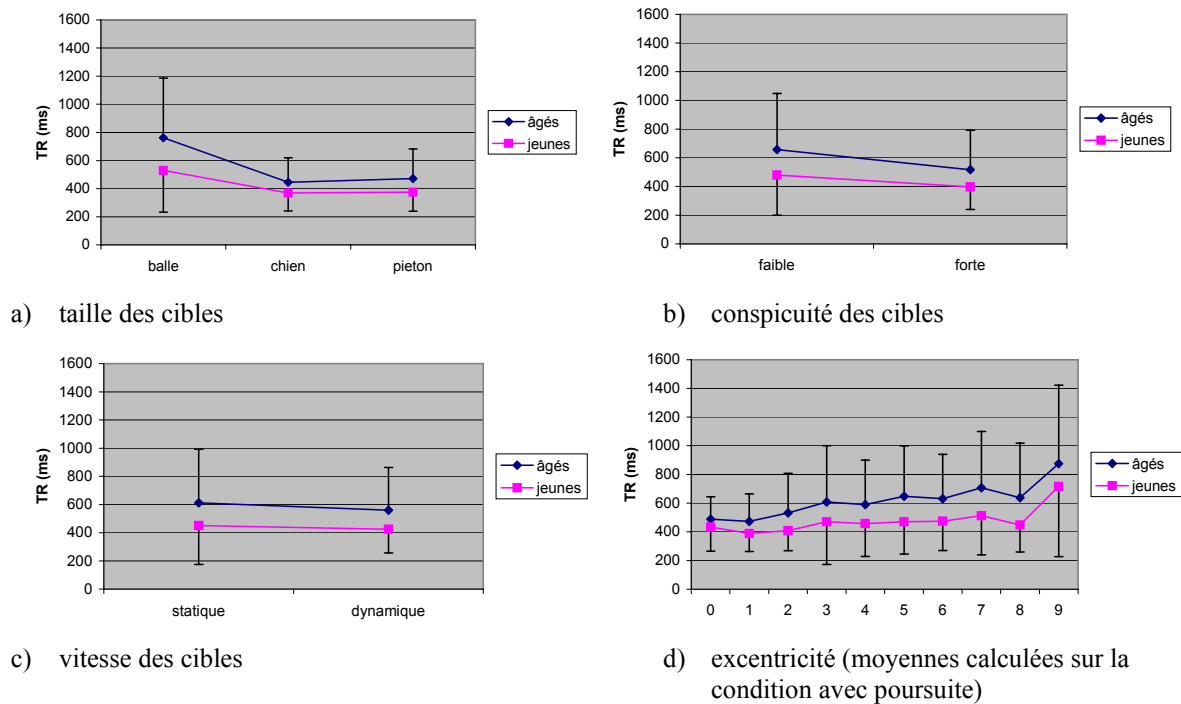


Figure 4 : variation des TR moyens en fonction de différents facteurs

Parmi les facteurs fixes définis à priori, le facteur « orientation » agit significativement sur les variations de moyenne des TR. Les cibles provenant de la droite de la scène visuelle sont plus rapidement détectées que celle provenant du côté gauche. Les temps de présentation des cibles sont suffisamment longs pour qu'une recherche active d'information soit réalisée. Certains travaux ont étudié le rôle du contexte routier sur l'organisation des stratégies visuelles. Un changement de stratégie de recherche de l'information est observé en fonction des différents types d'environnement traversés, ces environnements ayant des complexités variables. Pottier (1994) note qu'« un glissement des zones de prise d'information est observé dans certains contextes. Ces zones se trouvent proches du véhicules et à droite de la chaussée en zone urbaine pour rejoindre le point d'expansion sur route à champ ouvert ».

Cole et Hughes, 1988 ont étudié la distribution des points de fixation sur trois types de scènes routières (« arterial, residential and shopping »). Dans un pays où l'on conduit du côté gauche, les pourcentages de fixations par région sont plus importants pour la zone gauche de la scène.

Ce pourcentage est encore plus important lorsque l'instruction donnée incite le conducteur à rechercher activement une information dans la scène.

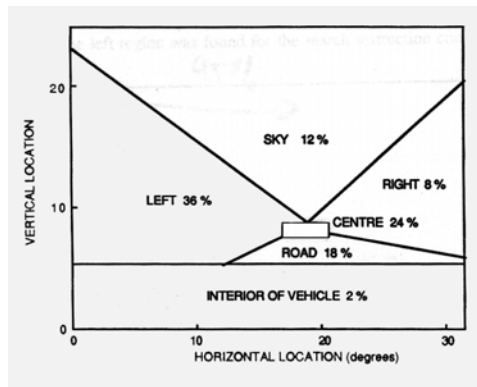
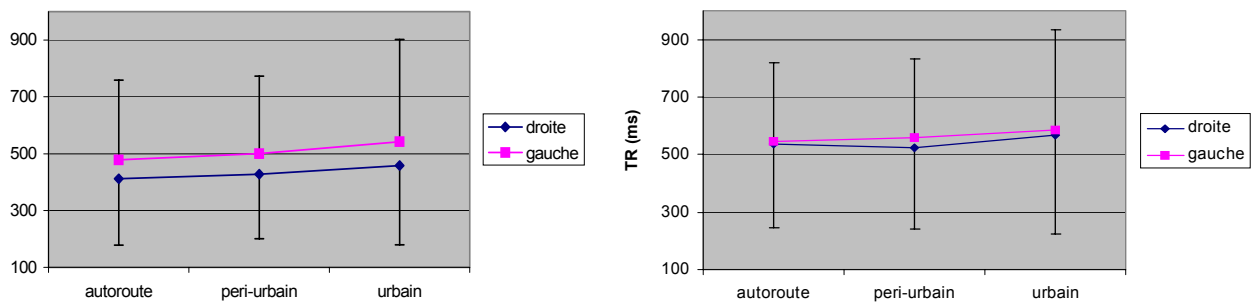


Figure 5 : distribution relative des points de fixation estimée pour toutes les fixations recueillies dans les diverses conditions expérimentales (d'après Cole et Hughes, 1988).

Dans notre contexte expérimental, les TR et le nombre d'omissions sont plus élevés dans la zone gauche. Il faut noter que la prise de vue utilisée dans cette expérimentation décale le point d'expansion vers le côté droit de la chaussée. Par contre, les TR moyens ne sont pas plus augmentés du côté gauche lorsque la complexité de la scène augmente alors que les écarts types sont légèrement plus grands (cf. Figure 6a). Ainsi cette variation des TR en fonction du côté d'apparition semble être indépendante de la complexité de l'environnement considéré.



a) en situation de simple tâche

b) en situation de double tâche

Figure 6 : variation des TR en fonction de la complexité de l'environnement routier et du côté d'apparition des cibles.

Lorsque les stratégies d'exploration visuelle ne sont plus libres, c'est à dire lorsqu'on demande à l'individu de réaliser une tâche de poursuite, la différence liée au côté d'apparition des cibles n'apparaît plus (cf. Figure 6b).

Conclusion et perspectives

La première phase de validation du VTI a prouvé l'intérêt de réaliser une évaluation fine de la vision des contrastes, cette évaluation permettant d'établir un diagnostic et de réaliser un suivi de la population dans le temps. L'outil TEVIC permet de constater la forte hétérogénéité existant dans la population des conducteurs en explorant à la fois les capacités visuelles et les capacités attentionnelles. Une collaboration INRETS / Fondation MAIF va permettre l'analyse (en situation réelle de conduite) du comportement de deux types de conducteurs : ayant une forte sinistralité sur les 5 dernières années ou n'ayant eu aucun accident sur les 10 dernières années. L'objectif sera de rechercher la mise en place ou non de stratégies adaptatives chez ces individus, et de savoir si les capacités visuo-attentionnelles des ces conducteurs, évaluées à l'aide de l'outil TEVIC, peuvent être mises en cause dans la survenue fréquente d'accident.

Bibliographie

1. Bailey, I. and Sheedy, J. (1988). Vision screening for driver licensure. *Transportation in an aging society*, vol 2. Ed. Transportation Research Board, Washington DC, pp 294-323 .
2. Ball, K. and Owsley, C. (1991). Identifying correlates of accident involvement for the older driver. *Human factors* 33 (5), pp 583-595.
3. Burg, A. (1968). Vision and driving : a summary of research findings. *Highway research record* 216 pp.
4. Cole B. L., et Hughes P. K. (1988). Drivers don't search : they just notice. In *Visual search, Proceedings of the first international conference on Visual Search*, Ed. Brogan D., Durham, England, september 1988, pp 407-417.
5. Council, F. and Allen, J. (1974). A study of the visual fields of North Carolina drivers and their relationship to accidents. *Highway research safety center, Univ. North Carolina*.
6. Davison, P. (1985). Inter-relationships between British driver's ability, visual abilities, age and road accident histories. *Ophthalm. Physiol. Opt.* 5, pp 195-204.
7. Johnson, C. and Keltner, J. (1983). Incidence of visual field loss in 20 000 eyes and its relationship to driving performance. *Arch. Ophthalmol.* 101, pp 371-375.
8. Henderson, R. and Burg, A. (1974). Vision and audition in driving. Final report DOT HS 801265, Santa Monica.
9. Hivarinen, L. (1992). Evaluation of vision for tasks in traffic. 12th world congress of the international association for accident and traffic medicine. Helsinki, Finland.
10. Hofstetter, H. W. (1976). Visual acuity and highway accidents. *J. Am. Optom. Assoc.* 47, pp 887-893.
11. Koepsell, T. D., Wolf, M., McCloskey, L., Buchner, D. M., Louie, D. and Wagner, E. H. (1994). Medical conditions and motor vehicle collision injuries in older adults. *Journal of the American Geriatric Society*, 31, pp 721-727.
12. McGwin, G., Owsley C. and Ball K. (1998). Identifying crash involvement among older drivers : agreement between self-report and state records. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (6), pp 781-791.
13. Mouterde, P. (1997). La réglementation européenne et la réglementation Française : les commissions médicales préfectorales. *Colloque Vision et Trafic ; Paris, 24 oct 1997*, pp 7-9.
14. Pedriel, G. et Langlois, J. (1993). Vision et conduite automobile. *Ophthalmologie*, 7, pp 353-356.
15. Pottier, A. (1994). Champs fonctionnels de vision et complexité de l'environnement. In « L'analyse ergonomique du travail par l'étude de l'exploration visuelle », journée spécialisée 16 juin 1994, Ed. Octares, pp 97-108.
16. Ray, W. A. (1992). Psychotropic drugs and injuries among the elderly : a review. *Journal of Clinical Psychopharmacology*, 12, pp 386-396.
17. Schieber, F. (1988). Vision assesment technology and screening older drivers : past practices and emerging techniques. *Transportation in an aging society*, vol 2. Ed. Transportation Research Board, Washington DC, pp 324-378.
18. Shinar, D. (1977). Driver visual limitations diagnosis and treatment. Final report - National Highway traffic safety Ad., Washington.