



CELINE LEMERCIER
JEAN-MARIE CELLIER

LOT 4

Décision d'aide N°03K213

**Systèmes d'information et de communication embarqués et distraction
du conducteur**

Responsable scientifique :

Céline LEMERCIER

CNRS – Laboratoire Travail et Cognition

Maison de la recherche

5 allée Antonio Machado

31058 Toulouse Cedex 9

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	5
EXPERIENCE 1: ETUDE DE LA CHARGE MENTALE.....	10
1. MATERIEL ET METHODE :	10
1.1. <i>Sujets</i> :	10
1.2. <i>Matériel</i> :	10
2. RESULTATS	14
2.1. <i>Tâche d'identification périphérique de diodes</i> :	14
2.2. <i>Etude des données objectives et subjectives sur les tâches secondaires</i> :	17
2.3. <i>Etude de l'influence de tâches ajoutées sur les paramètres véhicules de contrôle latéral et longitudinal</i> :	19
3. DISCUSSION	25
EXPERIENCE 2 : ETUDE DU PHENOMENE DE CECITE INATTENTIONNELLE	27
1. MATERIEL ET METHODE :	27
1.1. <i>Dispositif</i> :	27
2. RESULTATS	29
2.1. <i>Impact de tâches ajoutées sur la conduite automobile</i>	29
2.2. <i>Performances à la tâche de reconnaissance</i>	30
2.3. <i>Influence des tâches ajoutées sur les paramètres oculomoteurs</i>	33
3. DISCUSSION	34
TABLE DES ILLUSTRATIONS	37
BIBLIOGRAPHIE.....	39

INTRODUCTION

L'une des causes majeures d'accident de la route relève d'un déficit attentionnel du conducteur (Rumar, 1990), dont la tâche principale de suivi de la scène routière subit l'interférence d'items distrayants divers (allant de la conversation d'un passager à la recherche d'un itinéraire en conduite). Le terme de distraction du conducteur renvoie à l'ensemble des déficits attentionnels du conducteur sur la tâche principale de suivi de la scène routière. Il est employé indifféremment pour aborder les déficits dans la sélection de l'information pertinente à la tâche de conduite et pour aborder les déficits liés à la limitation des capacités attentionnelles de traitement.

Depuis une vingtaine d'années, l'une des causes reconnues de distraction ou d'interférence dans l'activité de conduite est l'utilisation de systèmes d'information et de communication embarqués tels le téléphone mobile ou les systèmes de navigation. L'utilisation de ces systèmes entraîne la réalisation par le conducteur de tâches secondaires ou annexes dont la finalité diverge de façon plus ou moins importante avec la finalité de la tâche de suivi et de maintien de la trajectoire en conduite, considérée comme l'activité principale du conducteur au volant de son véhicule. En d'autres termes, l'utilisation de systèmes embarqués en conduite inscrit le conducteur dans une situation de double tâche, entraînant par là même une détérioration de ses performances tant sur la tâche principale de conduite (cause d'accidents parfois mortels) que sur la réalisation des tâches secondaires d'utilisation des systèmes. Ces phénomènes de distraction du conducteur par l'utilisation de systèmes embarqués sont actuellement au cœur des préoccupations des gouvernements, des constructeurs et des équipementiers dont l'objectif majeur est d'assurer la sécurité du conducteur et de ses passagers alors que se multiplie à la fois le nombre de systèmes embarqués et le nombre de voitures équipées. À titre d'exemple, alors que l'on recensait 500000 voitures équipées d'un téléphone mobile en 1985, on en dénombrait près de 63 millions en 1998 aux Etats-Unis (Cain, 1999). Cette explosion du nombre d'utilisateurs potentiels du téléphone mobile en conduite s'accompagne également d'une grande diversification du type d'utilisateur et par là même du mode d'utilisation de ces systèmes. Ainsi, une étude menée entre 1991 et 1993 par Motorola cellular impact survey et une autre menée par Hart Associates en 1998 mettent en évidence une profonde modification du type d'utilisateur du téléphone mobile durant ces 8 années (Cain, 1999). Alors qu'en 1991 les utilisateurs de plus de 60 ans représentaient 6% des utilisateurs de mobiles, ils n'ont cessé d'augmenter depuis, passant à 8% en 1993, pour représenter en 1998 18% des utilisateurs de mobiles en voiture. Cependant, de façon générale les conducteurs utilisant majoritairement le téléphone mobile sont ceux ayant entre 25 et 54 ans, représentant 80% des utilisateurs en 1991, leur part relative est stable depuis. Cette diversification des utilisateurs a entraîné une diversité dans les situations d'utilisation du téléphone mobile. En 1991, 67% des utilisateurs se servaient du téléphone mobile à des fins professionnelles, contre 33% à des fins personnelles. En 1998, on observe une inversion totale des tendances. Les conducteurs utilisant à 61% le mobile à des fins personnelles. Enfin, 85% des détenteurs de portable reconnaissent manipuler (même très peu) leur téléphone mobile en conduisant, et 89% discutent au téléphone en conduisant. L'exemple du téléphone mobile et de son utilisation en conduite peut être étendu à tous les systèmes actuellement intégrés dans l'habitacle automobile. L'accroissement exponentiel des voitures équipées de tels systèmes s'accompagne d'une grande variabilité des utilisateurs et des situations d'utilisation de ces systèmes.

Nous pourrions alors nous interroger sur les facteurs de risques de l'intégration de systèmes d'information et de communication dans l'habitacle automobile. Ces systèmes ont un intérêt, une utilité réelle pour le conducteur à condition de ne pas faire de leur utilisation la tâche principale du conducteur. En d'autres termes, ce n'est pas tant les systèmes eux-mêmes que la façon dont ils sont appréhendés et utilisés qui semble créer l'interférence dans la conduite automobile. Recarte et Nunes (2002) montrent ainsi que la durée et le contenu d'une conversation entraînent la même interférence sur la conduite que cette conversation soit réalisée avec un passager ou par le biais d'un téléphone mobile. Malgré les interdictions et les prescriptions des instances gouvernementales, si ce pourcentage diminue il reste cependant important et entraîne des risques sécuritaires non négligeables pour le conducteur et les usagers de la route de façon plus générale. À partir de 1990, la sécurité routière et l'ensemble des partenaires industriels intéressés par l'intégration de ces systèmes ont développé des études sur l'interférence provoquée par l'utilisation de ces systèmes en conduite. Notre étude s'inscrit dans cette démarche d'analyse de la distraction des systèmes d'information et de communication en conduite dans le but de limiter leur interférence sur la conduite.

L'utilisation d'un système embarqué tout en conduisant relève d'une situation de double tâche, c'est-à-dire de la réalisation en temps partagé de deux activités différentes dont les buts sont distincts. Les conséquences d'une telle situation est une détérioration de la performance sur l'une des deux tâches ou sur les deux tâches, provoquées soit par une surcharge de traitement, soit par une désorientation de l'attention, soit par l'effet d'une surcharge de traitement et d'une désorientation attentionnelle. Le système de traitement de l'information se décompose classiquement en trois étapes (Broadbent, 1958 ; Kahneman, 1973, Navon & Gopher, 1979, Wickens, 1984) : Une étape perceptive d'entrée du stimulus dans le système de traitement de l'information, une étape cognitive de traitement conceptuel ou spatial de l'information, et enfin une étape motrice de réponse. Pour chacune de ces étapes, des canaux spécifiques à capacité limitée permettraient le traitement des informations suivant leurs caractéristiques perceptives, cognitives et motrices. Ainsi, l'information visuelle transiterait au niveau perceptif, via un canal de traitement visuel indépendant des autres canaux perceptifs. Au plan cognitif, un canal de traitement serait dévolu à l'analyse de l'information visuo-spatiale et un autre serait dévolu à l'analyse de l'information verbale. Enfin au niveau moteur, un canal traitertrait des réponses vocales alors qu'un autre traitertrait des réponses manuelles (Wickens, 1984). Lorsque deux tâches réalisées en même temps partagent un même canal de traitement, qu'il soit perceptif, cognitif ou moteur, alors il y a un partage des ressources attentionnelles dévolues à ce canal sur les deux tâches, entraînant une détérioration de la performance sur l'une des deux tâches ou sur les deux. On caractérise les deux tâches réalisées en même temps suivant leur niveau d'importance ou de priorité pour le sujet. La tâche principale est la tâche dont le sujet doit privilégier la réussite, pour laquelle il doit maintenir ses performances. La tâche secondaire est de moindre importance et l'obligation de maintien des performances est moins forte. L'utilisation de systèmes d'information et de communication en conduite est une situation de double tâche, où la tâche de conduite (caractérisée principalement par le maintien de la trajectoire et l'adaptation au trafic routier) est la tâche principale à préserver et l'utilisation des systèmes est la tâche secondaire. Les études portant sur l'utilisation de systèmes ou la réalisation de tâches annexes en conduite ont montré une détérioration des performances de conduite ou sur les tâches secondaires, lorsque ceux-ci partageaient des aspects perceptifs, cognitifs ou moteurs avec la conduite. Pour ces

derniers cependant, Shinar (1978) met en évidence une interférence limitée produite sur la conduite automobile.

La réalisation d'une tâche secondaire en conduite altère les performances de conduite en surchargeant le système de traitement de l'information, et conduit à une augmentation du risque d'accident pour le conducteur et ses passagers. L'explication en termes de surcharge de traitement de l'information est la première des hypothèses explicatives de l'interférence produite sur la conduite automobile. Cependant, des travaux plus récents se sont concentrés sur un autre type d'interférence bien connu en psychologie cognitive, l'interférence attentionnelle sélective. L'interférence en attention sélective réfère à l'idée d'une altération de la sélection attentionnelle d'une information cible ou pertinente liée à des distracteurs externes (environnementaux) ou internes (cognitifs). L'altération de la sélection attentionnelle se traduit dans le cas de la conduite automobile, par une désorientation de la sélection attentionnelle de la scène visuelle ou une cécité inattentionnelle (Neisser & Becklen, 1975 ; Simons, 2000 ; Strayer, Drews & Johnston, 2003). L'attention du sujet est explicitement ou implicitement orientée hors de la scène routière entraînant un retard ou une absence d'identification des événements cibles dans cette scène. Cette désorientation attentionnelle n'est cependant pas accompagnée d'une désorientation du point de fixation oculaire. En d'autres termes, le sujet a les yeux rivés sur la route et pourtant, il est comme aveugle aux événements qui s'y déroulent. Ce phénomène de capture attentionnelle dirigée par le stimulus est implicite. Le point de fixation attentionnelle est comme happé par la stimulation sans que le sujet en prenne conscience. La capture attentionnelle dirigée par le stimulus peut apparaître dans deux situations distinctes : lors de la présentation abrupte d'un stimulus (par exemple, un ballon rouge traversant la chaussée) où lorsque le traitement d'un stimulus particulier perdure dans le temps ou revêt une importance certaine pour le sujet (par exemple, une communication téléphonique de plus de 5 minutes ou portant sur un sujet d'ordre affectif). Dans la situation d'utilisation de systèmes en conduite, le phénomène de cécité inattentionnelle se traduirait par une altération voir un abandon du contrôle de la scène routière au profit d'un contrôle attentionnel accru sur la tâche secondaire sans que le conducteur en prenne conscience. L'étude menée par Strayer et col (2003) met en avant ce phénomène de capture de l'attention par la tâche secondaire au détriment du suivi de la scène routière. Les sujets étaient amenés à conduire sur un circuit simulé de route périphérique sur les bords duquel un certain nombre de panneaux routiers étaient présentés. Deux situations de conduite étaient comparées : une situation de conduite seule (condition simple) et une condition de double tâche où le conducteur devait également suivre une conversation téléphonique. Les points de fixation oculaire et la durée de ces fixations étaient enregistrés durant l'expérience. A l'issue de celle-ci, les sujets étaient confrontés à un test incident de reconnaissance des panneaux de la route. Les auteurs ont montré que les performances de reconnaissance étaient altérées en situation de double tâche alors que les points de fixation oculaire et la durée de fixation des panneaux de la route étaient équivalents entre les deux conditions. L'étude de l'interférence en conduite automobile, nécessite donc à la fois de s'intéresser aux aspects attentionnels divisés ou partagés et aux aspects attentionnels sélectif du traitement de l'information. Dans notre étude portant sur l'interférence provoquée par la réalisation de tâches secondaires en conduite, nous évaluerons à l'aide d'un premier protocole l'effet de ces tâches sur la charge de traitement allouée à la conduite. Nous nous intéresserons plus particulièrement à l'influence de la réalisation de deux tâches de charge cognitive différentes (l'une spatiale et l'autre conceptuelle) sur la conduite. En accord avec les travaux de Wickens, nous faisons l'hypothèse d'une plus grande

interférence de la tâche d'imagerie spatiale sur la conduite du fait du partage du même canal de traitement cognitif avec la conduite automobile. Dans cette perspective d'étude de la charge mentale, nous utiliserons une version modifiée de la Tâche de Détection Périphérique (PDT), originellement conçue par Miura dans les années 80 afin d'évaluer indirectement le coût attentionnel lié à l'activité de conduite. Le dispositif de cette tâche se compose classiquement de diodes placées à vision périphérique (au niveau du tableau de bord, en périphérie du volant) et d'un bouton poussoir permettant au conducteur d'appuyer sur le bouton lors de l'allumage d'une diode. Les études portant sur la charge mentale, telle celle menée par Verwey et Veltman dans les années 90, ont mis en évidence une dégradation des performances en termes de baisse du taux de bonnes détections et ralentissement du temps de réponse en situation de conduite avec tâche ajoutée. L'intérêt majeur de cette tâche est de permettre une évaluation dite « légère » de l'interférence provoquée par la réalisation en conduite de tâches annexes, telles que manipuler la radio ou rechercher une adresse sur un navigateur de conduite. La PDT est donc une tâche de temps de réaction, perceptivo motrice partageant avec l'activité de conduite le canal perceptif visuel et le canal manuel de réponse. Cette PDT ne permet donc qu'une mesure indirecte de la charge mentale liée à la réalisation en conduite de tâches partageant avec l'activité de conduite les entrées perceptives visuelles et sorties manuelles. Aussi, afin d'avoir une mesure indirecte du coût cognitif lié à la réalisation en conduite de tâches de charge cognitive, nous avons modifié la PDT pour en faire une tâche sollicitant un traitement cognitif, de type visuo-spatial : la Tâche d'Identification Perceptif ou PIT. Cette tâche nécessite de la part du conducteur d'identifier la couleur d'une diode présentée en vision périphérique et d'appuyer sur le bouton correspondant à la couleur de la diode. Cette tâche sollicite au niveau cognitif un traitement de type visuo-spatial. Aussi, il est attendu une dégradation plus importante des performances de cette tâche en situation de conduite avec tâche visuo-spatiale qu'avec tâches verbale.

De plus, Verwey et Veltman (1996) ont mis en évidence l'importance de la durée d'exposition à une situation de tâche ajoutée en conduite sur les performances du conducteur. Ils montrent ainsi une dégradation significative des performances de conduite en fonction de la durée effective (de 30 secondes à 1 minute 30) des tâches ajoutées. On peut considérer, d'après les travaux en attention sélective, et en particulier d'après les travaux portant sur l'orientation endogène de l'attention, que l'accroissement de la durée de la situation de double tâche (conduite avec tâche ajoutée) entraînerait une modification du contrôle attentionnel du conducteur, passant du suivi de la scène routière au suivi de la tâche ajoutée. Le suivi d'une conversation téléphonique en conduite sur une longue période de temps aurait alors comme conséquence une modification du contrôle attentionnel du suivi de la scène routière au suivi du contenu de la communication. Dans la perspective d'évaluer l'impact de tâches ajoutées sur le contrôle attentionnel du conducteur, nous testerons l'influence de la durée des tâches ajoutées sur les performances de conduite.

Dans un second protocole, nous évaluerons l'impact des tâches ajoutées sur le comportement attentionnel sélectif du conducteur à partir de l'étude de l'effet de cécité inattentionnelle développé par Stayer et Col (2003). Selon ces auteurs, la dégradation du comportement de conduite peut être la résultante non seulement d'une surcharge attentionnelle mais également d'une dégradation du contrôle attentionnel sur la scène routière. Cet effet de cécité inattentionnelle est défini comme l'absence de traitement attentionnel d'une information présentée dans le champ visuel fovéal. En d'autres termes, le sujet perçoit l'information mais ne la traite pas. Dans la perspective d'étudier

ce phénomène de cécité inattentionnelle, une réplication-extension de l'expérience de Strayer et col (2003) a été menée auprès de trois groupes de sujets d'âge différent. En accord avec Strayer, nous nous attendons à un effet de cécité inattentionnel en situation de conduite avec tâche ajoutée par rapport à une situation de conduite seule.

Comme présentée antérieurement, la démocratisation de l'intégration de systèmes d'information et de communication dans l'habitacle automobile a eu comme répercussion une diversification du type d'utilisateur et en particulier l'accroissement de la part de personnes âgées de plus de 50 ans utilisant ce type de systèmes en conduite. Les travaux sur l'effet de l'âge sur l'attention montrent un déclin des ressources attentionnelles au cours de la vie avec une chute importante de ces ressources après 70 ans (Schieber & Harms, 1998). En d'autres termes, les personnes âgées auraient un nombre de ressources de traitement à allouer plus faible que les personnes plus jeunes, se traduisant par un ralentissement généralisé du comportement avec l'âge. En conduite automobile, ce ralentissement généralisé est marqué par une vitesse moyenne plus basse pour les personnes âgées que pour les personnes plus jeunes. Cependant, en situation d'attention divisée, l'effet d'interférence observé est équivalent à celui de personnes plus jeunes. Une étude menée par Strayer et Drews (2003) montre ainsi un ralentissement généralisé dans le comportement de conduite des conducteurs âgés par rapport à des conducteurs plus jeunes, la vitesse moyenne passant de 62 à 52 miles à l'heure avec l'âge. De plus, et en accord avec les travaux plus fondamentaux sur l'attention, l'effet d'interférence engendré par l'utilisation d'un téléphone mobile en conduite s'avère équivalent pour les deux groupes étudiés. Si la capacité à diviser son attention sur plusieurs tâches semble peu altérée avec l'âge, les capacités attentionnelles sélectives subissent au contraire une forte altération après 70 ans. L'attention sélective réfère à deux mécanismes antagonistes de sélection de l'information pertinente et d'inhibition de l'information non pertinente à l'action. Les travaux menés sur l'effet de l'âge sur l'attention sélective montre un déclin du mécanisme d'inhibition avec l'âge. En d'autres termes, la personne âgée dans un environnement complexe sera tout à fait capable de sélectionner la cible à traiter, mais ne pourra pas inhiber les distracteurs de l'environnement. Il y a alors une surcharge de traitement dû à l'incapacité pour le sujet âgé à ignorer les éléments non pertinents de l'environnement. Dans notre étude, nous évaluerons l'influence de l'âge sur les capacités attentionnelles divisées et de sélection attentionnelle en situation de double tâche. En accord avec la littérature, nous faisons l'hypothèse d'un maintien des capacités attentionnelles divisées du conducteur et d'un déclin des capacités attentionnelles sélectives avec l'âge. Dans notre étude, ceci se traduira pas un même niveau d'interférence provoquée par la réalisation en conduite de tâches secondaires quel que soit l'âge des conducteurs et par la disparition progressive du phénomène de cécité inattentionnelle avec l'âge.

EXPERIENCE 1: ETUDE DE LA CHARGE MENTALE

Cette étude a pour objectif d'éprouver l'hypothèse de la surcharge de traitement comme explicative de l'interférence provoquée par des tâches cognitives sur la tâche de conduite simulée. En d'autres termes, une diminution des performances sur la tâche d'identification périphérique (PIT) devrait être observée entre la situation où seule cette tâche est réalisée en conduite et la situation où elle est réalisée en même temps qu'une autre tâche de charge cognitive. Nous nous attendons de façon plus spécifique à un effet d'interférence plus important pour les tâches à composante spatiale versus verbale (Recarte & Nunes, 2000 ; Wickens, 1984). De la même façon, nous formulons l'hypothèse d'une détérioration générale des temps de réaction avec l'âge, liée à un ralentissement généralisé du comportement sans altération de l'effet d'interférence (Salthouse, 2000). Enfin, dans une perspective plus méthodologique, nous évaluerons l'intérêt de la méthode PIT (PDT modifiée) dans l'analyse de l'impact de tâches cognitives sur la conduite automobile.

1. MATERIEL ET METHODE :

1.1. Sujets :

3 groupes de sujets d'âge différent composeront notre étude. Un groupe de 30 sujets jeunes (25-32 ans), un groupe de 26 sujets d'âge intermédiaire appelé médian (40-55 ans) et enfin, un groupe de 10 personnes âgées (60 ans et +). Parmi l'ensemble des sujets interrogés, huit, dont 3 médians et 5 âgés, n'ont pu réaliser en entier le protocole, souffrant du mal du simulateur. Tous les conducteurs retenus ont au moins 5 ans de permis et parcourent au moins 10000 km par an. Enfin, chaque sujet était soumis à des tests en laboratoire préalables afin d'homogénéiser les caractéristiques médicales, perceptives, attentionnelles, mnésiques et d'intelligence (en particulier fluide) des conducteurs intégrés dans notre protocole.

1.2. Matériel :

1.2.1. Tests laboratoire

Les sujets étaient tout d'abord soumis à un examen médical d'une demi-heure dans lequel le médecin évaluait leur état de santé général, la prise éventuelle de médicaments, ainsi que leurs capacités visuelles et auditives. Seules les personnes ayant un bon état de santé général, ayant une bonne perception visuelle et auditive, ne souffrant d'aucune maladie chronique et ne prenant aucun médicament pouvant entraver leurs capacités attentionnelles et mnésiques ont été retenus pour notre étude. A l'issue de ce bilan médical, les personnes retenues ont été soumises à des tests cognitifs permettant de les caractériser sur le plan attentionnel, mnésique et intellectuel. Les capacités attentionnelles ont été testées à l'aide de certains items du T.E.A. (Test of Everyday Attention) permettant de tester les capacités attentionnelles sélectives et divisées. Quatre items du T.E.A. ont donc été passés par les sujets : l'attention divisée, la flexibilité, le paradigme de Posner, la vigilance. Ajouté à ces tests, le stop signal test (Logan & Cowan, 1984) a permis plus particulièrement de tester les capacités d'inhibition des sujets. Les capacités mnésiques testées étaient la mémoire à court terme et la mémoire de travail. L'épreuve de mémoire de travail de Turner & Engel (1969) a

également fait l'objet d'un test passé par les sujets. En effet, des travaux récents mettent en évidence le lien fort entre capacités attentionnelles sélectives et mémoire de travail (Kane & Engel, 2003).

1.2.2. Dispositif simulateur

1.2.2.1. Le parcours :

Le simulateur : Deux parcours routiers ont été construits. Un premier parcours, appelé parcours d'essai, permet au sujet de se familiariser à l'activité de conduite sur circuit et à la réalisation des tâches secondaires et des tâches de charge mentale. Sa durée est de 15 minutes.

Le second circuit, appelé parcours expérimental est un parcours autoroutier sur circuit fermé simulé d'une durée totale de 48 minutes. Sur ces circuits, la vitesse moyenne doit être de 90km/h, comprise entre 80 et 120 km/h en ligne droite. Les sujets devaient freiner jusqu'à 40 km/h lors du franchissement d'un virage. La phase d'entraînement permet à l'expérimentateur de fournir aux sujets les consignes strictes de conduite sur simulateur.

1.2.2.2. Les tâches :

Le protocole utilisé ici est celui de la triple tâche. Le protocole de la triple tâche, utilisé principalement dans l'étude de l'interférence en conduite, est composé d'une tâche principale de maintien de la trajectoire automobile, d'une tâche secondaire d'identification d'un stimulus présent dans l'environnement et d'une tâche dite de charge de travail dont on fait l'hypothèse qu'elle interfère sur l'activité de conduite et par là même sur la tâche secondaire d'identification d'un stimulus. La tâche secondaire dans un tel protocole retrace l'une des activités classiques du conducteur à savoir l'identification d'une information spatiale et l'engagement d'une réponse adaptée à la stimulation. La tâche principale de conduite consiste ici à maintenir une vitesse du véhicule située entre 80 et 120 Km/h en ligne droite. Seules les mesures prises en ligne droite ont été retenues pour l'analyse des résultats.

1.2.2.3. La tâche secondaire :

La tâche secondaire est une tâche d'identification périphérique de la couleur de diodes. Cette tâche est une version modifiée et complexifiée de la tâche classique de détection périphérique ou PDT, permettant une mesure de la charge cognitive allouée par le conducteur aux différentes tâches qu'il a à réaliser en conduite. Deux diodes sont présentées sur le tableau de bord du véhicule : une diode rouge et une diode bleue. La réponse des sujets est recueillie à l'aide de deux boutons-réponses placés sur le volant (l'un sur le coté gauche et l'autre sur le coté droit du volant). Le bouton droit, en rouge, était associé à la réponse « diode rouge », le bouton gauche, en blanc, était associé à la réponse « diode bleu ». Les diodes étaient présentées de façon pseudo aléatoire durant tout le circuit à raison d'une diode présentée en moyenne toutes les 10 secondes (compris dans un intervalle allant de 5 secondes à 15 secondes). La durée d'allumage de la diode était de 2 secondes. Le temps de réponse des sujets était enregistré du début de l'allumage de la diode jusqu'à sa réponse.

1.2.2.4. Tâches interférentes de charge cognitive:

Les tâches interférentes proposées sont des tâches faisant essentiellement appel aux deux sous-systèmes esclaves de la mémoire de travail : la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial. Afin de limiter au maximum l'interférence perceptive et motrice

provoquée par la réalisation de tâches tertiaires sur la conduite automobile, les consignes de ces deux tâches étaient présentées auditivement (à l'aide de baffles situés sur le tableau de bord) et les réponses des sujets étaient enregistrées à l'aide d'un micro-casque porté par le sujet tout au long de l'expérience. Le choix de ces deux tâches différentes permet d'évaluer l'interférence relative produite par des traitements verbaux versus spatiaux sur la conduite automobile (Wickens, 1984). La tâche verbale consiste en la présentation d'un triplet de phrases abstraites que le sujet doit mémoriser afin de pouvoir répondre à une question portant sur l'une d'entre elles. Cette tâche nécessite donc une répétition mentale des phrases entendues afin de répondre correctement à la question posée. La tâche visuo-spatiale est une version modifiée de la tâche de Brooks (1967), considérée comme impliquant essentiellement le calepin visuo-spatial. Dans un premier temps, on présente aux sujets une matrice 4x4 qu'ils doivent mémoriser. Puis, durant la tâche de conduite, les sujets doivent placer dans cette matrice mémorisée des chiffres suivant les instructions qui leur sont présentées auditivement. Quatre chiffres au total sont présentés, le premier chiffre est systématiquement présenté au même endroit sur la matrice. Une fois l'ensemble des chiffres énoncés, les sujets doivent répondre à la question suivante : « où est localisé le chiffre 4 par rapport au chiffre 1 ? ». La tâche de conduite nécessitant principalement le traitement d'informations visuo-spatiales, nous nous attendons à une interférence plus marquée de la tâche visuo-spatiale sur la conduite.

Certains travaux sur l'interférence en conduite automobile montrent également une augmentation de l'interférence sur la conduite automobile provoquée par la durée des tâches secondaires. Afin d'éprouver cette hypothèse d'une augmentation de l'interférence par augmentation de la durée de la tâche secondaire, nous avons également manipulé la durée de chacune des tâches interférentes. Trois durées ont été sélectionnées : 30 secondes, 1 minute et 1 minute 30, afin d'évaluer la sensibilité et la diagnosticité des deux tâches interférentes de charge cognitive sur la conduite automobile. Nous nous attendons à une détérioration plus importante de la conduite par allongement de la durée des tâches de charge cognitive. Afin de permettre un maintien des performances sur les tâches interférentes (ou de charge cognitive), et afin de faciliter la comparaison entre les différentes durées de ces tâches, chaque tâche de référence avait une durée de 30 secondes et était répétée soit une fois soit deux fois suivant la durée totale de la tâche interférente souhaitée (respectivement, 30 secondes, 1 minute et 1 minute 30). Un entraînement préalable aux deux tâches interférentes était proposé aux sujets avant de commencer l'expérience. Chaque tâche (visuo-spatiale et verbale) était présentée 3 fois pour chaque durée sélectionnée (30s, 1mn, 1mn30). L'ordre de présentation des tâches de charge mentale durant le parcours routier est pseudo aléatoire.

A l'issue de chaque tâche, les sujets devaient répondre à 2 questions se référant à la charge mentale. La première question posée portait sur la durée ressentie de la tâche. Nous faisons l'hypothèse que plus la tâche est coûteuse pour le sujet, plus la durée ressentie de la tâche par le sujet sera longue. La seconde question est un item sélectionné du NASA-TLX permettant de nous renseigner sur l'état d'occupation cognitive du conducteur lors de la réalisation des tâches secondaires. Elle portait donc sur l'évaluation de la charge mentale liée à la réalisation de la tâche. Cette phase d'évaluation subjective de la charge mentale par les conducteurs durait 10 secondes. L'ensemble des tâches visuo-spatiales et verbales ainsi que les questionnaires d'autoévaluation de la charge mentale ont été préalablement enregistrés sur un CD-rom.

1.2.2.5. Procédure :

Chaque sujet a réalisé dans un premier temps l'ensemble des tests médicaux et de laboratoire permettant d'évaluer leurs capacités perceptives visuelles, attentionnelles et mnésiques. Cette phase de test en laboratoire durait au total 3 heures, réparties en 30 minutes de visite médicale et 2h30 de tests perceptifs et cognitifs.

Dans un second temps, les sujets passaient l'épreuve sur simulateur. Celle-ci se décomposait comme suit : conduite sur un circuit simulé durant au moins 15 minutes (cette phase pouvait durer jusqu'à 1 heure pour les sujets les plus âgés), permettant la familiarisation du conducteur au simulateur de conduite, à la tâche d'identification de diodes et aux tâches interférente de charge mentale. Suivaient alors 48 minutes sur circuit expérimental, alternant conduite en situation de double tâche (tâche de conduite et tâche d'identification périphérique) et situation de triple tâche (tâche de conduite, tâche d'identification périphérique et tâches de charge cognitive). La synchronisation du lancement des tâches et de l'enregistrement des paramètres véhicules se faisait à partir d'un bip de synchronisation présent sur le cd-rom contenant les tâches interférentes de charge cognitive.

En accord avec la procédure utilisée par Verwey et Veltman, l'expérience se composait de plusieurs phases alternant condition de double tâche et condition de triple tâche, afin de permettre d'analyser plus finement l'interférence engendrée par la réalisation d'une tâche de charge mentale. Chaque condition durait soit 30 secondes, soit 60 secondes, soit 90 secondes. Au total, la durée d'un couple de condition était comprise entre 1 minute et 3 minutes. Suite aux conditions de triple tâche, une évaluation de la charge mentale du sujet était réalisée au moyen de réponses à un questionnaire subjectif de charge mental enregistré.

1.2.2.6. Les mesures retenues :

Trois types de mesures seront réalisés. Tout d'abord, nous avons étudié l'influence des tâches de charge cognitive sur les performances en tâche secondaire. Nous avons ici pris en compte le temps de réponse correct et le nombre de bonnes réponses sur la **tâche d'identification périphérique de diodes** en situation de double tâche et en situation de triple tâche.

Le second type de mesures retenues était les **données objectives de performance aux tâches ajoutées et subjectives concernant la charge mentale allouée**, c'est-à-dire le nombre de bonnes réponses aux tâches de charge cognitives et les réponses données au questionnaire. Enfin, les dernières séries de mesures ont porté sur les **paramètres véhicules** (vitesse, Time to Lane Crossing, la fréquence d'appui sur la pédale de frein et le taux de freinage d'urgence). Le Time Lane Crossing (ou TLC) est une mesure indirecte du contrôle latéral du véhicule. Ce paramètre représente la durée séparant le véhicule d'un débordement de la bande d'arrêt d'urgence. Un TLC inférieur à 0.6 secondes est considéré comme un débordement de la bande d'arrêt d'urgence, c'est-à-dire d'une perte du contrôle latéral du véhicule. La vitesse et les paramètres de freinage sont considérés comme des mesures du contrôle longitudinal du véhicule. La vitesse, mesurée en Km/h, est un premier indice du comportement du conducteur. Une dégradation de la vitesse en situation de conduite avec tâche ajoutée est considérée comme retraçant une stratégie compensatoire du conducteur afin de limiter l'incidence néfaste des tâches ajoutées sur sa performance de conduite. Au contraire, un maintien ou une augmentation de la vitesse en situation de conduite avec tâche ajoutée sera considérée comme un comportement à risque du conducteur. La fréquence d'appui sur le frein nous donne une indication du type de réaction du conducteur aux contraintes de son environnement. Une augmentation de la fréquence

d'appui sur la pédale de frein est entendue comme une dégradation des stratégies adaptatives du conducteur aux événements de la route, autrement dit comme une dégradation de la gestion ou du contrôle attentionnel du conducteur sur son environnement. Enfin, le taux de freinage d'urgence représente l'ensemble des appuis sur la pédale de frein supérieurs à 10% de son amplitude. Cette mesure est également un indicateur des stratégies adaptatives du conducteur à la situation de conduite.

2. RESULTATS

L'analyse des résultats porte sur 60 sujets au total, répartis comme suit : 30 sujets jeunes (âgés de 25 à 35 ans), 25 sujets médians (âgés de 40 à 55 ans), et 5 sujets âgés (de 60 à 75 ans). Par ailleurs, 8 sujets (3 sujets médians et 5 sujets âgés) ont du renoncés à participer intégralement à cette expérience sur le simulateur en raison du « mal du simulateur », de sensations désagréables de maux de tête ou de maux d'estomac.

2.1. Tâche d'identification périphérique de diodes :

Nous étudierons dans cette partie de l'analyse l'effet des tâches de charge cognitive sur la performance à la tâche d'identification périphérique (PIT). Cette tâche est une version modifiée de la Tâche de Détection Périphérique développée par Miura dans les années 80. La PDT est considérée comme permettant l'évaluation du coût de tâches ajoutées sur la charge de travail allouée à la conduite. Notre protocole tendant à évaluer l'impact de tâches cognitives sur la charge attentionnelle allouée à la conduite, nous avons proposé une version modifiée de la PDT, appelée PIT nécessitant pour le sujet le recours à des ressources cognitives de type visuo-spatial afin de répondre correctement à la tâche. Aussi, et en accord avec le modèle de Wickens (1984), nous nous attendons à observer une dégradation de la performance à la PIT lorsque la tâche de charge cognitive ajoutée est une tâche visuo-spatiale. Au contraire, la tâche de charge cognitive verbale ne partageant aucune ressource commune avec la PIT et avec la conduite automobile, nous nous attendons à un maintien des performances à la PIT dans cette condition.

Une analyse de variance à mesures répétées (ANOVA) a été réalisée en prenant en compte comme facteur inter groupe le Groupe d'âge (jeunes, médians, âgés) et comme facteurs intra sujet la Condition (conduite sans tâche interférente, conduite avec tâche verbale, conduite avec tâche visuo-spatiale) et la durée des conditions (30s, 60s, 90s). Cette analyse a été réalisée sur le taux moyen et le temps moyen de bonne identification de la couleur des diodes.

2.1.1. Taux de réussite à la PIT

L'analyse révèle tout d'abord un effet principal du **Groupe d'âge** sur le taux de réussite à la PIT ($F(2, 55) = 6,044$; $p < 0.01$). Le test de comparaison multiple de Scheffé indique une baisse significative du taux de réussite entre les conducteurs jeunes ($M = 96.2\%$) et médians ($M = 96.6\%$) d'une part et les conducteurs âgés ($M = 90.8\%$) d'autre part. Par contre, le taux de réussite des sujets jeunes et médians est équivalent. De plus, un effet d'interaction est observé entre le facteur Condition et le facteur Durée ($F(4, 220) = 115,782$, $p < 0.01$) (**Figure 1**), avec un double contraste linéaire **Condition * Durée** significatif ($F(1, 55) = 8.78$, $p < 0.01$). Alors que le pourcentage de bonnes réponses reste stable quelque soit la durée pour les conditions de

conduite sans tâche et de conduite avec tâche verbale, on observe une augmentation du nombre de bonnes réponses en condition de conduite avec tâche visuo-spatiale à mesure que la tâche dure dans le temps. Le pourcentage de bonne identification pour la condition avec tâche visuo-spatiale est inférieur aux deux autres conditions pour la durée 30 secondes. Pour une durée de 60 à 90 secondes, cependant, le taux de bonne identification est équivalent quelque soit la condition.

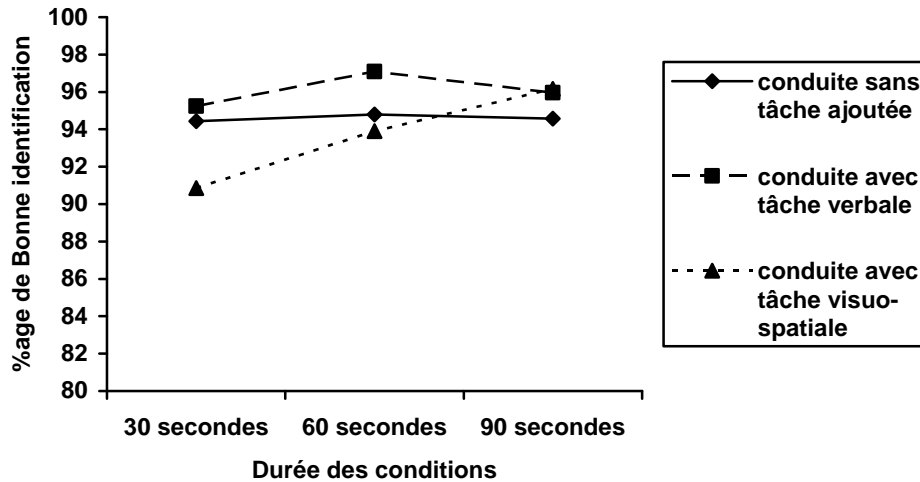


Figure 1 : Pourcentage de bonnes réponses à la PIT en fonction de la condition et de la durée. CS = conduite seule, Verbale = conduite avec tâche verbale, Visuo-spatiale = conduite avec tâche visuo-spatiale.

Enfin, un effet d'interaction triple **Groupe*Condition*Durée** est obtenu sur le taux de réussite à la PIT ($F(8, 220) = 7,160 ; p < 0.001$) (**Figure 2**). De façon générale, la condition de conduite avec tâche visuo-spatiale conduit à des performances à la PIT inférieures à la condition de conduite sans tâches ajoutées. De plus, d'après la figure 2, le profil de résultat des sujets âgés est inverse de celui des deux autres groupes. Les sujets jeunes et médians montrent une amélioration de la performance à la PIT en condition de tâche visuo-spatiale pour une durée de 30 secondes, alors qu'une baisse de leur performance est observée dans la condition de tâche verbale pour la même durée. Ce résultat s'inverse pour une durée de 60 secondes. Pour une durée de 90 secondes, une légère amélioration des performances à la PIT est observée pour les deux conditions de tâche ajoutée. Il semble donc que pour une durée de 30 secondes, la tâche de charge cognitive verbale perturbe le comportement attentionnel du conducteur, alors que pour une durée de tâche de 60 secondes, la tâche visuo-spatiale gêne le traitement de la PIT. Au contraire, les sujets âgés montrent une dégradation des performances à la PIT en condition de tâche visuo-spatiale d'une durée de 30 secondes uniquement. La tâche verbale semble quant à elle perturber le traitement de la PIT pour une durée de 60 secondes.

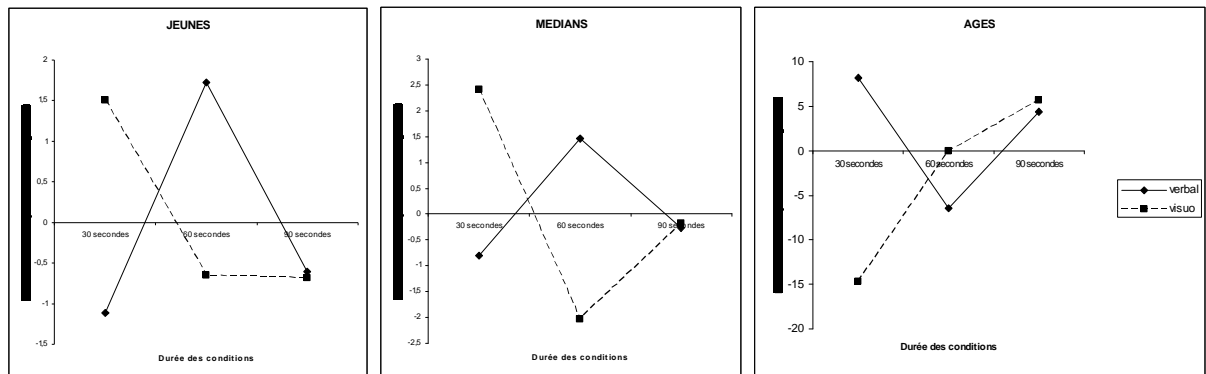


Figure 2 : Effet relatif du type de tâche (verbale versus visuo-spatiale) sur le taux de réussite à la PIT en fonction de l'âge des sujets et de la durée des conditions. Le calcul de l'effet relatif de chaque tâche a été réalisé en soustrayant le pourcentage de bonne identification en condition de tâche ajoutée à celui obtenu en condition de conduite sans tâche ajoutée. Les valeurs positives sont à interpréter comme une augmentation du pourcentage de bonne réponse, les valeurs négatives sont à considérer comme une baisse du pourcentage de bonne réponse.

2.1.2. Le temps moyen de réponse à la PIT :

L'analyse portant sur le temps moyen de réponse à la PIT ne révèle **aucun effet** simple ni d'interaction entre les facteurs étudiés.

L'analyse de la PIT montre donc un effet principal du facteur Groupe d'âge, les sujets âgés montrent un plus faible pourcentage de bonnes réponses que les deux autres groupes. De plus, l'interaction entre les facteurs Condition et Durée montre tout d'abord que le taux de réussite en condition de conduite avec tâche visuo-spatiale est plus faible que pour les autres conditions pour une durée de 30 et de 60 secondes, alors que celui-ci est équivalent aux deux autres conditions pour une durée de 90 secondes. Enfin, le taux de bonne identification reste stable quelque soit la durée pour les conditions de conduite seule et de conduite avec tâche verbale. La tâche de PIT est une tâche à composante cognitive visuo-spatiale dont l'objet est de mesurer de façon indirecte la charge cognitive liée à la réalisation en conduite de tâches ajoutées. Il était attendu, par hypothèse, une plus grande sensibilité de cette tâche à une variation de la charge cognitive de type visuo-spatiale en conduite. L'analyse de nos résultats met effectivement en évidence une dégradation de la performance à la PIT dans la condition de conduite avec tâche visuo-spatiale pour une durée de tâche allant de 30 à 60 secondes, alors que les performances en condition de conduite avec tâche verbale restent stables quelque soit la durée de la tâche. Notre hypothèse est donc partiellement vérifiée. En effet, pour une durée de tâche supérieure à 60 secondes, les performances à la PIT en condition visuo-spatiale sont équivalentes aux deux autres conditions de conduite. De plus, on observe une modification du profil de résultat en fonction de l'âge. Les conducteurs âgés semblent gênés par la tâche visuo-spatiale uniquement pour une durée de tâche égale à 30 secondes. Ce résultat est cependant à prendre avec précaution, du fait du faible nombre de sujets composant ce dernier groupe.

2.2. Etude des données objectives et subjectives sur les tâches secondaires :

2.2.1. Le taux de réussite aux tâches secondaires :

Une analyse de variance à mesure répétée ANOVA a pris en compte comme facteur inter groupe l'âge des sujets (jeunes, médian, âgés) et comme facteur intra-sujet le type de tâche.

L'analyse a été effectuée sur le taux de réussite aux tests. Seul un effet principal de la **tâche** est observé ($F(1, 56) = 242.74$, $MSe = 38349.42$, $p < 0.01$). Le pourcentage de réussite est supérieur en tâche visuo-spatiale (92.56% de bonnes réponses) qu'en tâche verbale (43.03% de bonnes réponses). Cette différence peut être expliquée par la plus grande complexité de la tâche verbale par rapport à la tâche visuo-spatiale. En effet, cette tâche nécessitait de la part des sujets une répétition mentale de phrases abstraites pour fournir la réponse à la question posée.

2.2.1.1. Les mesures subjectives de la charge mentale :

2.2.1.1.1. Evaluation de l'estimation de la durée de la tâche secondaire en secondes :

Une analyse de variance à mesures répétées (ANOVA) a pris en compte comme facteur inter groupe l'âge des sujets (jeunes, médian, âgés) et comme facteurs intra-sujet le type de tâche (verbale vs. Visuo-spatiale) et la durée de la tâche (30s, 60s et 90s). L'analyse a été effectuée sur l'estimation de la durée des tests.

L'analyse révèle tout d'abord un effet principal de la **durée des tâches** ($F(1, 56) = 19.13$, $MSe = 23603.52$, $p < 0.01$). On observe une augmentation de l'estimation de la durée des tâches relatives à la durée effective de celles-ci. Ainsi, le temps estimé des tâches durant effectivement 30 secondes est de 36,87 secondes. Le temps estimé des tâches durant effectivement 60 secondes est de 76.3 secondes. Enfin, le temps estimé des tâches durant effectivement 90 secondes est de 101.99 secondes. On observe également une interaction entre les facteurs **Groupe d'âge et la Durée** objective des tâches sur l'estimation de la durée ($F(4, 112) = 4.13$, $MSe = 5101.59$, $p < 0.01$) (**Figure 3**), avec un contraste linéaire significatif ($F(2, 56) = 4.74$, $p < 0.05$). Alors que l'on observe un allongement linéaire de l'estimation de la durée des tâches en fonction de la durée effective de celles-ci chez les sujets jeunes et médians de notre étude, l'estimation de la durée des tâches des sujets âgés reste stable quelque soit la durée effective de celles-ci.

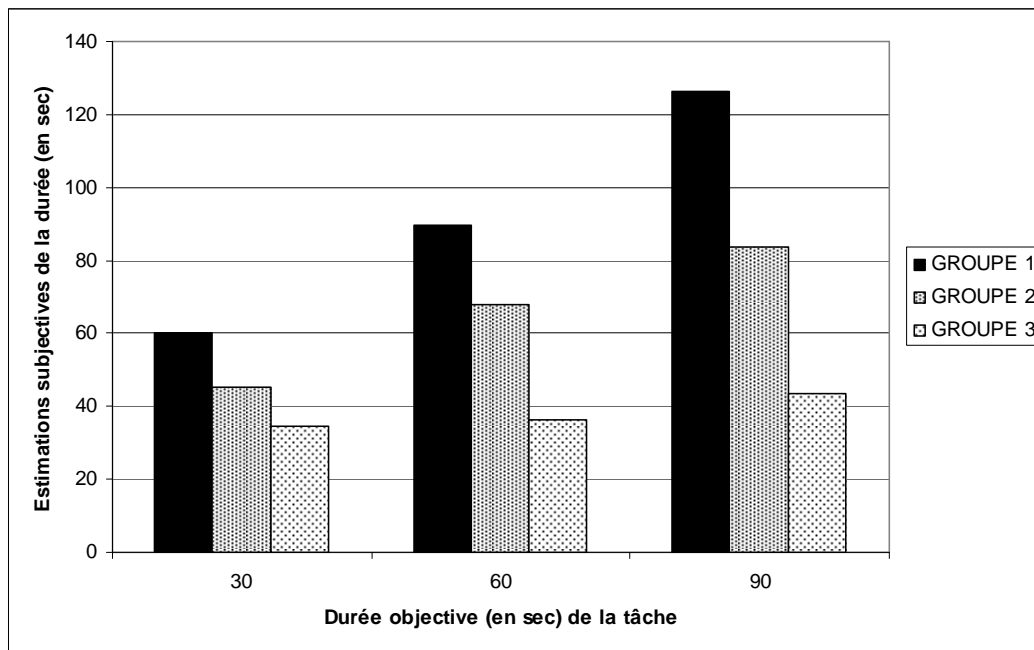


Figure 3 : Estimations subjectives des durées (en secondes) en fonction de la durée objective et du groupe d'âge.

L'interaction entre les facteurs **Type de tâche** et **Durée objective** des tâches se révèle aussi significative ($F(2, 112) = 4.17$, $MSe = 3184.86$, $p < 0.05$) (**Figure 4**). Alors que pour la tâche verbale, on observe une augmentation linéaire de l'estimation de la durée entre 30 et 90 secondes de tâche effective, en tâche visuo-spatiale, l'estimation de la durée reste stable entre 30 et 60 secondes de tâche effective et augmente pour une durée effective de 90 secondes.

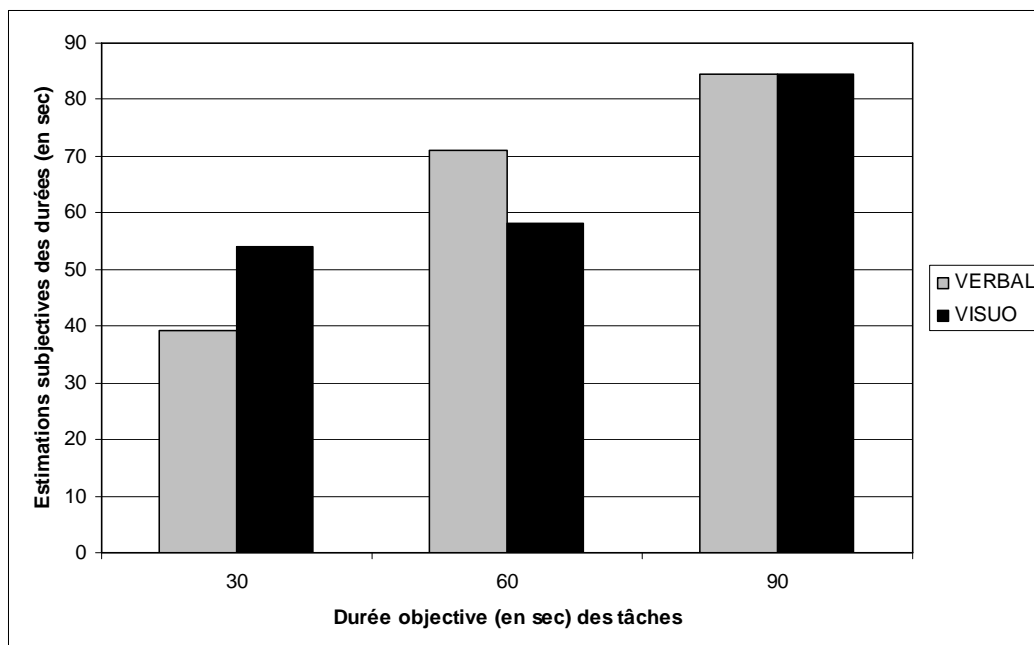


Figure 4 : Estimations subjectives des durées (en secondes) en fonction de la durée objective et de la tâche (verbale vs visuo-spatiale).

2.2.1.1.2. Etude de l'estimation de l'effort investi dans la tâche interférente :

L'analyse révèle tout d'abord un effet principal du **Type de tâche** ($F(1, 56) = 26.586$, $MSe = 6056.752$, $p < 0.001$). On observe que les estimations subjectives de l'effort investi sont supérieures dans la tâche verbale (64%) que la dans la tâche visuo-spatiale (45%). Ceci corrobore les résultats obtenus à partir des taux de réussite aux tâches interférentes. Il semble que la tâche verbale ait nécessité un investissement d'effort plus important que la tâche visuo-spatiale. En effet, la tâche verbale est plus complexe donc plus coûteuse et plus difficile que la tâche visuo-spatiale.

L'analyse des performances objectives et de l'estimation subjective de la charge mentale concernant les tâches ajoutées, montre que la tâche verbale est moins bien réussie que la tâche visuo-spatiale, qu'elle a cependant demandé un plus grand effort mental pour les conducteurs. Ceci est corroboré par l'estimation de la durée de la tâche verbale qui suit tout en surévaluant (pour les durées 30 et 60 secondes) la durée effective de la tâche. Au contraire, la tâche visuo-spatiale a été la mieux réussie. Les conducteurs considèrent que l'effort mental consenti sur cette tâche est moyen, en d'autres termes, cette tâche ne leur a pas demandée un niveau de concentration important. Ceci est accrédité par l'estimation de la durée de la tâche visuo-spatiale. Contrairement à la tâche verbale, on observe que l'estimation de la durée de la tâche visuo-spatiale est constante pour des durées de 30 et 60 secondes, puis augmente pour une durée de tâche égale à 90 secondes.

2.3. Etude de l'influence de tâches ajoutées sur les paramètres véhicules de contrôle latéral et longitudinal :

Dans la partie suivante, nous étudierons l'effet des tâches de charge cognitive (ou tâches interférentes) sur la performance de conduite. Selon notre hypothèse, nous nous attendons à constater une dégradation des paramètres véhicules (en termes de contrôle latéral et longitudinal) de la situation de double tâche (conduite et PIT) à la situation de triple tâche (conduite, PIT et tâches interférentes). Il est important de noter ici que la dégradation des paramètres véhicules, telle une réduction de la vitesse en condition de conduite avec tâche ajoutée, ne sont pas à interpréter comme un déclin du comportement de conduite mais comme un indicateur de la mise en œuvre de stratégies adaptatives permettant au conducteur de mener à bien différentes tâches tout en respectant une conduite sécuritaire. Deux types de paramètres véhicules ont été étudiés : Le contrôle latéral, à partir du paramètre Time-Lane-Crossing ou TLC (latence séparant le véhicule d'un débordement sur la bande d'arrêt d'urgence) et le contrôle longitudinal à partir des paramètres de vitesse moyenne, de taux d'accélération, de taux de freinage et le taux de freinage d'urgence.

L'ensemble des paramètres véhicules ont été étudié à partir d'une analyse de variance à mesures répétées (ANOVA) prenant comme facteur inter groupes le Groupe d'âge (jeunes, médians, âgés) et comme facteurs intra-sujet la Condition (conduite sans tâche interférente, conduite avec tâche verbale vs conduite avec tâche visuo-spatiale) et la Durée de la condition (30, 60, 90 sec).

2.3.1. Etude de l'impact de tâches de charge cognitive sur le contrôle latéral (mesuré à partir du TLC) :

L'analyse réalisée sur le TLC révèle uniquement deux effets d'interaction significatifs. Tout d'abord, l'interaction entre les facteurs **Condition** et **Durée** s'avère significative ($F(4, 220) = 4.405$, $MSe = 137.613$, $p < 0.01$) (**Figure 5**), avec un contraste linéaire double significatif ($F(1, 55) = 12.49$, $p < 0.01$). En condition de conduite sans tâche ajoutée, quelque soit la durée de la condition, on observe que le TLC est stable (respectivement, 30 secondes = 11.58 ; 60 secondes = 11.95 ; 90 secondes = 12.72). En condition de conduite avec tâche verbale, on observe un accroissement du taux de TLC < 0.6 sec. , en fonction de la durée de la condition (respectivement, 30 secondes = 11.83; 60 secondes = 14.37; 90 secondes = 15.73). Au contraire, on constate une diminution du taux de TLC < 0.6 sec en fonction de l'augmentation de la durée dans la condition de conduite avec tâche visuo-spatiale (respectivement, 30 secondes = 15.73; 60 secondes = 13.69; 90 secondes = 11.18). Le taux de TLC < 0.6 secondes représente la fréquence relative du nombre de positionnement latéral à risque pour le conducteur et ses passagers. Un accroissement du taux de TLC inférieur à 0.6 secondes est donc à interpréter en termes de dégradation du contrôle latéral du véhicule. Au contraire, une diminution du taux de TLC inférieur à 0.6 secondes est à interpréter en termes d'amélioration du contrôle latéral du véhicule. Aussi, on observe tout d'abord que le taux de TLC le plus faible est obtenu en condition de conduite sans tâche ajoutée et ce quelque soit la durée effective des tâches. De plus, une amélioration du contrôle latéral du véhicule en condition de conduite avec tâche visuo-spatiale est observée à mesure que sa durée augmente. Le résultat inverse est observé en condition de conduite avec tâche verbale.

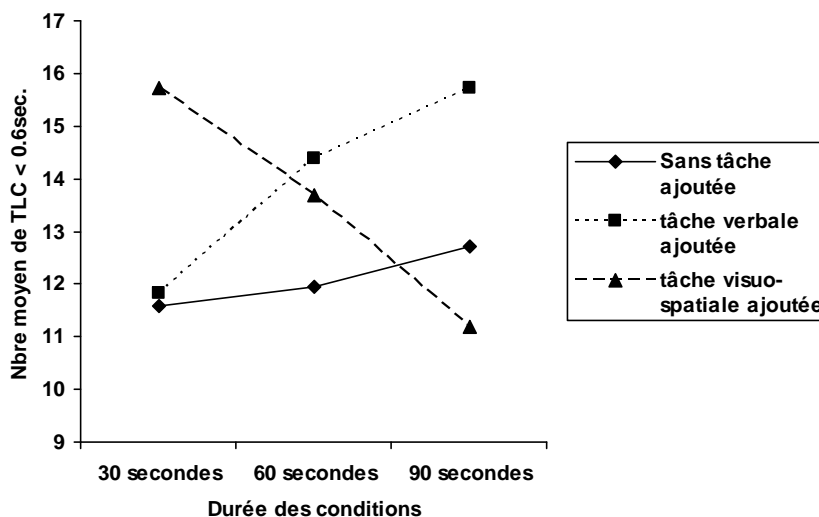


Figure 5 : TLC proportionnel en fonction de la Condition (sans tâche ajoutée, avec tâche verbale, avec tâche visuo-spatiale) et de la Durée (30 sec., 60 sec., 90 sec.).

De plus, un effet d'interaction triple est obtenu entre les facteurs **Groupe d'âge**, **Condition** et **Durée** ($F(8, 220) = 2.844$, $MSe = 88.847$, $p < 0.01$) (**Figure 6**), avec un double contraste linéaire entre les facteurs Condition et Durée significatif ($F(2, 55) = 9.50$, $p < 0.01$). Alors que les conducteurs jeunes et médians montrent des taux de TLC

inférieurs à 0.6 secondes équivalents suivant les conditions et la durée de celles-ci, les sujets âgés montrent un accroissement du taux de TLC critique en condition de tâche verbale à mesure que la durée de celle-ci augmente et inversement, montrent une baisse du taux de TLC critique en condition de tâche visuo-spatiale à mesure que la durée de cette tâche augmente.

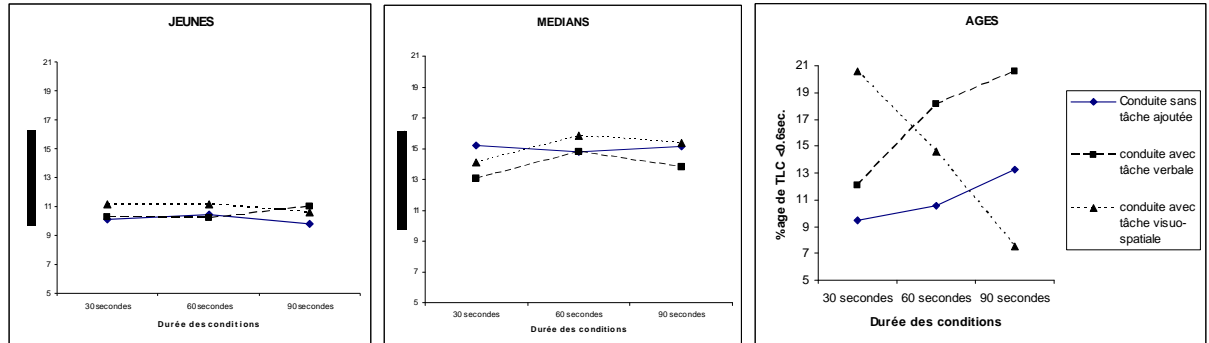


Figure 6 : Effet du groupe d'âge de la condition et de la durée des conditions sur le taux moyen de TLC critique (TLC < 0.6 sec).

2.3.2. Etude de l'impact de tâches cognitives sur le contrôle longitudinal (vitesse moyenne (1) ; taux de freinage (2) ; taux de freinage d'urgence (3)):

2.3.2.1. La vitesse

L'analyse révèle tout d'abord un effet principal du **Groupe d'âge** sur la vitesse moyenne ($F(2, 55) = 5.635$, $MSe = 3971.202$, $p < 0.01$). On observe une diminution de la vitesse moyenne en fonction de l'augmentation de l'âge des sujets. Le test de comparaisons multiples de Scheffé indique une différence significative entre le groupe des sujets jeunes ($M = 92,2$ Km/h) et le groupe des sujets âgés ($M = 78,8$ Km/h). Les différences entre le groupe de sujets jeunes et le groupe de sujets médians ($M = 86.7$ Km/h) d'une part, et entre le groupe des sujets médians et le groupe des sujets âgés d'autre part se révèlent non significatives.

Enfin, l'interaction entre **Condition et Durée** est significatif ($F(4, 220) = 10.321$, $MSe = 194,089$, $p < 0.001$) (**Figure 7**), avec un contraste linéaire pour le facteur Condition et quadratique pour le facteur Durée ($F(1, 55) = 16.08$, $p < 0.01$). On observe tout d'abord un accroissement de la vitesse à mesure que la durée de la condition augmente de façon linéaire pour les conditions de conduite sans tâche ajoutée et de conduite avec tâche verbale. Au contraire, pour la condition de conduite avec tâche visuo-spatiale, on observe une baisse importante de la vitesse pour une durée de 60 secondes. Ce résultat corrobore l'analyse de la TLC pour la condition de conduite avec tâche visuo-spatiale. Il semble que pour une durée de 60 secondes en tâche visuo-spatiale, une stratégie adaptative ait été mise en œuvre par le conducteur afin de maintenir une conduite sécuritaire tout en réalisant une tâche partageant les mêmes ressources de traitement que celles utiles pour la conduite. Au contraire, l'augmentation de la vitesse en condition de tâche verbale, malgré le fait que cette tâche soit objectivement plus difficile que la tâche visuo-spatiale, et considérée comme telle par les conducteurs, n'a pas entraîné de modification du comportement de conduite. Ce qui est à la fois observé sur le contrôle latéral et le contrôle longitudinal. Aucun autre effet simple ou d'interaction entre facteurs ne se révèle significatif.

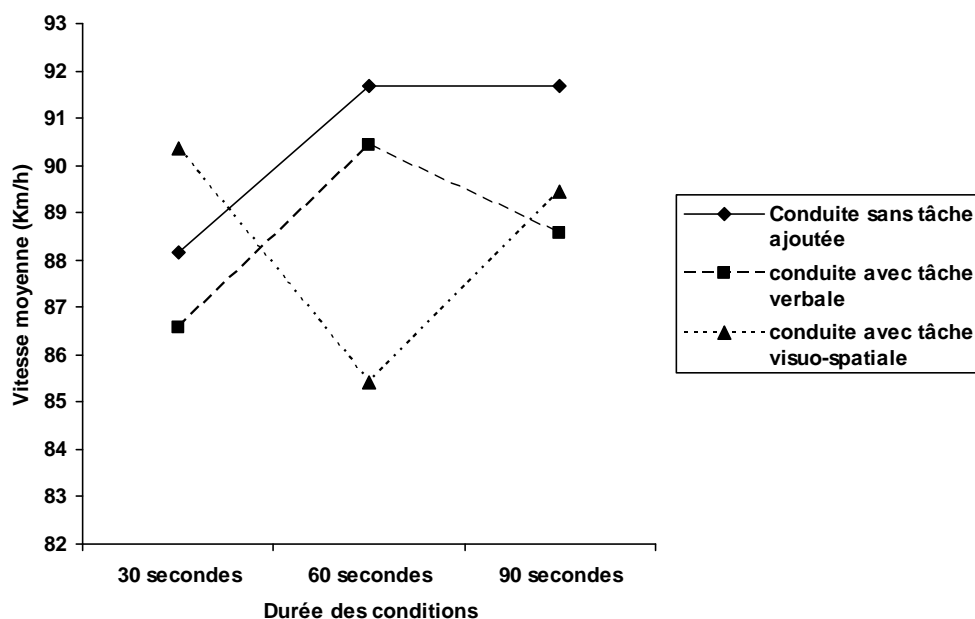


Figure 7 : Vitesse moyenne en fonction de la Condition et de la Durée.

2.3.2.2. Taux d'appui sur le frein

L'analyse révèle un effet principal de la Condition ($F(2, 110) = 17.216$, $MSe = 6326.381$, $p < 0.01$) avec un contraste linéaire significatif ($F(1, 55) = 16.67$, $p < 0.01$). On observe une diminution du taux de freinage de la condition de conduite sans tâche ($M = 27.7\%$) à la condition de conduite avec tâche verbale ($M = 13,3\%$) et avec tâche visuo-spatiale ($M = 14,3\%$). On constate aussi un effet principal de la Durée des conditions ($F(2, 110) = 19.564$, $MSe = 2599.343$, $p < 0.01$), avec une augmentation du taux de freinage en fonction de l'augmentation de la Durée de la condition (contraste linéaire : $F(1, 55) = 20.09$, $p < 0.01$). Le taux de freinage pour la durée de 30 sec (13.1%), est inférieur au taux de freinage pour la durée de 60 sec (18.7%), qui est lui-même est inférieur au taux de freinage pour la durée de 90 sec (23.4). L'interaction entre la Durée et le Groupe d'âge est significative ($F(4, 110) = 3.814$, $MSe = 506.708$, $p < 0.001$) (Figure 8), avec un double contraste linéaire significatif ($F(2, 55) = 3.93$, $p < 0.05$). Alors que le taux de freinage d'urgence reste stable pour les conducteurs jeunes et médians quelque soit la durée des conditions, on observe un accroissement linéaire du freinage d'urgence chez les conducteurs âgés à mesure que la durée des conditions augmente.

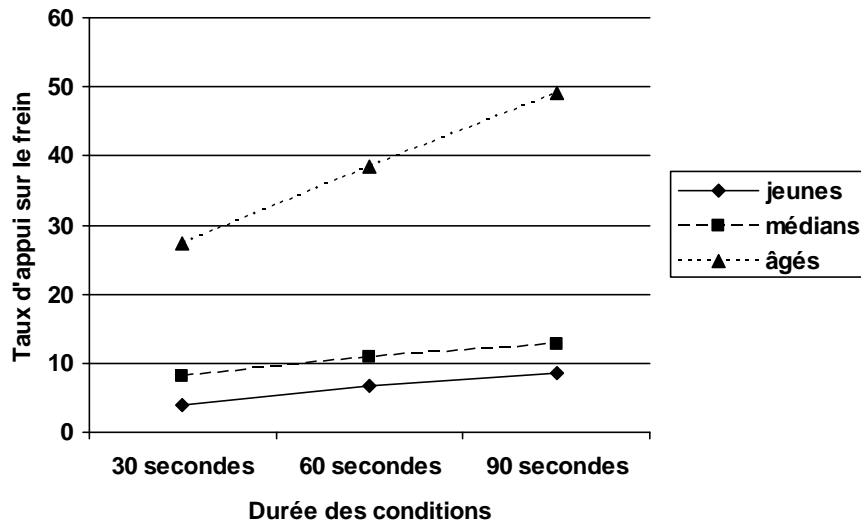


Figure 8 : Impact de l'âge et de la durée des conditions sur le taux d'appui sur la pédale de frein.

Enfin, l'interaction entre **Condition** et **Durée** est significative ($F(4, 220) = 14.772$, $MSe = 2625.457$, $p < 0.01$) (Figure 9), avec un double contraste linéaire significatif ($F(1, 55) = 17.52$, $p < 0.01$). Alors que le taux de freinage en fonction de la **Durée** est relativement stable, dans les conditions de conduite avec tâche verbale (respectivement, 30 secondes = 13.41 ; 60 secondes = 13.91 ; 90 secondes = 12.54), et de conduite avec tâche visuo-spatiale (respectivement, 30 secondes = 13.85 ; 60 secondes = 14.47 ; 90 secondes = 14.62), le taux de freinage augmente en fonction de l'augmentation de la **Durée**, dans la condition de conduite sans tâche interférente (respectivement, 30 secondes = 12.13 ; 60 secondes = 27.88 ; 90 secondes = 43.16).

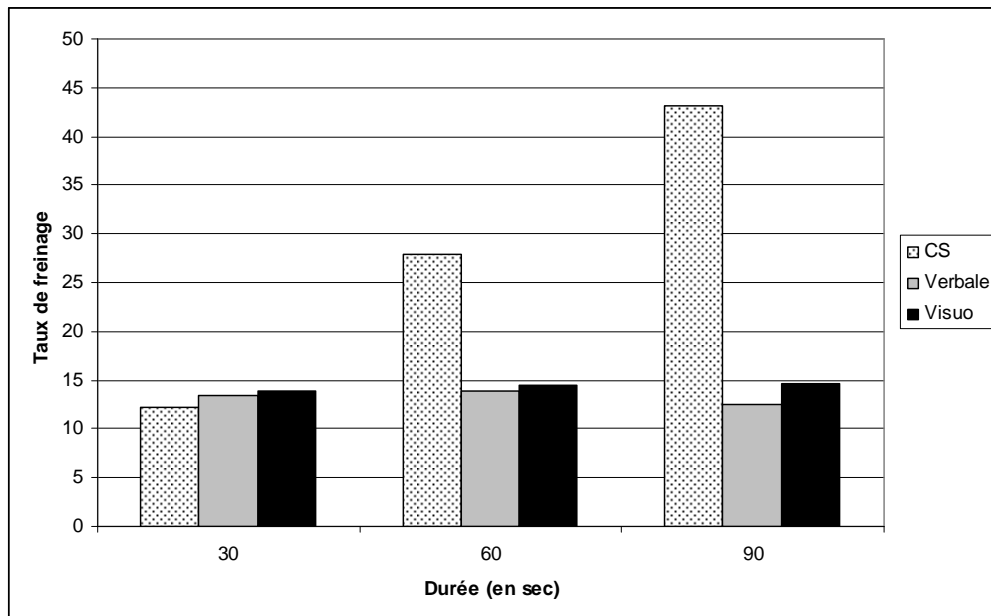


Figure 9 : Taux d'appui sur la pédale de frein en fonction de la Condition et de la Durée.

2.3.2.3. Taux de freinage d'urgence

Un effet principal de la Condition est tout d'abord observé ($F(2, 110) = 37.892$; $MSe = 12248.216$, $p < 0.001$), avec un contraste quadratique significatif ($F(1, 55) = 36.19$, $p < 0.01$). On observe une diminution du taux de freinage d'urgence de la condition de conduite sans tâche interférente (50%) aux conditions de conduite avec tâche interférente (verbale = 28,6% ; visuo-spatiale = 34%). L'effet principal de la Durée se révèle également significatif ($F(2, 110) = 22.045$, $MSe = 4794.352$, $p < 0.001$), avec un contraste linéaire ($F(1, 55) = 31.36$, $p < 0.01$). On observe une augmentation du taux de freinage d'urgence en fonction de l'augmentation de la Durée des conditions (respectivement, 30s = 29.5% ; 60s = 40.7%, 90 = 42.5%). Enfin, l'interaction entre le facteur Condition et le facteur Durée se révèle significative ($F(4, 220) = 7.798$, $MSe = 1812.301$, $p < 0.001$), avec un double contraste linéaire Condition*durée significatif ($F(1, 55) = 20.14$, $p < 0.01$) (Figure 10). Tandis que, dans les conditions de conduite avec tâche verbale et de conduite avec tâche visuo-spatiale, le taux de freinage d'urgence augmente de la condition durée 30 à la condition durée 60 (respectivement, Conduite avec tâche verbale : 30s = 22.9, 60s = 32.6; Conduite avec tâche visuo-spatiale : 30s = 31.4, 60s = 37.4) et diminue de la condition durée 60 à la condition durée 90 (respectivement, Conduite avec tâche verbale : 60s = 32.6, 90s = 30.3; Conduite avec tâche visuo-spatiale : 60s = 37.4, 90s = 33.1); dans la condition de conduite sans tâche interférente, il augmente à la fois de la condition durée 30 à la condition durée 60 et de la condition durée 60 à la condition durée 90 (respectivement, 30s = 34.3, 60s = 52, 90s = 64.1).

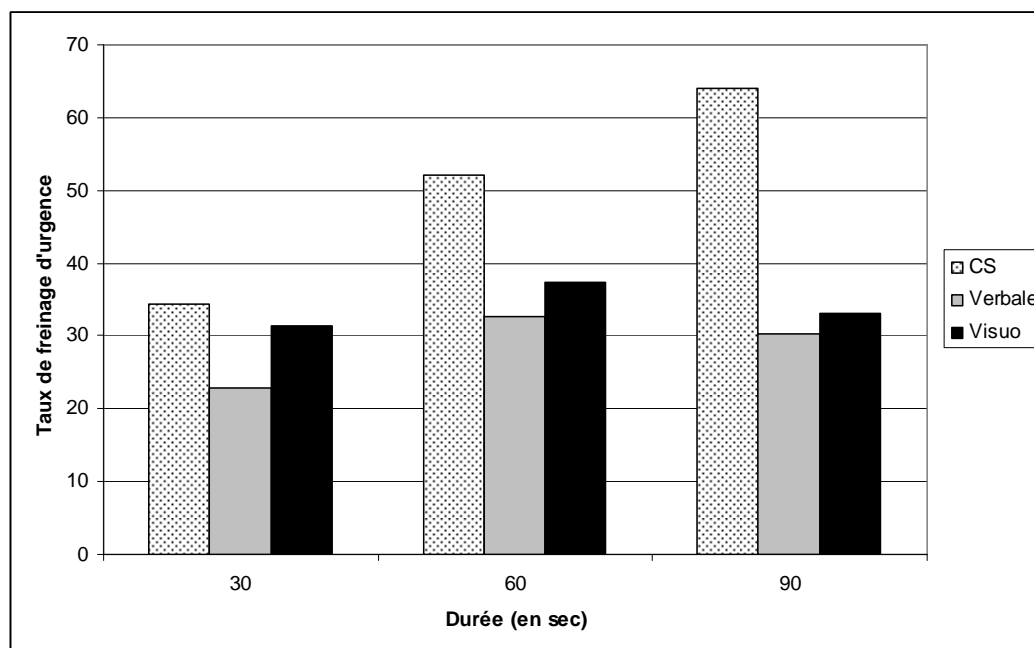


Figure 10 : effet de la Condition (conduite sans tâche ajoutée, avec tâche verbale, avec tâche visuo-spatiale) et de la durée des conditions (30 sec., 60 sec., 90 sec.) sur le taux de freinage d'urgence (appui sur la pédale de frein supérieur à 10% de son amplitude totale).

3. DISCUSSION

L'objet premier de cette étude était d'évaluer l'hypothèse selon laquelle les tâches cognitives de type visuo-spatiales, partageant des ressources communes avec l'activité de conduite, entraînerait une dégradation du comportement de conduite en termes d'aménagement de stratégies adaptatives, permettant au conducteur de limiter l'incidence négative de ces tâches sur son activité de conduite. Au contraire, concernant les tâches verbales, il était attendu une absence de modification du comportement de conduite malgré la réalisation concomitante de ces tâches. En accord avec Strayer et Johnston (2001), on peut faire l'hypothèse que la tâche verbale induira par contre une diminution du contrôle attentionnel porté sur la scène routière. Ceci se traduirait par un maintien des paramètres véhicules dans cette condition alors que le conducteur est effectivement en situation de double tâche. Enfin, les travaux de Verwey et Veltman (1996) soulignent l'importance de la durée des tâches interférentes sur l'activité de conduite. D'après ces auteurs, plus la tâche interférente dure dans le temps et plus les paramètres de conduite sont détériorés.

Concernant l'impact de la tâche visuo-spatiale sur la conduite automobile, on observe en accord avec les travaux portant sur la charge mentale en conduite automobile (Recarte & Nunes, 2001, Wickens, 1984), la mise en œuvre d'une stratégie adaptative du conducteur lors de la réalisation en conduite de ces tâches. Tout d'abord, concernant le **contrôle latéral**, mesuré par la proportion de TLC inférieurs à 0.6 secondes, un accroissement du maintien du contrôle latéral en condition visuo-spatial à mesure que la durée de cette condition augmente, alors que l'effet inverse est observé en condition verbale. En d'autres termes, alors qu'en condition visuo-spatiale les conducteurs tendent à maintenir voire à renforcer le contrôle du véhicule à mesure que la tâche dure dans le temps, on observe une réduction de ce contrôle latéral à mesure que la tâche verbale dure dans le temps. Enfin, concernant le **contrôle longitudinal**, on observe de façon générale que la réalisation en conduite d'une tâche de charge cognitive amène le conducteur à réduire sa vitesse. Il est à noter que pour une durée de tâche de 60 secondes, une diminution importante de la vitesse moyenne est observée en condition visuo-spatiale (passant de 90 km/h pour une durée de tâche de 30 secondes, à 85 km/h pour une durée de tâche de 60 secondes). Ce résultat portant sur le contrôle longitudinal plaide en faveur de la mise en œuvre par le conducteur de stratégie adaptative de conduite en fonction du niveau de charge associé à son activité en condition visuo-spatiale. De la même façon, le déclin du taux moyen d'appui sur la pédale de frein ainsi que la réduction de la fréquence de freinage d'urgence corroborent l'hypothèse selon laquelle le conducteur en condition de tâche visuo-spatiale a usé d'une stratégie adaptative de conduite afin de limiter l'incidence du partage de ses ressources entre deux tâches.

Concernant maintenant l'impact de la tâche verbale sur le comportement de conduite, on tend à observer en accord avec les travaux portant sur le contrôle attentionnel (Posner, 1985, Strayer, et col., 2003) une dégradation du contrôle attentionnel de la scène routière lors de la réalisation en conduite de cette tâche. Ainsi, s'agissant du **contrôle latéral**, une augmentation du taux de TLC critique est observée à mesure que la tâche verbale perdure dans le temps. Le conducteur semble perdre progressivement le contrôle de son positionnement sur la chaussée. S'agissant du contrôle latéral, il est à noter que le conducteur en situation de tâche verbale ajoutée tend à maintenir sa vitesse par rapport à la condition de conduite seule (bien qu'il faille noter une diminution de 2Km/h entre la condition 60 secondes et la condition 90 secondes de la tâche verbale), alors que son taux d'appui sur le frein et son taux de freinage d'urgence soit beaucoup

plus faible qu'en condition de conduite seule. Ceci irait en faveur d'une altération du contrôle attentionnel porté par le conducteur à la scène routière en condition de tâche verbale. L'expérience 2, portant sur cette hypothèse nous permettra d'apporter des éléments plus sensibles à sa validation.

La deuxième hypothèse testée dans cette étude porte sur l'impact du vieillissement sur l'effet d'interférence provoqué par la réalisation en conduite de tâches ajoutées. En accord avec les travaux portant sur le vieillissement attentionnel, il était attendu une dégradation générale du comportement du conducteur avec l'âge du fait d'une détérioration de ses ressources attentionnelles. Par contre, il était attendu que l'effet provoqué par l'ajout de tâches en conduite serait équivalent entre les conducteurs âgés et les conducteurs plus jeunes. Les points de discussion présentés sont à prendre avec réserve du fait du faible nombre de personnes âgées ayant effectivement pu participer à cette étude. Concernant tout d'abord le contrôle latéral, il est à noter une augmentation beaucoup plus importante des TLC critiques à mesure que la tâche verbale dure pour les conducteurs âgés par rapport aux deux autres groupes. De même, le déclin du taux de TLC critique en condition visuo-spatiale à mesure que la tâche dure dans le temps est beaucoup plus important pour les conducteurs âgés. Concernant le contrôle longitudinal, on observe une réduction linéaire de la vitesse avec l'âge, passant de 92.2 km/h chez les conducteurs jeunes, à 86.7 Km/h chez les conducteurs médians, à 78.8 Km/h chez les conducteurs âgés. Ceci est en accord avec l'hypothèse d'une réduction des ressources de traitement et du ralentissement général du traitement de l'information développé par Salthouse. Concernant le taux d'appui sur le frein, il est à noter que les conducteurs les plus âgés, alors qu'ils adoptent la vitesse la plus lente, tendent à appuyer beaucoup plus fréquemment sur la pédale de frein que les conducteurs plus jeunes. Si les conducteurs âgés tendent à montrer un comportement de conduite plus dégradé que les conducteurs plus jeunes, il semble que l'impact de la condition de conduite soit équivalent aux autres groupes de sujets (si ce n'est une dégradation plus marquée du contrôle latéral du véhicule avec l'avancée en âge).

Notre troisième hypothèse considérait que la PIT, version modifiée de la PDT permettait la mesure fine de la charge cognitive associée à la réalisation en conduite de tâches cognitives visuo-spatiale et verbale. Cette PIT nécessitant un traitement visuo-spatial, il était attendu une dégradation des performances à la PIT en condition de tâche ajoutée visuo-spatiale, alors qu'un maintien des performances à la PIT était attendu en condition de tâche ajoutée verbale. L'analyse de résultats portant sur le taux de réussite à la PIT met en évidence une diminution de la PIT uniquement en condition visuo-spatiale et ce pour la durée 30 secondes. Aussi, si la PIT semble effectivement sensible aux variations de la charge cognitive visuo-spatiale en conduite, cette sensibilité est faible et ténue. L'une des critiques à apporter à la méthode type PDT est le fait qu'elle ajoute à l'activité de conduite une autre tâche, qui, bien que peu coûteuse en ressources de traitement, est à considérer par le conducteur au même titre que les autres tâches qu'il a à réaliser. En situation de conduite avec tâche ajoutée, le conducteur se retrouve donc en condition de triple tâche, impliquant des compensations multiples entre ces tâches. Ceci explique sans doute l'absence d'effet important des tâches ajoutées sur les performances à la PIT. Il est probable que le conducteur ait tenté de maintenir ses performances à la PIT, tâche simple nécessitant peu de temps pour être réalisée, reportant le poids lié à la réalisation de tâches ajoutées sur l'activité de conduite et sur les performances aux tâches secondaires.

EXPERIENCE 2 : ETUDE DU PHENOMENE DE CECITE INATTENTIONNELLE

Cette étude a pour objectif d'éprouver l'hypothèse de la cécité inattentionnelle comme explicative de l'interférence provoquée par des tâches cognitives sur la tâche de conduite simulée. De plus, concernant l'activité de conduite, nous nous attendons, à répliquer les résultats de l'expérience 1 concernant l'effet de la charge cognitive visuo-spatiale versus verbale sur le comportement du conducteur, ainsi que sur l'effet de l'âge sur les performances de conduite.

1. MATERIEL ET METHODE :

Sujets : 33 sujets répartis en 3 groupes d'âge (15 sujets jeunes et 15 sujets médians et 3 sujets âgés) distincts ont participé à cette étude. L'ensemble de ces sujets a également participé à la première étude. Pour des raisons techniques, toute personne devant porté des lunettes pour conduire a été éliminée de l'échantillon. En effet, le dispositif d'enregistrement des mouvements oculaires ne permet pas de prendre les données oculaires chez des sujets portant des lunettes ou des lentilles de correction.

1.1. Dispositif :

1.1.1. Le parcours :

Le parcours expérimental simulé était réalisé sur un circuit d'environ 15 minutes. Les conducteurs recevaient comme consigne de maintenir une vitesse comprise entre 80 et 120 Km/h sur ligne droite et freiner jusqu'à 40 km/h lors des virages. 30 panneaux routiers, dont 15 en situation simple et 15 en situation double étaient présentés aux conducteurs sur les bords du circuit routier. Ces panneaux présentaient des noms communs, tels « couteau, volant, tulipe ». Aucune consigne portant sur les panneaux n'était donnée aux sujets avant et durant le parcours. Les 30 panneaux présentés étaient issus de 15 catégories de noms communs concrets, dont l'un était présenté en situation de conduite seule et dont l'autre était présenté en situation de conduite avec tâche. Avant de commencer l'expérience, les sujets roulaient tous sur un circuit de familiarisation durant 10 minutes, incluant familiarisation à la conduite simulée durant 5 minutes et familiarisation à la conduite avec tâches ajoutées durant 3 minutes.

1.1.2. Les tâches :

Le protocole utilisé ici est celui de la double tâche. Le protocole de la double tâche, utilisé pour mesurer l'interférence en attention divisée, est composé d'une tâche principale (ici, de maintien de la trajectoire automobile) et d'une tâche secondaire (ici, les tâches de charge mentale, dont on fait l'hypothèse qu'elles interfèrent sur l'activité de conduite). La tâche principale de conduite consiste ici à maintenir une vitesse du véhicule située entre 80 et 120 Km/h en ligne droite et de freiner jusqu'à 40 km/h dans les virages.

Deux tâches de charge cognitive ont été conçues pour cette étude : une tâche verbale et une tâche visuo-spatiale. La tâche verbale est une réplification de la tâche utilisée par Gugerty et col (2004). Cette tâche dite de poursuite du mot consiste en la

génération de mots nouveaux commençant par la dernière lettre d'un mot présenté auditivement. Par exemple, « générez un mot nouveau commençant par la dernière lettre du mot : TABLE ». La réponse attendue ici était par exemple : « ETOILE ». Cette tâche durait soit 10 s, soit 20 secondes, soit 30 secondes. La tâche visuo-spatiale est une réplique de la tâche utilisée par Recarte & Nunes (2000). C'est une tâche d'imagerie spatiale, consistant pour le sujet à identifier la forme d'une lettre (fermée ou ouverte) de l'alphabet (considérée écrite en majuscule). Par exemple, « Visualisez la lettre « E » en majuscule et dites « ouvert » ou fermé » suivant la forme qu'elle a ». La réponse attendue ici était « ouvert ». Là encore, la tâche s'étalait de 10 secondes à 30 secondes. Les tâches étaient réalisées 4 fois (dans chacune des 3 conditions de durée proposées) durant le circuit ce qui représente une durée totale en situation de double tâche de 8 minutes.

À l'issue de la réalisation du parcours routier, les sujets étaient confrontés à un test informatisé de reconnaissance incident dans lequel 45 panneaux routiers leur étaient présentés, les 30 présentés durant le parcours et 15 nouveaux panneaux (chacun appartenant à une des 15 catégories de noms communs concrets utilisées sur les panneaux). Les sujets devaient indiquer pour chacun s'il était ancien ou nouveau. C'est-à-dire, si le panneau a été présenté durant le circuit ou s'il n'a pas été présenté.

1.1.3. Procédure.

Chaque sujet réalisera dans un premier temps l'ensemble des tests en laboratoire permettant d'évaluer leurs capacités perceptives visuelles, attentionnelles, mnésiques et intellectuelles. Dans un second temps, il passera l'épreuve sur simulateur. Celle-ci se décompose comme suit : conduite sur un circuit simulé durant 10 minutes, permettant la familiarisation du conducteur au simulateur de conduite. Puis, 5 minutes d'entraînement aux tâches secondaires seules, suivis de 6 minutes de familiarisation à la tâche de conduite avec tâches secondaires. Enfin, 37 minutes sur circuit expérimental. À l'issue du parcours sur le circuit simulé, un test de mémoire incidente était proposé aux conducteurs. Ce test informatisé présentait au total 45 noms communs, dont 15 ont été présentés durant les conditions de conduite seule, 15 ont été présentés durant les conditions de conduite avec tâches secondaires et 15 étaient des panneaux dits nouveaux, c'est-à-dire non présentés durant le parcours routier.

1.1.4. Les mesures retenues.

Nous avons ici en compte les paramètres véhicules de vitesse (ou guidage longitudinal) et de TLC (indice du guidage latéral, retraçant la latence en seconde d'une sortie de route) en situation simple de conduite et en situation de double tâche. Nous avons également pris en compte les performances en termes de bonne réponse et de temps de réponse sur l'épreuve incidente de reconnaissance. Enfin, nous avons enregistré la durée et les points de fixation oculaire ainsi que la dilatation pupillaire du conducteur lors du parcours simulé. En accord avec Recarte et Nunes (2000), nous attendons une augmentation de la dilatation pupillaire en situation de double tâche, signifiant une augmentation de la charge de travail. Nous étudierons également la fréquence et le nombre de fixation oculaire sur les panneaux routiers en lien avec les performances au test de reconnaissance.

2. RESULTATS

2.1. Impact de tâches ajoutées sur la conduite automobile

Une analyse de variance à mesures répétées a été conduite en prenant comme facteur inter groupe l'âge des sujets, comme facteurs intra-sujet la Condition (conduite seule, conduite avec tâche verbale, conduite avec tâche visuo-spatiale) et la Durée des conditions (10 secondes, 20 secondes, 30 secondes). Cette analyse a pris été réalisée sur l'ensemble des paramètres véhicules retenus par notre étude : vitesse moyenne, fréquence de freinage d'urgence et taux de TLC inférieures à 0.6s (correspondant à une latence faible vers une sortie de route).

2.1.1. Impact de tâches ajoutées sur la vitesse moyenne de conduite en fonction de la durée des conditions et de l'âge des conducteurs

L'analyse révèle tout d'abord un effet principal du facteur **condition** ($F(2, 60) = 3.18$, $MSe = 209.68$, $p < 0.05$), avec un contraste quadratique significatif ($F(1, 30) = 11.38$, $p < 0.01$). La vitesse moyenne décroît de la condition de conduite seule (93.02 Km/h) à la condition de conduite avec tâche verbale (89.82 Km/h) pour augmenter à nouveau en condition de conduite avec tâche visuo-spatiale (91.46 Km/h). Enfin, un effet du **groupe d'âge** est observé ($F(2, 30) = 3.94$, $MSe = 1831.02$, $p < 0.05$). Le test de comparaison multiple de Scheffé indique une différence significative entre la vitesse moyenne des conducteurs jeunes ($M = 93$ Km/h) et âgés ($M = 80$ Km/h) et entre la vitesse moyenne des conducteurs médians ($M = 92$ Km/h) et des âgés. Concernant la vitesse, les conducteurs jeunes et médians ne sont pas statistiquement différents. Aucun autre effet simple ou d'interaction entre facteur n'est obtenu.

2.1.2. Impact de tâches ajoutées sur la fréquence de freinage d'urgence (appui sur pédale de frein supérieur à 10%) en fonction de la durée des conditions et de l'âge des conducteurs

L'analyse révèle tout d'abord un effet principal du facteur **condition** ($F(2, 60) = 11.49$, $MSe = 1628.10$, $p < 0.01$), avec un contraste linéaire significatif ($F(1, 30) = 11.95$, $p < 0.01$). Le taux de freinage d'urgence décroît significativement de la condition de conduite seule (16.11%) aux conditions de conduite avec tâches, quelle soit verbale (7.89%) ou visuo-spatiale (7.86%). Enfin, un effet simple de **la durée des conditions** est révélé par l'analyse ($F(2, 60) = 3.16$, $MSe = 235.18$, $p < 0.05$), avec un contraste linéaire marginal ($F(1, 30) = 3.45$, $p < 0.07$). Un accroissement de la fréquence de freinage d'urgence est observé entre les conditions d'une durée de 10 secondes (9.05%) et les conditions d'une durée de 20 secondes (11.30%) et 30 secondes (11.43%). Aucun autre effet simple ou d'interaction entre facteur n'est obtenu.

2.1.3. Impact de tâches ajoutées sur le taux de risque majeur de sortie de route (correspondant à toutes les mesures de TLC ou latence vers un dépassement de la ligne de sortie de route inférieure à 0.6 secondes) en fonction de la durée des conditions et de l'âge des conducteurs

L'analyse révèle tout d'abord un effet principal du facteur **Durée** ($F(2, 60) = 5.98$, $MSe = 384.93$, $p < 0.01$), avec un contraste quadratique significatif ($F(1, 30) = 9.01$, $p < 0.01$). Le taux de TLC inférieures à 0.6 secondes diminue de la condition de conduite seule (19.7%) à la condition de conduite avec tâche verbale (18.3%) pour augmenter à nouveau en condition de conduite avec tâche visuo-spatiale (19.9%). Un effet significatif du **groupe d'âge** est également observé ($F(2, 30) = 7.36$, $MSe = 3807.86$, $p < 0.02$). Le test de comparaison multiple de Scheffé indique une différence significative entre le taux de TLC < 0.6 secondes des conducteurs jeunes ($M = 14.13\%$) et âgés ($M = 28.63\%$). Concernant le taux de TLC < 0.6 secondes, les conducteurs médians ($M = 22.8\%$) ne sont pas statistiquement différents des deux autres groupes. Enfin, un effet d'interaction significatif est observé entre les facteurs **Durée et Groupe d'âge** ($F(4, 60) = 2.95$, $MSe = 190.52$, $p < 0.05$), avec un contraste quadratique ($F(2, 30) = 4.42$, $p < 0.05$) (**Figure 11**). Aucun autre effet simple ou d'interaction entre facteur n'est obtenu.

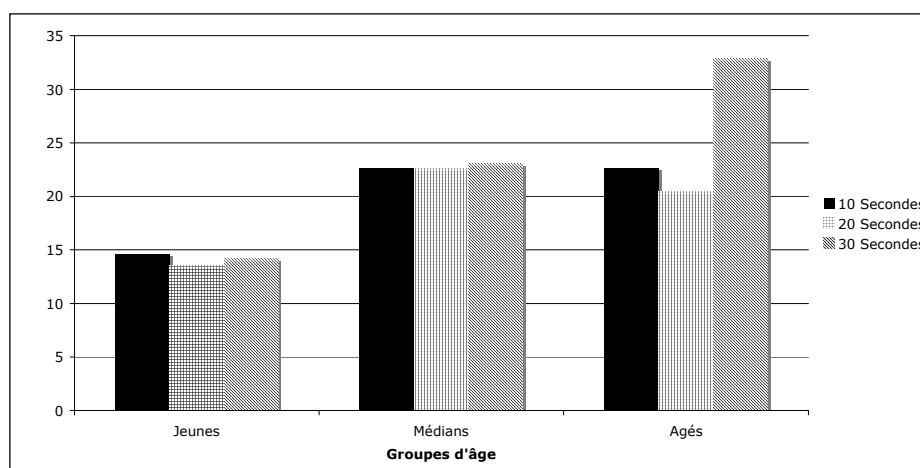


Figure 11: Taux moyen de TLC inférieures à 0.6 secondes (correspondant à une latence critique de sortie de route) en fonction de la durée de conditions et de l'âge des conducteurs.

2.2. Performances à la tâche de reconnaissance

L'analyse des performances des sujets en tâche de reconnaissance se divise en deux parties. Dans un premier temps, nous avons étudié l'impact de l'âge sur le type de réponses données en reconnaissance (bonne reconnaissance, bon rejet). Dans un second temps, nous avons évalué l'impact de la condition de conduite (seule, avec tâches ajoutées) sur les performances de reconnaissance pour nos trois groupes d'âge. Les performances ont été étudiées à partir du nombre moyen de réponse et à partir des temps moyens de réponse.

2.2.1. Etude de l'impact de l'âge sur les performances de reconnaissance

La première analyse de variance à mesures répétées ANOVA porte sur le nombre moyen de bonnes réponses. Elle a pris comme variable inter groupe l'âge des sujets (jeunes, médians, âgés) et comme variable intra-groupe le type de réponse (bonne reconnaissance, bon rejet).

L'analyse révèle un effet principal du facteur **type de réponse** ($F(1, 30) = 11.78$, $MSe = 4171.89$, $p < 0.01$). Le pourcentage de bonnes reconnaissances (46.57 % bonnes reconnaissances sur 15 panneaux présentés) s'avère significativement plus important que le pourcentage de bons rejets (21.48 % sur 15). Le **facteur groupe d'Age** s'avère également significatif ($F(1, 30) = 4.99$, $MSe = 54080.48$, $p < 0.01$). Le test de comparaison multiple de Scheffé indique une différence significative du pourcentage de bonnes réponses entre les conducteurs médians ($M = 25.8\%$) et âgés ($M = 46.8\%$). Les conducteurs jeunes ayant un taux de bonnes réponses non significativement différent des deux autres groupes ($M = 39.7\%$). Il est à noter que les résultats de ce test de reconnaissance sur les panneaux présentés lors de la conduite sur circuit sont extrêmement faibles, ne dépassant pas le niveau de la chance, quelque soit le groupe d'âge étudié. L'objectif de cette étude était de répliquer le protocole expérimental de Strayer, Franck, Drews et Johnston (2003) dans lequel, les sujets devaient conduire sur un circuit simulé tout en réalisant des tâches annexes. Sur le circuit, un certain nombre de panneaux étaient présentés. Aucune consigne concernant ces panneaux n'était donnée aux conducteurs d'après la présentation faite par Strayer et ses collaborateurs dans leur article. Nous avons donc respecté ce caractère incident de la mémorisation des panneaux de la route. Or, d'après les résultats de la reconnaissance et suite au débriefing de l'expérience avec chaque sujet, il semble que les conducteurs n'aient prêté que peu d'attention aux panneaux durant la tâche de conduite. Ceci expliquerait le faible taux de reconnaissance de nos sujets. Ce taux de bonnes réponses est cependant comparable aux résultats obtenus par Strayer et ses collaborateurs en 2003. Les auteurs ont ainsi montré que le nombre moyen de panneaux correctement reconnus était d'environ 30%.

Enfin, l'interaction entre type de réponse et Age est non significative ($F(2, 30) = 1.52$, NS). Cette première analyse met en évidence le fait que les sujets tendent à mieux reconnaître comme vu des items présentés qu'à rejeter des items non présentés. Au regard des résultats portant sur l'effet de l'âge sur les performances de reconnaissance, il est intéressant de noter que les sujets les plus âgés de notre étude ont de meilleures performances que les sujets médians. Cet élément critique, allant à l'encontre de nos attentes concernant l'effet du vieillissement sur la mémorisation, sont sans doute lié à un biais de recrutement de nos sujets et au faible nombre de sujets âgés ayant participé à l'ensemble de cette étude. En effet, parmi l'ensemble des personnes âgées contactées pour cette étude, seul un petit nombre a pu effectivement participer au protocole sans subir le mal du simulateur. Il est probable que les personnes âgées recrutées ne soient pas représentatives de la population vieillissante. Ceci expliquerait en partie l'amélioration des performances au test de reconnaissance entre les conducteurs d'âge médian et âgés. Cependant, l'analyse des paramètres véhicule a mis en avant une dégradation importante de la vitesse moyenne de conduite pour le groupe de sujets âgés (passant de 92km/h pour le groupe médian à 80 Km/h pour le groupe de sujets âgés). Or, les travaux portant sur l'effet du vieillissement sur l'attention divisée ont mis en évidence un déclin général des ressources de traitement sans dégradation du partage attentionnel (Lemercier, Ansiau, El Massioui, & Marquié, 2003). Dans une étude

portant sur l'utilisation en conduite de téléphone main libre, Strayer et Drews (2004) ont ainsi montré que les sujets âgés conduisent moins vite que les conducteurs plus jeunes. Cependant, l'effet de la conversation téléphonique est la même quelque soit l'âge des conducteurs.

Une seconde analyse de variance à mesures répétées ANOVA a été réalisée sur le temps moyen de bonnes réponses au test de reconnaissance. Elle a pris comme variable inter groupe l'âge des sujets (jeunes, médian, âgés) et comme variable intra groupe le type de réponse (bonne reconnaissance, bon rejet). L'analyse révèle uniquement un effet principal du **type de réponse** ($F(1, 18) = 8.62$, $MSe = 1255807.29$, $p < 0.01$). Le temps moyen de bonne reconnaissance (1290.00 ms.) s'avère significativement plus rapide que le temps moyen de bon rejet (1778.09 ms).

En résumé, on observe que les sujets jeunes et âgés obtiennent de meilleures performances de reconnaissance que le groupe médian. Ce résultat peut être expliqué soit par un biais de recrutement des sujets âgés, soit encore par un mécanisme de compensation chez les conducteurs âgés : L'abaissement de leur vitesse moyenne, leur permettrait de mener à bien l'ensemble des tâches à réaliser en conduite. Les conducteurs médians, âgés de 40 à 55 ans, quant à eux, ne mettraient pas en place de type de stratégie, privilégiant à la qualité de leur conduite la performance moyenne de conduite. En d'autres termes, les sujets médians de notre étude auraient une tendance à maintenir leur vitesse moyenne entraînant une réduction de leur attention aux phénomènes environnants. Enfin, les temps de bonne reconnaissance sont significativement plus rapides que les temps de bon rejet.

2.2.2. Etude de l'impact des tâches ajoutées sur les performances de reconnaissance :

Une première analyse de variance à mesures répétées ANOVA porte sur le nombre moyen de bonnes reconnaissances. Elle a pris comme variable inter groupe l'âge des sujets (jeunes, médian, âgés) et comme variable intra-groupe la condition expérimentale (conduite seule, conduite avec tâches). L'analyse révèle tout d'abord un effet principal du facteur **Condition** ($F(1, 30) = 4.14$, $MSe = 1685.83$, $p < 0.05$). Le pourcentage moyen de bonnes reconnaissances est supérieure pour les panneaux présentés en condition de conduite seule (55.67% ; 8.3/15 panneaux) que pour les panneaux présentés en condition de conduite avec tâches (40.18% ; 6.01/15 panneaux). Enfin, un effet principal du facteur **groupe d'âge** est obtenu ($F(2, 30) = 148.08$, $MSe = 83321.37$, $p < 0.01$). Le test de comparaison multiple de Scheffé indique une baisse significative du pourcentage de bonnes réponses entre les conducteurs jeunes ($M = 53.3\%$) et médians ($M = 35.80\%$). Les conducteurs âgés ayant un taux de bonnes réponses ($M = 47.33\%$) non significativement différent des conducteurs médians et jeunes. L'interaction entre groupe d'Age et Condition se révèle non significative ($F(2, 30) < 1$). Enfin, une seconde analyse de variance à mesures répétées ANOVA a été réalisée sur les temps moyens de réponse des sujets jeunes, médians et âgés suivant la condition expérimentale. Aucun effet principal des facteurs et d'interaction n'est significatif.

L'analyse des performances sur la tâche de reconnaissance incidente des panneaux de la route montre, en accord avec Strayer et collaborateurs (2003) une dégradation du pourcentage de reconnaissance entre la condition de conduite seule et la condition de conduite avec tâches. D'après Strayer, la dégradation des performances de reconnaissance serait la conséquence d'un déficit du contrôle attentionnel sur l'environnement routier durant la phase de conduite avec tâches ajoutées. Afin de

valider cette hypothèse, il est important d'analyser les données oculométriques enregistrées durant la tâche de conduite simulée.

2.3. Influence des tâches ajoutées sur les paramètres oculomoteurs

Les paramètres oculomoteurs retenus pour cette analyse sont : le nombre moyen de fixations sur les panneaux de la route, la durée moyenne de ces fixations (en millisecondes) et le diamètre pupillaire. Avant d'en venir à la présentation des résultats de cette analyse, il est à noter que les sujets jeunes et médians ont en moyenne fixés significativement plus de panneaux (15.2 panneaux en moyenne) que les conducteurs âgés (7.33 panneaux en moyenne) ($F(2, 30) = 4.33$, $MSe = 85.69$, $p < 0.05$). Rappelons qu'aucune consigne n'était donnée aux sujets concernant les panneaux durant la tâche de conduite, ce qui explique le nombre important de panneaux non fixés par les sujets.

L'ensemble des analyses portant sur les paramètres oculométriques ont pris comme variable inter groupe l'âge des sujets (jeunes, médians, âgés) et comme variable intra-sujet la condition de conduite (conduite seule, conduite avec tâche ajoutée).

2.3.1. Analyse du nombre moyen des fixations oculaires sur les panneaux

La première analyse porte sur l'impact de la condition de conduite et de l'âge sur le nombre moyen des fixations oculaires sur les panneaux. Un effet principal de la variable **Condition** est tout d'abord observé ($F(1, 30) = 4.78$, $MSe = 162.21$, $p < 0.05$). Le nombre moyen de fixation des panneaux est significativement plus important en condition de conduite avec tâche ajoutée ($M = 7.06$) qu'en condition de conduite seule ($M = 5.76$). En d'autres termes, en situation de conduite avec tâche ajoutée les conducteurs fixent plus souvent les panneaux qu'en condition de conduite seule. De plus, l'effet principal du facteur **Groupe** ($F(2, 30) = 9.55$, $MSe = 188.28$, $p < 0.01$), met en évidence une augmentation du nombre des fixations sur les panneaux avec l'âge. Le test de comparaison multiple de Scheffé indique une augmentation significative de la fréquence des fixations sur les panneaux entre les conducteurs médians ($M = 6.08$) et âgés ($M = 13.86$). Les conducteurs médian ayant un nombre moyen de fixation des panneaux équivalent à celui des conducteurs jeunes ($M = 5.25$). L'effet d'interaction entre Groupe et Condition se révèle non significatif ($F(2, 30) = 2.72$, NS).

2.3.2. Analyse de la durée moyenne des fixations oculaires sur les panneaux

La seconde analyse portant sur l'effet des tâches ajoutées sur la durée moyenne des fixations oculaires sur les panneaux présentés sur le circuit ne montre aucun effet simple ou d'interaction entre les variables étudiées. En d'autres termes, le temps de fixation des panneaux est équivalent quelque soit la condition de conduite et l'âge des conducteurs.

Analyse de la dilatation pupillaire lors de la fixation des panneaux sur le circuit :

La dernière analyse porte sur l'impact de la condition de conduite et de l'âge sur la dilatation pupillaire lors de la fixation des panneaux présentés sur le circuit. Tout d'abord, l'effet du **groupe d'âge** se révèle significatif ($F(2, 30) = 5.92$, $MSe = 852.13$, $p < 0.01$). Le diamètre pupillaire de nos conducteurs jeunes ($M = 50.94$) est significativement plus grand que celui des conducteurs médians ($M = 40.61$) et âgés ($M = 41.45$). Enfin, un effet principal de la variable **Condition** est tout d'abord observé ($F(1, 30) = 15.72$, $MSe = 50.16$, $p < 0.01$). En situation de conduite avec tâche ajoutée

on observe une augmentation de la dilatation pupillaire des conducteurs ($M = 46.77$) par rapport à la condition de conduite seule ($M = 44.01$). Le diamètre pupillaire est une mesure reconnue de la charge de travail. L'augmentation de la dilatation pupillaire serait un indicateur de l'augmentation de la charge mentale du sujet. Dans notre étude, cette augmentation de la dilatation pupillaire est observée dans la condition de tâche double, le sujet devant répondre à des tâches ajoutées tout en conduisant son véhicule.

3. DISCUSSION

Cette seconde étude avait pour objet premier de tester **l'hypothèse d'un effet de cécité inattentionnel du conducteur en situation de conduite avec tâche ajoutée**. Pour cela, nous avons étudié l'impact des tâches ajoutées sur les performances des sujets à un test de reconnaissance et nous avons également mesuré la fréquence et la durée de fixation des panneaux de la route, ainsi que les mesures de dilatation pupillaire lors de ces fixations. L'analyse de nos résultats est en accord avec les travaux de Strayer et Col (2003). On observe tout d'abord une forte diminution du pourcentage de bonne reconnaissance des panneaux lorsque ceux-ci étaient présentés en phase de conduite avec tâche ajoutée. De plus, l'analyse des données oculométriques nous révèle qu'en situation de conduite avec tâche ajoutée, la fréquence moyenne de fixation oculaire des panneaux est supérieure à la condition de conduite seule, de plus la durée de fixation des panneaux reste stable entre la condition de conduite seule et la condition de conduite avec tâche ajoutée. En résumé, on observe une diminution significative du pourcentage de bonne reconnaissance des panneaux en condition de conduite avec tâche alors que les conducteurs ont significativement plus souvent regardé les panneaux dans cette condition et aussi longtemps qu'en condition de conduite seule. Ceci nous permet d'affirmer qu'en condition de conduite avec tâche ajoutée, un effet de cécité inattentionnelle est obtenu. Le conducteur étant attentif à la tâche secondaire, il montre alors un déficit du traitement de l'information présentée sur la scène routière. Ceci est confirmé par l'augmentation de la dilatation pupillaire en condition de conduite avec tâche ajoutée. En effet, l'augmentation de la dilatation pupillaire est un indicateur de l'augmentation de la charge mentale du sujet.

Concernant l'hypothèse d'un impact plus grand de la tâche visuo-spatiale versus verbale sur la charge cognitive dévolue à la conduite automobile, nous avons procédé à l'analyse des paramètres véhicules suivant la condition de conduite à laquelle le conducteur était confrontée (conduite sans tâche ajoutée, avec tâche verbale, avec tâche visuo-spatiale). Comme dans l'expérience 1, on observe une modification des paramètres véhicules suivant la condition de conduite. La durée des tâches secondaires n'excédant pas 30 secondes, nous n'observons pas de variation de la vitesse en condition de conduite avec tâche visuo-spatiale, par contre, une diminution de la vitesse est observée en condition de conduite avec tâche verbale. Une diminution de la fréquence d'appui sur la pédale de frein est observée pour les deux conditions avec tâche ajoutée. Enfin, l'analyse du paramètre TLC ne révèle aucun effet significatif de la condition de conduite.


Concernant enfin **l'hypothèse d'un effet de l'âge sur le comportement général de conduite**, nous répliquons les résultats déjà mis en évidence dans l'expérience 1. Les conducteurs âgés tendent à réduire leur performance générale de conduite, leur permettant de mener à bien, tout comme les sujets plus jeunes, les tâches ajoutées. Ainsi, ils conduisent moins vite que les conducteurs plus jeunes, et montrent une nouvelle fois une altération du contrôle latéral de leur véhicule significativement plus important lorsque la durée de la tâche interférente dure 30 secondes.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Pourcentage de bonnes réponses à la PIT en fonction de la condition et de la durée. CS = conduite seule, Verbale = conduite avec tâche verbale, Visuo-spatiale = conduite avec tâche visuo-spatiale.	15
Figure 2 : Effet relatif du type de tâche (verbale versus visuo-spatiale) sur le taux de réussite à la PIT en fonction de l'âge des sujets et de la durée des conditions. Le calcul de l'effet relatif de chaque tâche a été réalisé en soustrayant le pourcentage de bonne identification en condition de tâche ajoutée à celui obtenu en condition de conduite sans tâche ajoutée. Les valeurs positives sont à interpréter comme une augmentation du pourcentage de bonne réponse, les valeurs négatives sont à considérer comme une baisse du pourcentage de bonne réponse.	16
Figure 3 : Estimations subjectives des durées (en secondes) en fonction de la durée objective et du groupe d'âge.	18
Figure 4 : Estimations subjectives des durées (en secondes) en fonction de la durée objective et de la tâche (verbale vs visuo-spatiale).....	18
Figure 5 : TLC proportionnel en fonction de la Condition (sans tâche ajoutée, avec tâche verbale, avec tâche visuo-spatiale) et de la Durée (30 sec., 60 sec., 90 sec.).....	20
Figure 6 : Effet du groupe d'âge de la condition et de la durée des conditions sur le taux moyen de TLC critique (TLC < 0.6 sec).	21
Figure 7 : Vitesse moyenne en fonction de la Condition et de la Durée.	22
Figure 8 : Impact de l'âge et de la durée des conditions sur le taux d'appui sur la pédale de frein.	23
Figure 9 : Taux d'appui sur la pédale de frein en fonction de la Condition et de la Durée.....	23
Figure 10 : effet de la Condition (conduite sans tâche ajoutée, avec tâche verbale, avec tâche visuo-spatiale) et de la durée des conditions (30 sec., 60 sec., 90 sec.) sur le taux de freinage d'urgence (appui sur la pédale de frein supérieur à 10% de son amplitude totale).....	24
Figure 11: Taux moyen de TLC inférieures à 0.6 secondes (correspondant à une latence critique de sortie de route) en fonction de la durée de conditions et de l'âge des conducteurs.	30

BIBLIOGRAPHIE

- Broadbent, D. E. (1958) Perception and communication. Oxford: Oxford University Press.
- Cain, A., (1999). Investigation of the use of mobile phones while driving. Report for the center for urban transportation research, April 1999. Trouvé sur le web le 8 décembre 2003 : <http://courses.usd.edu/psyc707001/docs/mobile-phone/>
- Evrard, M. (2001). L'accès lexical aux noms de personnes et d'objets en dénomination orale, In Cognito, 19, 23-30.
- Kahneman, D. (1973). Attention and Effort. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Lemercier, C., Ansiau, D., El Massioui, F., Marquié, J.-C. (2003). Vieillesse et attention. Psychologie Française, 48-1, 89-101.
- Navon, D., & Gopher, D. (1979). On the economy of the human processing systems. Psychological Review, 86, 254-255.
- Neisser, U., & Becklen, R. (1975). Selective looking: Attending to visually significant events. Cognitive Psychology, 7, 480-494.
- Nunes, L., & Recarte, M. A. (2002). Cognitive demands of hands-free-phone conversation while driving. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 5(2), 133-144.
- Recarte, M. A., & Nunes, L. (2000). Effects of Verbal and Spatial—Imagery Tasks on Eye Fixations While Driving. Journal of Experimental Psychology: Applied, Vol. 6, No.1, pp. 31-43.
- Rumar, K. (1990). The basic driver error: late detection. Ergonomics, 33, 1281-1290.
- Salthouse, T. A. (2000). Aging and measures of processing speed. Biological Psychology, 54, 35-54.
- Schieber, F., & Harms, M. L. (1998). Subsidiary-task assessment of age differences in attentional capacity during real and simulated driving. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, pp. 1262-1265.
- Shinar, D. (1978). Psychology on the Road. New York: Wiley.
- Simons, D. J. (2000). Attentional capture and inattention blindness. Current Trends in Cognitive Sciences, 4, 147-155.
- Strayer, D. L., & Drews, F. A. (2003). Effects of Cell Phone Conversations on Younger and Older Drivers. In the Proceedings of the 47th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society (pp. 1860-1864).
- Strayer, D. L., Drews, F. A., & Johnston, W. A. (2003). Cell phone-induced failures of visual attention during simulated driving. Journal of Experimental Psychology: Applied, 9(1), 23-32
- Verwey, W. B., & Veltman, H. A. Detecting short periods of elevated workload: A comparison of nine workload assessment techniques. Journal of Experimental Psychology: Applied, 2(3), 270-285, 1996
- Wickens, C. D. (1984). Psychology and Human Performance. Merrill.




ministère
jeunesse
éducation
recherche

ministère délégué
recherche et nouvelles
technologies

Interférence et conduite automobile

C. Lemerrier, F. Papin, & JM Cellier

Laboratoire Travail et Cognition, Toulouse



PREDIT

Introduction

L'intégration dans l'habitacle automobile de STIC de confort (téléphone, radio) et leur utilisation en conduite entraînent des dégradations de l'activité de conduite, marquées par une augmentation du délai de réponse aux événements de la scène routière.

Deux explications à cette dégradation sont avancées :

- La réalisation de deux tâches concurrentielles (conduite + tâche annexe) conduit à une surcharge mentale (Wickens, 1984) (Expérience 1, présentée ci-après).
- La réalisation d'une tâche annexe tout en conduisant produit un aveuglement inattentionnel du conducteur de la scène routière (Strayer et al., 2001). En d'autres termes, alors que le conducteur a les yeux rivés sur la scène routière, son attention est orientée sur la tâche annexe (Expérience 2; en cours d'élaboration).

L'objectif premier de notre projet de recherche est donc l'étude de ces deux hypothèses attentionnelles de la dégradation de l'activité de conduite lors de la réalisation concomitante de tâches secondaires.

Les études menées sur le vieillissement cognitif mettent en avant à la fois une dégradation du contrôle attentionnel et une limitation des ressources attentionnelles avec l'âge (Lemerrier et al., 2003). Par ailleurs, la proportion de conducteurs âgés ne cesse d'augmenter depuis ces dernières années. Il est donc nécessaire d'étudier plus avant les répercussions de tels déficits attentionnels sur l'activité de conduite chez les conducteurs âgés. Le second objectif de notre étude est donc l'évaluation de l'influence de l'âge sur l'interférence provoquée par la réalisation de tâches annexes en conduite.

Expérience 1 : Étude de la charge mentale liée à l'interférence de tâches secondaires sur l'activité de conduite

Méthodologie

Sujets : 96 conducteurs (48 hommes /48 femmes) répartis en 3 groupes d'âges (25-35; 45-55; 65-75 ans).

- Kilométrage annuel ≥ 10000 km; expérience de conduite ≥ 5 ans.
- Tests cliniques : visite médicale incluant une mesure des capacités perceptives visuelles (ergovision) et auditives.
- Tests cognitifs : WAIS-3; WMS; items du T.E.A; Test du Stroop; Test de MDT (Turner & Engel); Stop signal Test.
- Tests de personnalité : échelle d'anxiété (Cattell); inventaire de l'estime de soi (Cooper-Smith).

Simulateur : La conduite a lieu sur un circuit de type périphérique durant 48 minutes. La vitesse moyenne est de 90km/h (comprise entre 80 et 120 km/h). Le sujet est installé dans une Renault 19 face à un écran de projection sur lequel défile la scène routière. La boîte de vitesse est de type automatique (le conducteur ne manipule que l'accélérateur, le frein et le volant). Le véhicule est équipé de caméra permettant l'enregistrement vidéo du conducteur.





Image extraite de la simulation



Photographie de l'équipement à l'intérieur du véhicule

- La caméra
- Les diodes
- Un bouton-réponse

Tâche de mesure de la charge mentale : Une tâche d'identification périphérique de led est réalisée par les conducteurs. Sur la console centrale du véhicule des leds s'allument durant 2 secondes et ce, toutes les 10 secondes en moyenne (de 5 à 15 sec). Deux leds différentes sont présentées : une led rouge et une led bleue. Deux boutons placés sur le volant permettent aux sujets de donner leur réponse. Deux boutons réponse sont positionnés sur le volant.

Tâches annexes : Les tâches sélectionnées mettent en jeu des processus impliqués dans l'utilisation de deux types de STIC de confort: une **tâche verbale** impliquant la boucle phonologique (impliquée par hypothèse dans la conversation téléphonique) et une **tâche d'imagerie visuo-spatiale** impliquant le calepin visuo-spatial (impliquée par hypothèse dans le suivi des instructions d'un navigateur type GPS).

Les tâches sont présentées auditivement via des baffles installées dans l'habitacle automobile, et les réponses verbales des sujets sont enregistrées à l'aide d'un casque microphone placé sur la tête du conducteur. En accord avec Verwey et Veltman (1996), la durée de chacune de tâches annexes varie de 30 à 90 secondes.

Exemple d'une tâche verbale (30 secondes)

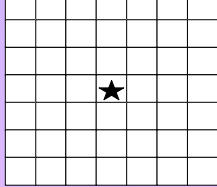
Items verbaux:

- « La liberté est une valeur importante »
- « Le patrimoine donne de la satisfaction »
- « La volonté permet de faire des prouesses »

Question :

« Qu'est-ce que le patrimoine donne ? »

Réponse du sujet : « De la satisfaction. »



Matrice mémorisée par le sujet durant la phase d'entraînement à la tâche

Exemple d'une tâche visuo-spatiale (30 secondes)

Items visuo-spatiaux:

- « Dans la case comportant l'étoile mettez le chiffre 1. »
- « Dans la case juste en dessous mettez un 2. »
- « Dans la case juste en dessous mettez un 3. »
- « Dans la case juste à droite mettez un 4. »

Question :

« Quelle est la localisation du chiffre 4 par rapport au chiffre 1? »

Réponse du sujet : « En bas à droite. »


Procédure :
Chaque sujet est tout d'abord convié à passer l'ensemble des tests cliniques, cognitifs et de personnalité avant de passer l'expérience sur simulateur.

Epreuves sur simulateur:


- Familiarisation avec la conduite simulée : 30 minutes durant lesquelles les sujets devront respecter des instructions de conduite leur permettant d'appréhender les capacités du véhicules (frein, accélération, sensibilité du volant).
- Familiarisation à la tâche d'identification périphérique (tâche secondaire) durant la conduite : 20 minutes.
- Familiarisation aux tâches annexes : 10 minutes en laboratoire.
- Entraînement tâches annexes + conduite + Tâche secondaire : 16 minutes.
- Expérience : 48 minutes sur circuit. L'expérience alterne des périodes de conduite avec tâche secondaire uniquement et des périodes d'égale durée (30s; 60s et 90s) de conduite avec tâche secondaire et tâches annexes ,permettant une comparaison terme à terme des performances générales des sujets en situation d'interférence versus en situation « neutre ».

Mesures retenues :


- Données relatives au contrôle du véhicule : la vitesse, l'appui sur le frein, l'appui sur l'accélérateur et la rotation du volant.
- Données relatives aux tâche secondaire (d'identification périphérique) : temps de réaction et nombre de bonnes réponses.
- Données subjectives de la charge mentale.
- Données relatives aux tâches annexes : nombre de bonnes réponses, de non réponses et temps de bonne réponse.




LAB
ACCENTRÉ SUR LA RECHERCHE ET LE COMMERCE ÉTRANGER



PSA PEUGEOT CITROËN



RENAULT



CARS

