

SEPIA : SÉcurité du PIéton Âgé

Méthodologie d'étude

**du lien entre déclin cognitif, perceptif et moteur liés au vieillissement
et le comportement de traversée de rue avec trafic à double sens**

Livrable intermédiaire D.3.1

Convention INRETS/Fondation Sécurité Routière

Juillet 2010

Coordinateur responsable du projet : Viola Cavallo (INRETS - LPC)

Contribution :

Sabine Langevin, INRETS - LPC

Aurélie Dommès, INRETS - LPC

Viola Cavallo, INRETS - LPC

Fabrice Vienne, INRETS - LEPSIS

Jennie Oxley, Monash University Accident Research Centre

L'équipe du LEPSIS contribue à la réalisation de cette étude pour tout ce qui concerne la simulation entièrement nouvelle de la traversée de rue à double sens.

SOMMAIRE

Résumé.....	4
1. Contexte	5
2. Cadre théorique.....	5
2.1. Les comportements de traversée de rue des piétons âgés.....	5
2.2. Les principales causes des difficultés rencontrées par les piétons âgés.....	7
2.3. Lien entre déficits fonctionnels et comportements de traversée de rue des personnes âgées	8
3. Objectifs de la recherche	9
4. Méthode.....	9
4.1. Participants	9
4.2. Matériel	10
4.2.1. Simulateur de traversée de rue.....	10
4.2.2. Batterie de tests	12
4.2.2.1. Evaluation des capacités cognitives	13
4.2.2.2. Evaluation des capacités perceptives	15
4.2.2.3. Evaluation des capacités motrices	16
4.2.2.4. Questionnaires.....	17
4.3. Procédure expérimentale	18
5. Analyse des résultats	21
6. Conclusion.....	22
7. Références bibliographiques.....	23

Résumé

Le présent rapport fait état de l'avancement des travaux réalisés dans le cadre du projet SEPIA (*Sécurité du Piéton Âgé*), un des cinq projets du programme de recherche PISTES – *PiétonS et comportement de Traversée de rueS* – soutenu par la Fondation Sécurité Routière et porté par un consortium de 20 partenaires. Ce rapport décrit les méthodes expérimentales mises en jeu lors de la première étape du projet SEPIA, portant sur l'étude du lien entre le déclin associé à l'âge des capacités motrices, perceptives et cognitives et les comportements à risque de traversée de rue.

Cette étude prolonge les travaux antérieurs menés par notre équipe depuis plusieurs années sur la sécurité du piéton âgé (Lobjois & Cavallo, 2007, 2009) en explorant un nouveau facteur, celui de la complexité du trafic. Alors que les travaux antérieurs se limitaient à la situation de trafic à sens unique, la présente expérimentation s'intéresse à la traversée de rue à double sens de circulation. Une étude expérimentale a été réalisée auprès de trois groupes de participants répartis selon trois classes d'âge (jeunes / âgés / très âgés). Nous avons utilisé un tout nouveau dispositif de simulation de traversée de rue qui permet la visualisation de trafic dans les deux directions. De plus, une batterie de tests moteurs, perceptifs et cognitifs a été mise en place afin d'évaluer l'efficacité de diverses capacités et fonctionnalités. Le rapport indique également les procédures de traitement des données et les analyses statistiques (corrélations et modèles de régression) qui seront réalisées afin d'examiner le lien entre le déclin moteur, perceptif et cognitif associé au vieillissement normal et les comportements de traversée de rue à double sens de circulation.

1. Contexte

Le mode de transport privilégié des âgés correspond le plus souvent à des déplacements à pieds dont la part est susceptible d'augmenter encore dans les années à venir, compte tenu du vieillissement de la population et l'évolution des modalités de déplacement. Les statistiques d'accidentologie révèlent cependant que cette population est particulièrement vulnérable et surreprésentée dans les accidents de traversée de rue (cf. 2.1.).

Au regard de ces enjeux, on est surpris de constater que peu de recherches se sont intéressées aux comportements des piétons âgés lors de la traversée de rue. Si nous disposons aujourd'hui d'un bon nombre de travaux sur le piéton enfant, sur le conducteur âgé ainsi que sur le vieillissement en général, le comportement du piéton âgé a été étudié principalement par l'équipe de Jennie Oxley (Monash University, Melbourne) ainsi que par l'équipe de l'Inrets-LPC. Les difficultés méthodologiques ne sont pas étrangères à cet état de fait. Ce sont essentiellement les progrès de la simulation de la situation de traversée qui permettent aujourd'hui l'avancée décisive de nos connaissances et de leurs applications.

Dès lors, concevoir et évaluer les moyens d'améliorer la sécurité de la traversée de rue des piétons âgés est non seulement un objectif essentiel, mais devient tout à fait réalisable. Le projet de recherche SEPIA s'inscrit précisément dans cette perspective, en proposant de mettre en place et d'évaluer l'efficacité respective de diverses méthodes d'entraînement afin de sécuriser la traversée de rue des piétons âgés. Or, le développement de méthodes d'entraînement nécessite au préalable d'approfondir nos connaissances sur l'origine des comportements à risque. La première étape du projet est ainsi destinée à l'étude du lien entre les déficits cognitifs, perceptifs et moteurs liés à l'âge et les comportements risqués de traversée de rue. La seconde étape sera consacrée aux méthodes d'entraînement des piétons âgés à risque.

SEPIA fait suite aux travaux de notre équipe menés depuis plusieurs années sur la sécurité du piéton âgé (Lobjois & Cavallo, 2007, 2009). Plus précisément, la présente étude prolonge les travaux antérieurs en explorant un nouveau facteur, celui de la complexité du trafic. Alors que les travaux précédents se limitaient à la situation de trafic à sens unique, la présente expérimentation s'intéresse à la traversée de rue à double sens de circulation, particulièrement complexe et accidentogène pour les seniors.

2. Cadre théorique

2.1. Les comportements de traversée de rue des piétons âgés

Les données statistiques de l'Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière (ONISR) de 2006 révèlent que les accidents impliquant des piétons correspondent à 17% du total des accidents routiers en France. Selon la même source, les piétons représentent 11.4% des tués, correspondant actuellement à environ 550 victimes par an. Et environ 13.500 piétons par an sont blessés dans ces accidents.

En ce qui concerne les circonstances de la survenue de ces accidents en France, 70% des piétons tués le sont en milieu urbain. Dans les grandes villes, les piétons tués représentent même un

tiers des victimes sur route. 83% des accidents mortels de piétons se produisent en dehors des intersections, et plus d'un piéton sur trois (37%) est tué sur un passage pour piétons. La grande majorité des accidents mortels se produisent en condition de jour (68%) et lors de la traversée de la chaussée (64%). Si les enfants représentent 8% des piétons tués, la population âgée est aussi particulièrement vulnérable. En effet, plus de la moitié (51%) des piétons tués sont des personnes âgées de plus de 65 ans. Des chiffres comparables sont constatés dans la plupart des pays développés comme par exemple dans les autres pays d'Europe (commission of the European Communities – CEC, 2000), aux Etats-Unis (National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA, 2001), ou encore en Australie (Australian transport Safety Bureau, 2002). Dès lors les accidents des piétons âgés représentent un important enjeu pour la sécurité routière.

Les travaux d'observation et d'expérimentation de Oxley et collaborateurs (1997, 2005) ainsi que les travaux expérimentaux de notre équipe (Lobjois & Cavallo, 2007, 2009) montrent un effet, plus ou moins marqué selon les études, de l'avancée en âge sur les comportements de traversée de rue. On retient une prise de décision plus lente avec l'âge, les piétons âgés étant plus longs que les piétons jeunes pour émettre la décision de traverser la rue. On note également un ralentissement du temps d'initiation de la traversée avec l'âge (Oxley et al., 1997) : dans des voies à double sens, les piétons jeunes initient leurs traversées lorsque le premier véhicule passe à leur hauteur (-0,05 sec. en référence à l'arrière du véhicule), alors que les piétons âgés la débutent après (+0,87 sec.). On observe par ailleurs un ralentissement de la vitesse de marche avec l'âge qui s'élève dans les travaux de notre équipe à 12 % pour la marche normale et à 16% pour la marche la plus rapide possible entre des piétons âgés (60-80 ans) et plus jeunes (20-30 ans). Oxley et al. (2005) observent des résultats comparables pour les piétons âgés de 60-69 ans, mais constatent un doublement du temps de traversée pour les piétons âgés de plus de 75 ans comparés aux piétons plus jeunes (30-45 ans). Pour compenser l'augmentation de leur temps de traversée, les piétons âgés sélectionnent des fenêtres temporelles plus larges que les piétons jeunes (Lobjois & Cavallo, 2007, 2009 ; Oxley et al., 2005), ce besoin de créneaux plus importants diminuant alors les occasions de traverser pour les piétons âgés. Par ailleurs, les travaux d'Oxley et al. (2005) et nos expérimentations montrent des marges de sécurité parfois très insuffisantes chez les piétons âgés de plus de 60 ans. La diminution des marges de sécurité avec l'âge étant d'autant plus dangereuse que les populations de piétons jeunes et âgés ne sont pas exposées au même risque. En effet, les âgés ont besoin de marges de sécurité plus importantes (Harrell, 1991 ; Harruff et al., 1998) pour compenser leurs moindres capacités à sortir de situations périlleuses, comme par exemple en cas de trébuchement ou d'événement inattendu.

Un autre point qui ressort de ces études concerne l'augmentation drastique des comportements à risque des piétons âgés qui décident souvent de traverser pour des intervalles plus courts que leur temps de traversée lorsque la vitesse du véhicule à l'approche est élevée (Lobjois & Cavallo, 2007, 2009 ; Oxley et al., 2005). On retient également plus d'opportunités manquées avec l'âge lorsque la vitesse du véhicule approchant est lente. Alors que la taille des fenêtres temporelles sélectionnées par les piétons jeunes est indépendante de la vitesse des véhicules à l'approche, les travaux des deux équipes indiquent un effet de la vitesse sur les décisions des âgés (Lobjois & Cavallo, 2007, 2009;

Oxley et al., 1997, 2005) : pour un temps inter-véhiculaire identique, les piétons âgés tendent à traverser plus souvent pour des vitesses élevées que pour des vitesses plus faibles.

Le dernier point concerne le facteur **complexité** du trafic. Plusieurs travaux révèlent ainsi que les piétons âgés prennent plus de décisions risquées que les jeunes dans des situations de trafic complexe telles des voies à double sens (Oxley et al., 1997). Les âgés auraient des difficultés particulières à gérer la seconde partie de la traversée. L'analyse de Fontaine et Gourlet (1997) indique que les piétons âgés sont plus souvent heurtés par le véhicule en milieu et en fin de traversée (alors que les enfants le sont en début et milieu de traversée). Oxley et al. (1997) constatent que les âgés sont plus impliqués que les jeunes dans des collisions se produisant du côté éloigné de la chaussée, indiquant un manque de prise en compte du trafic dans la seconde voie.

2.2. Les principales causes des difficultés rencontrées par les piétons âgés

Le **déclin moteur** associé à l'avancée en âge (cf. Birren, Woods, & Williams, 1980 ; Ward, 2006) est susceptible de jouer un rôle essentiel dans les difficultés rencontrées par les piétons âgés. Le piéton devant coordonner ses mouvements avec les informations qu'il perçoit, les capacités à ajuster la cadence de marche et à exécuter rapidement des actions en cas d'urgence revêtent de fait un caractère essentiel à la sécurité de la traversée. Or, avec l'âge, la vitesse de mouvement ralentit ; on relève ainsi une réduction de 17 à 20 % de la vitesse de marche et de la longueur du pas. La force, l'agilité et l'endurance diminuent, parallèlement à une dégénération cardio-vasculaire et un affaiblissement neuromusculaire. L'affaiblissement des mécanismes de contrôle de l'équilibre et le déclin des réflexes posturaux diminuent la mobilité de la personne âgée et augmentent dès lors le risque de chute. Enfin, les problèmes d'arthrose sont susceptibles de réduire la souplesse articulaire, d'entraîner une restriction de l'amplitude des mouvements, d'affaiblir l'endurance et la force physiques, et d'occasionner douleur et fatigue. L'ensemble des restrictions physiques occasionnées par l'avancée en âge pourrait par conséquent contribuer à la surreprésentation des personnes âgées dans les accidents piétons, plus particulièrement lorsque des actions rapides doivent être exécutées en réponse à des événements inattendus.

Les difficultés accrues avec l'âge pour sélectionner des fenêtres sécurisées pourraient également refléter un **déclin perceptif**, avec un affaiblissement des capacités à percevoir les objets en mouvement (Sekuler, Hutman, & Owsley, 1980 ; Staplin & Lyles, 1991), et plus particulièrement des difficultés à percevoir des mouvements lents (Snowden & Kavanagh, 2006). Il semblerait que les âgés aient des difficultés à percevoir les détails d'un objet en mouvement (Kosnik, Winslow, Kline, Rasinski, & Sekuler, 1988), ou encore à suivre du regard et pister des stimuli qui se déplacent rapidement (Sharp & Sylvester, 1978). Ils seraient moins performants que des jeunes pour estimer le temps d'arrivée d'un véhicule à l'approche (Schiff, Oldak & Shah, 1992) et à détecter une situation de collision avec un obstacle (DeLucia, Bleckley, Meyer, & Bush, 2003). Ces déclin perceptifs nous laissent supposer que les difficultés des âgés à percevoir la vitesse du véhicule à l'approche les conduisent à négliger les informations de vitesse et à fonder leurs décisions sur des heuristiques simplificatrices basées sur la seule distance des véhicules approchant (Cavallo et al., 2009).

Conformément à la littérature du vieillissement, on peut supposer que les difficultés des piétons âgés à traverser des voies à double sens et à intégrer les informations relatives à la vitesse pourraient également refléter un **déclin cognitif**. Parce que l'environnement routier se compose de multiples éléments, le piéton doit être capable de traiter ces informations de manière sélective. Or, bon nombre des travaux de la littérature indiquent que les capacités attentionnelles s'affaiblissent avec l'âge (cf. Hoyer & Plude, 1980). Les piétons âgés pourraient ainsi rencontrer des difficultés à sélectionner les informations importantes de l'environnement, et plus particulièrement celles relatives à la vitesse. Cette difficulté se manifesterait plus spécifiquement dans le cas d'un environnement complexe, comme observé par Oxley et al. (1997) au cours de la traversée de rue à double sens. Par ailleurs, les célèbres travaux de Salthouse (1996, 2003) montrent que le ralentissement de la vitesse de traitement des informations médiatise en grande partie l'affaiblissement des performances des adultes âgés dans une large variété de tâches de mémoire, de raisonnement et de perception. Enfin, les difficultés des piétons âgés pour intégrer les informations relatives à la vitesse du véhicule approchant, et plus généralement leurs difficultés à intégrer les informations provenant des deux voies de circulation pourraient refléter un déclin des fonctions exécutives (Salthouse, Atkinson, & Berish, 2003), déclin qui les conduirait à une mauvaise perception du risque (Oxley et al., 2005). Les fonctions exécutives renvoient aux processus de flexibilité, d'inhibition, et de mise à jour des informations en mémoire de travail. Elles sont indispensables à la production de réponses adaptées en ce sens qu'elles permettent de contrôler et de réguler les processus cognitifs impliqués dans la réalisation de l'activité.

Comme stratégie compensatrice du vieillissement perceptif et cognitif, les seniors utiliseraient des heuristiques simplificatrices basées essentiellement sur la distance des véhicules approchants, au lieu de fonder leur jugement sur l'intervalle de temps disponible comme le font les piétons jeunes (cf. Lobjois & Cavallo, 2007). Les informations concernant la vitesse, accessibles dans la scène plus tardivement et nécessitant un traitement plus coûteux que celles relatives à la distance, pourraient ainsi être plus difficilement traitées et intégrées dans le processus de prise de décision chez les piétons seniors.

2.3. Lien entre déficits fonctionnels et comportements de traversée de rue des personnes âgées

L'équipe australienne d'Oxley et collaborateurs a récemment mis en évidence un lien entre les capacités physiques, perceptives et cognitives d'individus avec le risque de collision qu'ils encourent lors de la traversée de rue ; ce lien contribuant selon eux, en partie, à la surreprésentation des piétons âgés dans les accidents. Oxley, Ihsen, Fildes et Charlton (2001) ont comparé les performances d'adultes âgés obtenues à des tests fonctionnels avec la sécurité de leurs prises de décision de traversée de rue à sens unique au cours d'une tâche informatisée (décision de traverser en oui/non). Lors des épreuves fonctionnelles, les participants les plus âgés (au-delà de 75 ans) obtenaient en moyenne des performances physiques (agilité), visuelles (acuité) et cognitives (ressources/vitesse de traitement, coordination visuo-motrice, capacités attentionnelles et statut mental général) nettement moins bonnes que celles obtenues par les participants des autres groupes d'âge (30-45 ans et 60-69 ans). L'impact de ces déficits fonctionnels a été évalué en les corrélant avec le nombre de décisions

correctes des participants au cours de la tâche de traversée de rue, les décisions « correctes » étant établies pour chaque participant en fonction de sa vitesse de marche et de son temps de prise de décision pour chaque fenêtre temporelle disponible. Les résultats des analyses de régression montraient que les performances relevées à tous les tests fonctionnels prédisaient significativement le nombre de décisions correctes de traversée de rue : plus la performance à un test était élevée, plus la probabilité d'émettre une décision sécurisée augmentait. L'agilité physique était l'une des mesures qui prédisait le mieux les décisions de traversée : plus les participants étaient rapides au test d'agilité, plus leurs décisions étaient sécurisées. Les performances des participants relevées au test de l'empan de chiffres montraient une bonne corrélation avec les décisions de traversée : les participants disposant des plus grandes capacités de coordination visuo-motrice, d'une rapidité de vitesse de traitement et de capacités attentionnelles préservées étaient les plus susceptibles d'émettre une décision sécurisée de traversée de rue.

Les résultats de cette recherche suggèrent que l'efficacité des fonctions motrices, perceptives et cognitives a un impact sur la sécurité des comportements de traversée de rue. Toutefois, on peut remarquer que l'étude d'Oxley et al. (2001) est 1) la seule à ce jour à avoir étudié le lien entre les capacités fonctionnelles et les comportements de traversée de rue et 2) à avoir étudié ce lien dans une tâche de traversée de rue à sens unique. Cette question convient donc d'être approfondie dans le cadre d'une tâche plus complexe de traversée de rue telle le double sens de circulation. Une meilleure connaissance de l'impact du déclin moteur, cognitif et perceptif sur les comportements de traversée de rue des piétons âgés représente la condition indispensable pour parvenir à la mise en place de programmes d'entraînement ciblés et adaptés aux piétons âgés.

3. Objectifs de la recherche

Ce travail de recherche vise à étudier les relations entre le déclin fonctionnel associé à l'âge (déclin moteur, perceptif et cognitif) et les comportements de traversée de rue avec trafic à double sens. Une étude expérimentale a été réalisée auprès de trois groupes de participants répartis selon trois classes d'âge (jeunes / âgés / très âgés). Nous avons utilisé un tout nouveau dispositif de simulation de traversée de rue qui permet la visualisation de trafic dans les deux directions. De plus, les performances motrices, perceptives et cognitives de chaque participant des trois groupes de d'âge ont été évaluées.

4. Méthode

4.1. Participants

Au total, 59 participants ont participé à cette étude, répartis selon trois groupes d'âge. Des adultes jeunes (20-30 ans), âgés (60-69 ans) et très âgés (à partir de 70 ans) ont été recrutés et rémunérés pour leur participation. Chaque groupe comprend approximativement autant d'hommes que de femmes (cf tableau 1). Les participants âgés sont tous autonomes, vivant au domicile, et se déplaçant quotidiennement sans canne ni béquille. Les participants ont été recrutés via des listes de diffusion,

ainsi que par l'intermédiaire d'associations/clubs seniors situés aux alentours du lieu de passation (LCPC-LEPSIS, Paris 15^{ème}).

GROUPES	GENRE	EFFECTIF	MOYENNE D'AGE (ET ECART-TYPE)
JEUNES (20-35 ans)	Hommes	9	28.9 (± 4.21)
	Femmes	11	
AGES (60-69 ans)	Hommes	9	62.50 (± 2.41)
	Femmes	10	
TRES AGES (>70 ans)	Hommes	10	76.55 (± 4.44)
	Femmes	10	

Tableau 1 : Caractéristiques générales des trois groupes de participants.

4.2. Matériel

4.2.1. Simulateur de traversée de rue

Le dispositif de simulation pour la traversée de rue (Cavallo *et al.*, 2006) a été adapté du simulateur de conduite Sim² de l'INRETS (Espié, 1999). Pour respecter les délais d'expérimentation dans le cadre du projet SEPIA et en raison de la construction de notre nouveau simulateur au LPC (INRETS, Versailles Satory), nous avons utilisé le simulateur du LPESIS (LCPC, Paris 15^{ème}) (Figure 1).

L'environnement de simulation est constitué de systèmes de génération et de projection d'images, d'un bouton réponse et d'un système d'enregistrement des décisions de traverser la rue. Les images sont générées par deux PCs visuels (environnement LINUX / bibliothèque graphique OpenGL Performer avec des cartes GeForce 8800 GT), et chaque PC gère 3 projecteurs DLP. Ces PCs sont interconnectés avec un PC-maître pour la gestion des scénarios de trafic (environnement Windows). Ce dernier PC permet également de générer un rendu sonore réaliste et d'enregistrer les réponses des participants via le bouton-réponse relié au PC.

Les scènes visuelles sont projetées sur six écrans de dimensions 255 cm (hauteur) x 188cm (largeur). Le logiciel utilisé (Archisim) prend en compte la taille des sujets afin de placer l'horizon visuel à la hauteur du regard, augmentant encore le réalisme de la scène virtuelle. Les scènes visuelles représentent une voie à double sens de circulation, large de 6m de trottoir à trottoir (cf. Figure 2). Dans cette expérimentation, il s'agit d'une tâche d'estimation et non de traversée réelle. Un marquage au sol indique la position du participant de sorte qu'il soit placé au centre du simulateur face à la scène visuelle et au bord du trottoir. Sans se déplacer, le sujet doit donc décider s'il pourrait traverser ou non la chaussée en appuyant sur le bouton réponse. Le trafic est composé de motos et de véhicules légers dont la vitesse d'approche varie suivant les besoins de l'expérimentation. Sur la voie proche, les véhicules se déplacent de la gauche vers la droite en référence à la position du piéton au bord du trottoir. Sur la voie éloignée, les véhicules se déplacent de la droite vers la gauche.

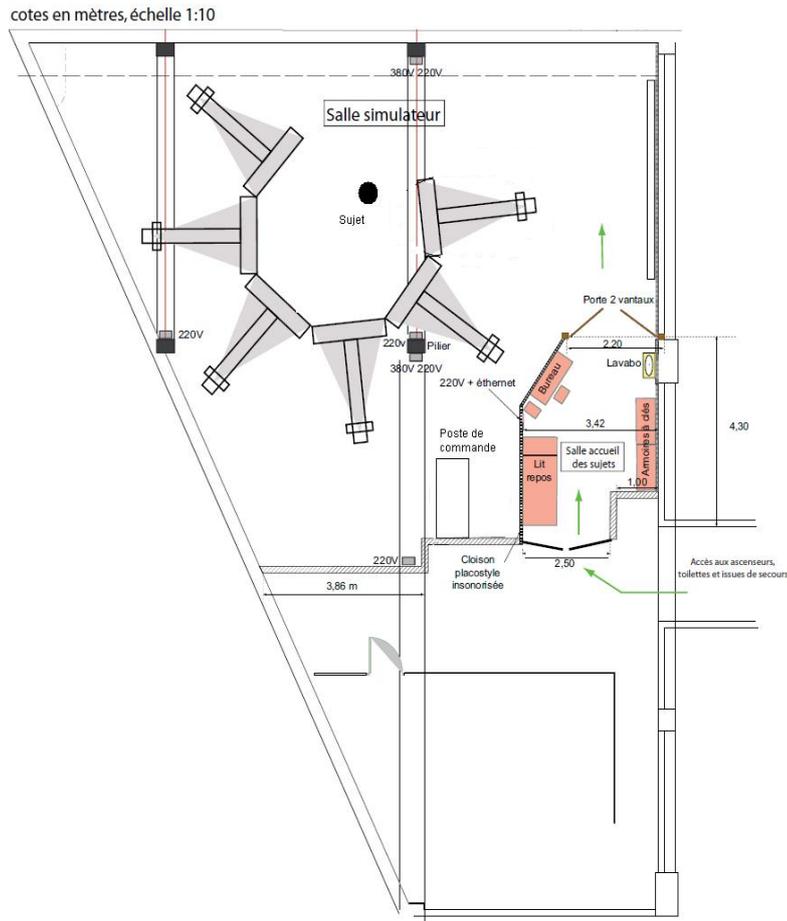


Figure 1 : schéma descriptif de la salle et du dispositif de simulation du LEPSIS-LCPC, Paris.



Figure 2 : dispositif de simulation de la traversée de rue pour un trafic à double sens.

4.2.2. Batterie de tests

Tous les participants jeunes et âgés ont répondu à une batterie de tests et de questionnaires. Au préalable, tous les participants âgés ont répondu au Mini Mental State Evaluation (MMSE, Folstein & McHugh, 1975) afin de s'assurer qu'ils ne présentaient pas de déficience liée au vieillissement pathologique.

L'objectif principal de cette recherche étant d'étudier les relations entre le déclin cognitif et fonctionnel lié à l'âge et le comportement de traversée de rue des piétons, des épreuves ont été sélectionnées et élaborées afin d'évaluer les capacités **cognitives, perceptives et motrices** des participants.

Nous présentons ci-après un récapitulatif des tests utilisés (tableau 2), suivi d'une description de chacun d'eux en référence au récent livrable PT2 fourni dans le cadre de PISTE¹.

EVALUATION DES CAPACITES COGNITIVES		
Nom du test	Fonction évaluée	Références
MMSE	Intégrités des facultés intellectuelles	Folstein & McHugh, 1975
CODE	Vitesse de traitement Capacités grapho-motrices	Weschler, 2000
Trail Making Test	Flexibilité mentale Vitesse de traitement	Reitan & Wolsfon, 1985
Mise à jour	Mémoire de travail	Zimmerman & Fimm, 2009
Go/NoGo	Inhibition	Zimmerman & Fimm, 2009
Attention divisée	Attention divisée	Zimmerman & Fimm, 2009
Flexibilité	Flexibilité mentale	Zimmerman & Fimm, 2009
Stroop visuo-spatial	Sensibilité aux interférences	Zimmerman & Fimm, 2009
Balayage visuel	Exploration visuelle	Zimmerman & Fimm, 2009
UFOV	Détection et identification d'informations visuelles	Ball et al., 1988, 1993
EVALUATION DES CAPACITES PERCEPTIVES		
Acuité auditive	Capacités auditives	
Ergovision	Acuité visuelle	Essilor
Perception de la vitesse, temps d'arrivée d'un véhicule	Tâche expérimentale de perception du mouvement	
EVALUATION DES CAPACITES MOTRICES		
Gait and Balance Test	Epreuve d'équilibre et de marche	Tinetti et al., 1994)
Vitesse de marche et auto-estimation	Tâche expérimentale de vitesse de marche de 6 mètres	
QUESTIONNAIRES		
Informations générales	Questionnaire sur les activités et l'état de santé des sujets	
Test d'anxiété STAI	Anxiété Etat et Trait	Spielberger, 1983
Comportement de traversée de rue		Elliott et Baughan, 2004
Peur de chuter	Questionnaire pour la personne âgée sur la peur de tomber	Tinetti et al., 1990
Déclin cognitif	Questionnaire pour la personne âgée des difficultés cognitive au quotidien	Broadbent et al., 1982
Capacités fonctionnelles et incapacités	Questionnaire pour la personne âgée sur ses incapacités	Haley et al., 2002 Jeete et al., 2002

Tableau 2 : Synthèse des tests utilisés pour l'évaluation des capacités cognitives, perceptives et motrices.

¹ Dans le cadre du projet PISTE, un inventaire détaillé des épreuves utilisées dans le cadre d'expérimentations sur le piéton ou le conducteur est présenté dans le livrable du Projet Transversal PT2 (2010).

4.2.2.1. Evaluation des capacités cognitives

- Mini Mental State Examination (Folstein & McHugh, 1975)

Comme nous l'avons dit précédemment le MMSE mesure l'efficacité intellectuelle globale et représente un bon indicateur des déficits liés à un vieillissement pathologique.

Ce test consiste en une série de 30 items répartis en six catégories: i) évaluation des capacités d'orientation spatiale et temporelle, ii) évaluation des capacités d'apprentissage et transcription d'informations, iii) évaluation des capacités attentionnelles et de calcul, iv) évaluation des capacités mnésiques, v) évaluation des capacités langagières et vi) évaluation des praxies constructives (réalisation d'une séquence ordonnée de gestes pour une action précise). Un score total inférieur à 24/30 indique la présence d'un déficit cognitif lié au vieillissement pathologique.

- CODE (Weschler, 2000)

Ce test est issu de l'échelle d'intelligence pour adultes (WAIS, Weschler, 2000). Il permet d'évaluer la vitesse de traitement des informations visuelles ainsi que l'habileté perceptive et grapho-motrice.

Il est composé de deux tâches :

- *La tâche de Codage* qui consiste à copier des symboles associés à des chiffres le plus rapidement possible et en un temps limité de 90 secondes.
- *La tâche de Copie*, où le participant doit recopier une série de symboles le plus rapidement possible et en un temps limité de 90 secondes.

- Trail Making Test part A and B (Reitan & Wolsfon, 1985)

Ce test permet d'évaluer la flexibilité mentale. Il est composé de deux parties :

- *La partie A* évalue surtout la vitesse de traitement. La tâche consiste à relier des chiffres dans un ordre croissant le plus rapidement possible et sans lever le crayon.
- *La partie B* mesure les capacités de flexibilité. Elle consiste à relier en alternance un chiffre et une lettre, les chiffres allant dans un ordre croissant et les lettres suivant l'ordre alphabétique (ex : 1-A-2-B-...).

- Mise à jour des informations en mémoire de travail (test issu de la batterie informatisée Test of Attentional Performance - TAP, Zimmerman & Fimm, 2009)²

La mise à jour des informations vise à rafraîchir le stock d'éléments contenus en mémoire de travail. Une des épreuves de la batterie informatisée TAP évalue cette fonction. Lors de cette tâche, une séquence de nombres à deux chiffres est présentée au sujet. Il doit appuyer sur la touche réponse lorsque le nombre présenté est identique à l'avant-dernier nombre apparu à l'écran. Au total, 100 items sont présentés. On note le nombre de chiffres correctement identifiés.

² Cette batterie de tests informatisée et standardisée vise à évaluer les différentes composantes attentionnelles. Elle renseigne plusieurs indicateurs pour chaque test, tels que le temps de réaction, le nombre d'erreurs, de réponses correctes, la moyenne, la médiane, etc. Plusieurs épreuves issues de cette batterie ont été utilisées dans notre étude et sont présentées dans ce rapport.

- Go/NoGo (test issu de la batterie TAP)

Cette tâche évalue les capacités d'inhibition c'est-à-dire à réagir à un stimulus particulier et en même temps inhiber une réponse inappropriée. Dans cette tâche, deux symboles sont présentés alternativement à l'écran (1 seul des 2 stimuli est la cible): un plus ("+") et une croix ("x"). Le sujet doit réagir le plus rapidement possible en appuyant sur la touche réponse uniquement lorsque la croix apparaît à l'écran, et s'abstenir de réagir pour l'autre stimulus (le plus).

- Attention Divisée (test issu de la batterie TAP)

Dans cette épreuve, deux tâches, l'une visuelle et l'autre auditive, doivent être réalisées en parallèle. Pour la tâche visuelle, une matrice de 16 points apparaît à l'écran. 6 à 8 croix peuvent apparaître simultanément, le sujet doit appuyer sur la touche réponse lorsque 4 croix forment un petit carré. Parallèlement, la tâche auditive est présentée. Une séquence de sons graves et aigus est émise et le sujet doit appuyer sur la touche réponse lorsqu'il entend deux sons identiques successivement.

- Flexibilité (test issu de la batterie TAP)

La flexibilité correspond à la capacité de prendre en compte plusieurs sources d'informations simultanément et de passer d'une source d'informations à une autre. La tâche du même nom est issue de la batterie TAP. Elle consiste à présenter deux formes, une anguleuse et l'autre arrondie, de part et d'autre d'un point de fixation central à l'écran. Le sujet doit appuyer sur une touche réponse du côté où se situe la forme anguleuse, puis à l'essai suivant du côté où se situe la forme arrondie, et ainsi de suite en alternant toujours forme anguleuse-forme arrondie.

- Stroop visuo-spatial (test issu de la batterie TAP)

Cette épreuve, dérivée du Stroop-couleur (Stroop 1935), permet d'évaluer la sensibilité aux interférences et les capacités d'inhibition. La version visuo-spatiale permet d'évaluer les performances des sujets pour des informations visuo-spatiales en adéquation avec la nature des informations à traiter dans la tâche de traversée de rue.

Dans cette épreuve informatisée, une flèche apparaît brièvement à gauche du point de fixation central. La pointe de flèche est elle-même orientée vers la gauche ou la droite. Le sujet doit appuyer sur la touche réponse selon le côté indiqué par la pointe de la flèche (il s'agit donc de faire abstraction du côté où apparaît la flèche).

- Balayage visuel (test issu de la TAP)

L'exploration de l'environnement visuel est une composante de base pour pouvoir se déplacer, rechercher un objet, analyser une image etc. L'épreuve de balayage visuel vise à évaluer cette capacité. Une matrice 5 x 5 de carrés ouverts sur un côté est présentée au sujet. Il s'agit d'explorer la grille afin de repérer la présence ou non d'un carré-cible (le carré ouvert en haut). Si le sujet détecte la cible, il appuie sur une touche réponse, si la cible est absente, il appuie sur l'autre touche réponse. L'épreuve compte 100 items, et chaque essai est déclenché dès que le sujet a appuyé sur une des touches réponses.

- UFOV (Ball et al., 1988, 1993)

L'UFOV teste le champ visuel utile. Il permet de mesurer le seuil de détection et d'identification de cibles dans des conditions plus ou moins complexes. Ce test est composé de trois parties, qui évaluent les capacités perceptives et cognitives (i.e. attentionnelles) d'un individu :

- *Partie 1* : mesure le champ visuel central et la vitesse de traitement. Au centre de l'écran apparaît le contour d'un carré blanc sur fond gris. Dans le carré blanc figure une cible, une voiture ou un camion. La tâche du sujet est d'identifier la cible qui était dans le carré (voiture ou camion ?). Le temps de présentation de la cible est de plus en plus court. La procédure est auto-adaptative de sorte que le sujet est exposé à des temps de présentation de plus en plus courts au fur et à mesure qu'il identifie correctement la cible.
- *Partie 2* : mesure le champ visuel périphérique et les capacités d'attention divisée. Au centre de l'écran apparaît une cible (voiture ou camion). En périphérie apparaît également une voiture. Elle peut apparaître à 8 positions différentes (selon les rayons d'un cercle). Le sujet doit répondre à deux tâches : i) identifier le véhicule au centre de l'écran (comme dans la partie 1) et ii) localiser la position de la voiture en périphérie. Le temps d'exposition est de plus en plus court, et la procédure est toujours auto-adaptative. Cette partie permet d'obtenir le seuil minimal de pour lequel le sujet réussit la double tâche, et dans le cas contraire de déceler un déficit d'attention divisée.
- *Partie 3* : mesure le champ visuel périphérique et les capacités d'attention sélective et d'inhibition. Sur le même principe que la partie 2, le sujet voit au centre de l'écran une cible (voiture ou camion) et en périphérie une voiture placée à des positions différentes d'un essai à l'autre. Dans cette dernière partie, la voiture en périphérie apparaît sur un fond encombré de distracteurs (triangles). Le sujet doit alors répondre à une double tâche : i) identifier la cible au centre, et ii) localiser la position de la voiture en périphérie parmi les distracteurs. Là encore le temps d'exposition est de plus en plus court, et la procédure est toujours auto-adaptative. Cette partie permet d'obtenir le seuil minimal de pour lequel le sujet réussit la double tâche, et dans le cas contraire de déceler un déficit d'attention sélective.

4.2.2.2. Evaluation des capacités perceptives

- L'acuité auditive

Elle est mesurée à l'aide d'un audiomètre. Le sujet a un casque sur les oreilles, et des sons de fréquences différentes sont émis dans chaque oreille. L'intensité du son est réglable et le plus souvent par pallier. Le sujet doit détecter le son dans chaque oreille. On mesure ainsi des seuils de détection absolue à différentes fréquences.

- L'acuité visuelle

Un examen ophtalmique a été réalisé avec l'Ergovision® (Essilor). Cet appareil permet de faire défiler une série d'épreuves visuelles automatiques. C'est un appareil de dépistage standardisé, qui permet d'effectuer une série de tests d'acuité visuelle monoculaire, binoculaire, pour la vision de près et de loin, etc.

- Perception du mouvement

Trois tâches informatisées ont été élaborées dans le cadre de cette expérimentation, à l'aide du système de simulation Sim² et du logiciel et Archisim pour les deux premières tâches et du logiciel DirectRT pour la dernière.

- *Perception de la vitesse d'approche d'un véhicule*: le sujet est placé face à un écran d'ordinateur sur lequel est présentée la même rue que lors de la tâche de traversée. Une voiture apparaît à l'écran sur la voie de circulation, de la gauche vers la droite en référence à la position simulée du participant. La tâche du sujet consiste à estimer si la voiture se déplace à vitesse lente (40km/h) ou rapide (à 60 km/h). Le sujet répond le plus rapidement possible à l'aide des boutons réponses. Les essais sont présentés de façon aléatoire et des essais de familiarisation sont effectués avant l'épreuve proprement dite.

- *Estimation du temps d'arrivée d'un véhicule*: utilisant la même scène visuelle que l'épreuve précédente, une voiture apparaît à l'écran. La tâche consiste à estimer le moment où la voiture arrivera à la hauteur du sujet, c'est-à-dire à la position simulée du piéton en attente de traverser. A chaque essai, la scène visuelle est interrompue, un écran bleu va venir cacher la voiture en déplacement. A cet instant le sujet doit imaginer la suite de la trajectoire de la voiture et estimer le moment où elle arrive à sa hauteur, la voiture arrivant à vitesse variable (40 ou 60 km/h). Il appuie alors sur le bouton réponse prévu à cet effet, au moment même où il imagine que la voiture est parvenue à sa hauteur. Des essais de familiarisation sont réalisés avant l'épreuve proprement dite.

- *Perception et analyse du mouvement* : on présente sur l'écran d'ordinateur une boule noire qui se déplace sur un fond blanc. Le sujet doit estimer aussi vite que possible si la boule se déplace à vitesse lente ou rapide. Il appuie alors sur les boutons réponses prévu à cet effet. Les temps de présentations de la scène visuelle sont variables (de 200 à 1200 ms).

4.2.2.3. Evaluation des capacités motrices

- Gait and Balance Test (Tinetti et al., 1994):

Ce test permet une estimation des anomalies liées à la marche et l'équilibre pouvant entraîner des risques de chute. Le test comporte deux parties : i) évaluation de l'équilibre et ii) évaluation de la marche. Dans la première partie, 9 situations posturales sont présentées au sujet. Le sujet est assis sur une chaise sans accoudoirs. On évalue plusieurs situations d'équilibre (ex. assis sur la chaise, équilibre debout, les yeux fermés etc.). dans la seconde partie, 9 situations d'évaluation de la marche sont proposées (ex. marcher 3 mètres, stabilité du tronc, la position et le déplacement de chaque pieds, l'initiation à la marche, etc). Un score est obtenu pour chacune des parties, ainsi qu'un score global d'équilibre et de marche. Un score inférieur à 20 signifie des risques importants de chute (score max =28).

- Mesure de la vitesse de marche et auto-estimation de la vitesse de marche:

Dans la salle d'expérimentation, deux marques au sol ont été tracées pour représenter les bords des trottoirs d'une chaussée de 6 mètres de large (conformément aux dimensions réelles d'une chaussée à double sens).

Pour mesurer la *vitesse de marche*, on demande au sujet de parcourir et de marcher 6 mètres. Il effectue cette tâche 3 fois de suite à allure normale, et en marchant le plus rapidement possible.

Pour l'*auto-estimation*, le sujet est placé au niveau du premier marquage au sol et doit estimer le temps qu'il mettrait pour parcourir les 6 mètres et parvenir à l'autre marquage. Pour cela il dit « go » lorsqu'il imagine initier le pas, et « stop » lorsqu'il imagine arriver au second marqueur. Il fait ce test 3 fois de suite en imaginant marcher à allure normale, et en imaginant marcher vite.

Ce test a été réalisé également face aux écrans du simulateur. Debout face aux écrans, et positionné au bord du trottoir, on demande au sujet d'estimer son temps de traversée pour rejoindre le trottoir d'en face. Il doit alors imaginer son temps de marche. Comme précédemment le sujet dit « go » lorsqu'il imagine traverser et « go » à son arrivée. De la même façon, il réalise cette tâche 3 fois en imaginant marcher à allure normale, et 3 fois en imaginant marcher vite.

En complément de ces évaluations objectives, quelques questionnaires sur les habitudes, déplacements et activités de vie quotidienne ont été réalisés par chaque participant.

4.2.2.4. Questionnaires

- Questionnaire d'informations générales

Ce questionnaire sur les habitudes de transport, activités et état de santé a été complété par chaque participant. Il s'agissait de pouvoir établir un profil des sujets quant à leurs habitudes et modes de déplacement. Notre étude portant sur les personnes autonomes et sans troubles de la marche, le questionnaire comportait également des items relatifs à l'état de santé. Les réponses à ce questionnaire nous a permis d'exclure les participants ayant des maladies neurologiques ou troubles de l'humeur ou encore de motricité.

- Test d'anxiété STAI (Spielberger, 1983)

Ce test permet d'estimer l'anxiété Etat (i.e. anxiété transitoire liée à une situation particulière) et l'anxiété Trait (i.e. anxiété inhérente et constitutive de la personnalité d'un individu). Ce test est composé de 20 items. L'échelle anxiété Etat évalue le degré d'appréhension, de nervosité, d'inquiétude et de tension que le sujet ressent à un moment donné. La seconde échelle pour l'anxiété Trait permet d'apprécier les mêmes sentiments que le sujet ressent « habituellement ». La première échelle est un indicateur des modifications transitoires de l'anxiété d'un sujet provoquées par une situation particulière, alors que la seconde échelle permet d'identifier les personnalités de nature anxieuse au sein d'un groupe.

- Questionnaire sur le comportement de traversée de rue (adapté de Elliott et Baughan, 2004).

Ce questionnaire est composé de 11 items. Le sujet doit estimer la fréquence avec laquelle il a adopté ces comportements au cours des 6 derniers mois (de 4=très souvent à 0= jamais). Par exemple, « Vous arrive-t-il de regarder des deux cotés avant de traverser ? » , « Vous arrive-t-il de traverser sans attendre que le feu piéton soit vert ? ».

De plus, pour la population âgée des questionnaires spécifiques au vieillissement ont été administrés :

- Un questionnaire de Peur de chuter a été administré (Tinetti et al., 1990). Ce questionnaire comprend 10 items sur des situations de vie quotidienne et évalue la confiance du sujet à réaliser ses activités sans ressentir la peur de chuter. Il doit indiquer son niveau de confiance pour chaque item sur une échelle de 1 (confiant) à 10 (pas du tout confiant). Un score total supérieur à 70 indique une peur de chuter.
- Un questionnaire évaluant le Déclin cognitif (adapté de Cognitive Failure Questionnaire, Broadbent et al., 1982). Les sujets doivent répondre en indiquant la fréquence avec laquelle il commettent des erreurs dans des activités de vie quotidienne (ex. « Vous arrive-t-il d'oublier un rendez-vous ? », « vous arrive-t-il d'oublier d'éteindre la lumière ? ») Ils utilisent une échelle à 5 points (de 0= jamais, à 4= très souvent). Le score le plus élevé indique plus d'erreurs dues à des défauts d'attention, de mémoire.
- Un questionnaire d'évaluation des capacités fonctionnelles et incapacités dans la réalisation d'activités de vie quotidienne. (Late-Life functions and Disabilities LFDI, Haley et al., 2002 ; Jeete et al., 2002).Ce questionnaire comprend 2 parties et le sujet doit estimer la fréquence et la difficulté avec laquelle il réalise diverses activités. La première partie comprend 16 items et évalue les capacités à interagir socialement et avec son environnement (ex. « Vous arrive-t-il de sortir entre amis ou d'inviter des personnes chez vous ? »). La seconde partie comprend 32 items et évalue les capacités fonctionnelles (ex. « Arrivez-vous à monter un escalier sans s'aider le da rampe ? »).

4.3. Procédure expérimentale

L'expérimentation s'est déroulée en deux séances de 1h30 chacune.

a) Au cours de la première séance, chaque participant est accueilli par l'expérimentateur qui lui présente les objectifs de la recherche, les conditions de participation et lui fait signer une feuille de consentement libre et éclairé. Cette première séance se déroule dans les locaux du LCPC. Elle est consacrée à la tâche d'estimation de traversée de rue dans le simulateur et à la passation de quelques questionnaires d'informations générales et du MMSE pour les participants âgés.

Le participant est d'abord invité à prendre part à la première série d'essais de la tâche de traversée de rue sur simulateur. Il effectue 4 séries d'essais de traversée de rues, séparés par des pauses de 5 à 10 minutes. Debout face à la scène visuelle et positionné au bord du trottoir (marqué au sol et en continuité de la rue projetée à l'écran), le sujet va voir défiler des véhicules. A chaque essai, il lui est demandé d'estimer s'il a ou non le temps de traverser entre les voitures approchant dans une seule

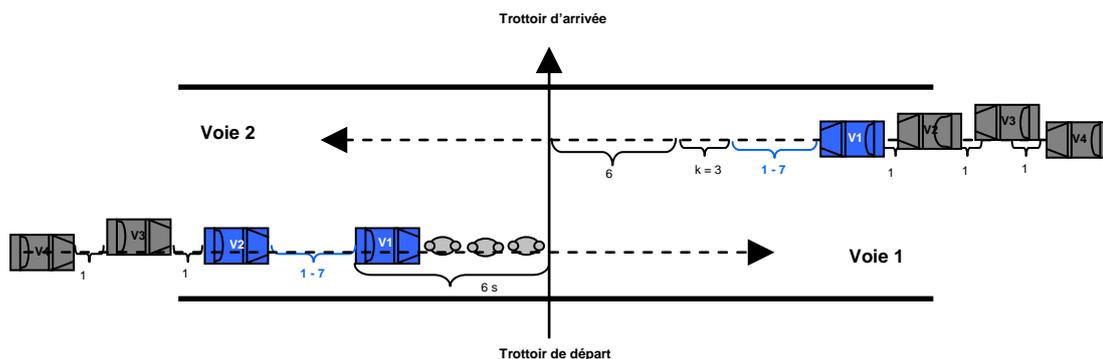
direction ou dans les deux sens de circulation, et cela d'une seule traite et sans courir. S'il pense avoir le temps, il appuie alors sur le bouton réponse au moment où il descendrait du trottoir pour traverser. Sinon, il ne fait rien et attend le prochain essai.

Trois conditions expérimentales ont été élaborées afin d'étudier l'effet de la complexité du trafic sur le comportement de traversée :

- **Deux conditions de trafic à double sens :**

Condition 1 :

Les véhicules de la voie proche (voie 1) arrivent à hauteur du piéton avant les véhicules de la voie éloignée (voie 2).



Ici pour la voie proche, on manipule et fait varier l'intervalle temporel entre les véhicules V1 et V2 (de 1 à 7 secondes, par pas de 1 seconde). Le temps d'analyse de la scène est de 6 secondes³ (de la ligne de traversée à la fin du véhicule V1). Pour la voie éloignée, on manipule l'intervalle temporel entre la ligne de traversée et la première voiture V1 (gap variant de 1 à 7 secondes). On ajoute à ce gap manipulé une constante de 3 secondes qui correspond au temps que mettrait le piéton pour traverser la voie proche. Et on ajoute également 6 secondes au gap manipulé, qui correspond au temps d'analyse de la scène.

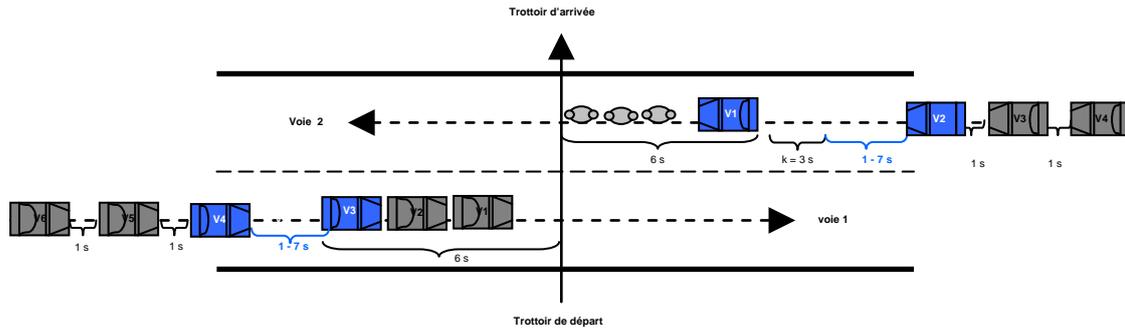
Pour les autres véhicules de chaque file, précédant ou suivant les voitures cibles, ils sont séparés par des intervalles de 1 seconde.

Enfin, on fait varier également la vitesse de déplacement des véhicules, qui est de 40 ou 60 km/h. Le nombre d'essais à 40 et 60km/h est équilibré et présentés de façon aléatoire.

Condition 2 :

Les véhicules de la voie éloignée (voie 2) arrivent à hauteur du piéton avant les véhicules de la voie proche (voie 1).

³ C'est-à-dire que le sujet dispose d'au moins 6 secondes avant qu'un premier créneau lui soit proposé pour franchir ou non le trafic.

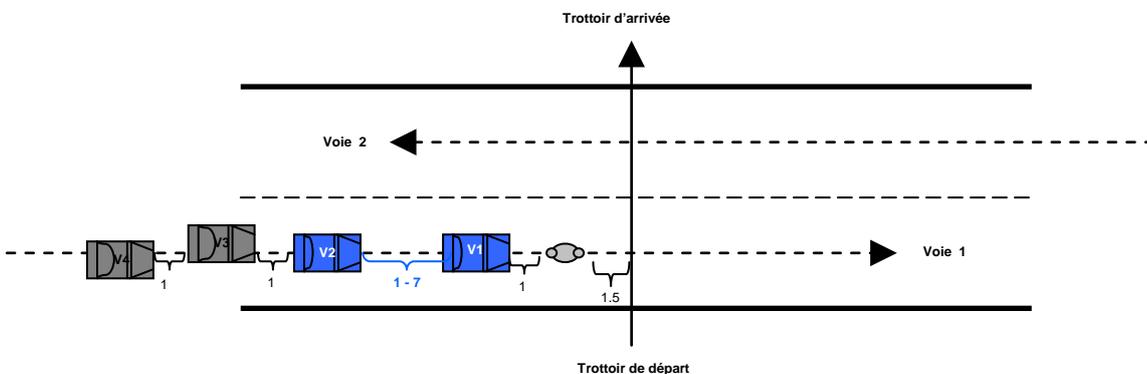


Dans la voie 2, le gap manipulé se situe entre les véhicules V1 et V2 (variant de 1 à 7 secondes), auquel on ajoute la constante de 3 secondes, ainsi que les 6 secondes d'analyse de la scène (temps entre la ligne de traversée et la fin du véhicule V1). Sur la voie 1, le gap manipulé se situe alors entre les véhicules V3 et V4 (variant de 1 à 7 secondes), avec un temps d'analyse de la scène de 6 secondes.

Comme pour la condition 1, on fait varier la vitesse de déplacement des véhicules, qui est de 40 ou 60 km/h. Le nombre d'essais à 40 et 60km/h est équilibré et présentés de façon aléatoire.

- **Une condition de trafic à sens unique :**

Les véhicules ne circulent que sur la voie proche du piéton, de gauche à droite, en référence à la position simulée du piéton en attente de traverser.



Le gap manipulé se situe entre les véhicules V1 et V2 (variant de 1 à 7 secondes).

On fait varier également la vitesse de déplacement des véhicules, qui est de 40 ou 60 km/h. Le nombre d'essais à 40 et 60km/h est équilibré et présentés de façon aléatoire.

Cette condition de trafic est similaire à celles utilisées auparavant (Lobjois & Cavallo, 2007, 2009 ; Cavallo et al., 2009) et permettra la comparaison avec nos travaux antérieurs.

En résumé, trois facteurs sont manipulés:

- la complexité du trafic (Condition 1 vs. Condition 2 vs. Condition 3)
- la vitesse d'approche des véhicules (40 ou 60 km/h) ;

- les fenêtres temporelles (ou gaps) disponibles entre deux voitures cibles de chaque file (de 1 à 7 secondes).

Au total, chaque participant réalise 162 essais d'estimation de traversée de rue. Ces essais sont répartis en 4 blocs, qui contiennent chacun 40 ou 41 d'essais. Ces essais ont été répartis de sorte que toutes les conditions apparaissent dans chaque bloc, et dans un nombre approximativement équivalent. Après chaque bloc, le sujet fait une pause où il complète un questionnaire ou un test.

b) La deuxième session a eu lieu un mois environ après la première, dans les locaux du LCPC Paris 15^{ème}. Le sujet est à nouveau informé des objectifs de l'étude et du déroulement de la séance. Cette dernière séance est consacrée à l'évaluation des capacités cognitives, perceptives et motrices pouvant être impliquées dans le comportement de traversée de rue.

La passation est individuelle. Le sujet est placé à un bureau pour effectuer les épreuves informatisées sur un ordinateur situé face à lui, et pour compléter les questionnaires/tests présentés sur feuille. Chaque participant réalise les épreuves (tests cognitifs, perceptifs, moteurs et questionnaires) décrites dans la section précédente. Cette séance a une durée approximative de 1h30 et les participants sont invités à faire des pauses régulièrement au cours de la séance.

Les performances des sujets sont enregistrées soit directement sur ordinateur, soit stockées dans un dossier pour chaque participant pour les tests papier-crayon.

5. Analyse des résultats

Les données enregistrées lors de la tâche d'estimation de traversée de rue de chaque participant sont en cours de traitement et seront analysées pour déterminer:

- le nombre de traversées acceptées ;
- le moment d'initiation de la traversée ;
- la marge de sécurité (MS). Elle correspond au temps entre la fin de la traversée et l'arrivée de la voiture à hauteur du piéton ;
- le gap moyen accepté.

A partir de ces indicateurs, les décisions de traverser seront classées en plusieurs catégories :

- les traversées prudentes (safe), lorsque la MS est supérieure à 1.5 secondes ;
- les traversées dangereuses (unsafe), lorsque la MS est inférieure à 0 ;
- les opportunités manquées sont définies lorsque le sujet n'a pas traversé alors qu'il en avait le temps ;
- les collisions, lorsque le piéton a décidé de traverser alors qu'il se serait retrouvé sur la trajectoire de la voiture au moment où elle passait à sa hauteur.

Pour les conditions à double sens de circulation, les décisions de traversées prudentes (safe) et dangereuses (unsafe) ont été définies pour chaque voie, puis pour l'ensemble des deux voies tel

qu'indiqué dans le tableau ci-dessous. En effet, la traversée peut être prudente sur l'ensemble des deux voies (safe-safe) ou bien dangereuse sur la voie 1 et prudente sur la voie 2, etc.

Le tableau 3 ci-dessous résume les différentes catégories possibles en fonction des décisions sur la voie 1 et la voie 2.

Pour la condition 3, de circulation à sens unique, seules les décisions de la voie 1 sont à prendre en compte (aucun trafic ne circulant sur la voie 2).

Décision voie 2 Décision voie 1	SAFE	UNSAFE
SAFE	SAFE-SAFE	SAFE-UNSAFE
UNSAFE	UNSAFE-SAFE	UNSAFE-UNSAFE

Tableau 3 : Ensemble des catégories possibles selon les décisions de traversée safe ou unsafe

Dans un premier temps, afin d'évaluer l'effet de la complexité du trafic sur la décision de traversée avec l'âge, des analyses de variances et des tests a posteriori seront effectués.

Puis, dans un second temps, afin de mettre en relation le déclin des capacités associé au vieillissement normal et les comportements recueillis lors de la tâche d'estimation de traversée de rue à double sens de circulation, nous réaliserons des analyses corrélationnelles ainsi que des modèles de régression.

6. Conclusion

Le projet de recherche SEPIA s'inscrit dans la perspective d'améliorer la sécurité des piétons âgés en proposant et évaluant des méthodes d'entraînement adaptées. Pour ce faire, il faut au préalable mieux comprendre l'origine des comportements à risque. C'est pourquoi la première phase du projet a pour objectif d'étudier l'impact du déclin fonctionnel global (cognitif, perceptif et moteur) lié au vieillissement normal sur les comportements de traversée de rue. Ce premier livrable présente de façon détaillée la méthodologie expérimentale appliquée lors de l'expérimentation menée pour répondre aux objectifs de la première phase de SEPIA.

Par la suite, un second livrable rendra compte des résultats obtenus lors de cette expérimentation. Ceux-ci permettront d'orienter nos travaux de recherche de la seconde phase de SEPIA qui vise à proposer et tester des méthodes d'entraînement adaptées à la population âgée ayant des comportements risqués lors de la traversée de rue.

7. Références bibliographiques

- Ball K. & Owsley C. (1993) The useful field of view test: a new technique for evaluating age-related declines in visual functions. *Journal of the American Optometric Association*, 64, 74-79.
- Berg, K., Wood-Dauphinee, S., Williams, J.I., Gayton, D. (1989). Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*, 41 (6), 304-311
- Birren, J.E., Woods, A.M., Williams, M.V. (1980). Behavioral slowing with age: causes, organization and consequences. In L.W. Poon (Ed.), *Aging in the 1980s: Psychological issues*. Washington D.C.: American Psychological Association (pp. 293-308).
- Broadbent D.E., Cooper P.F., Fitzgerald P, & Parkes K.R. (1982) The Cognitive Failure Questionnaire and its correlates. *British Journal of Clinical Psychology*, 21, 1-16.
- Cavallo, V., Lobjois, R., & Vienne, F. (2006). *The interest of an interactive road crossing simulation for the study of adaptive road crossing behavior*. In: Proceedings of the First Driving Simulation Conference Asia-Pacific, Tsukuba, Japan.
- Cavallo, V., Lobjois, R., Dommès, A., & Vienne, F. (2009). Elderly pedestrians' visual timing strategies in a simulated street-crossing situation. Proceeding of The 5th International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design. Montana, p. 499-505.
- Commission of European Communities (CEC) (2000). *Priorities in EU Road Safety: Progress report and Ranking of Actions*. CEC, Brussels.
- DeLucia, P.R., Bleckley, M.K., Meyer, L.E., & Bush, J. M. (2003). Judgments about collision in younger and older drivers. *Transportation Research: Part F*, 6, 63-80.
- Elliott M.A., & Baughan C.J. (2004). Developing a self-report method for investigating adolescent road user behaviour. *Transportation Research: Part F*, 7, 373-393.
- Espié, S. (1999). *Vehicle-driven simulator versus traffic-driven simulator: The INRETS approach*. In: 1st Driving Simulation Conference Europe. Paris, France, pp. 367-376.
- Folstein, M.F., Folstein, S.E. & McHugh, P.R. (1975). Mini-mental state: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12 (3), 189-98.
- Fontaine, H. & Gourlet, Y. (1997). Fatal pedestrian accidents in France: a typological analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 29 (3), 303-312.
- Haley S.M., Jette A.M., Coster W.J., Kooyoomjian J.T., Levenson S., Heeren T., & Ashba J. (2002) Late Life Function and Disability Instrument : II. Development and evaluation of the function component. *Journal of Gerontology: Medical Sciences* 57A, M217-M222.
- Harrell, W.A. (1991). Precautionary street crossing by elderly pedestrians. *International Journal of Aging and Human Development*, 32 (1), 65-80.
- Harruff, R.C., Avery, A., & Alter-Pandya, A.S. (1998). Analysis of circumstances and injuries in 217 pedestrian traffic fatalities. *Accident Analysis & Prevention*, 30 (1), 11-20.
- Hill, K, Bernhardt, J, McGann, A, Maltese, D and Berkovits, D (1996). A new test of dynamic standing balance for stroke patients: Reliability, validity, and comparison with healthy elderly. *Physiotherapy Canada*, 48, 257-62.
- Hoyer, W.J., & Plude, D.J. (1980). Attentional and perceptual processes in the study of cognitive aging. In L.W. Poon (Ed.), *Aging in the 1980s: Psychological issues*. Washington D.C.: American Psychological Association.
- Jeete A.M, Hayley, S.M., Coster W.J., Kooyoomjian J.t., Levenson S., Heeren T., & Ashba J. (2002) Late Life Function and Disability Instrument : I. Development and evaluation of the function component. *Journal of Gerontology: Medical Sciences* 57A, M209-M216.
- Kosnik, W., Winslow, L., Kline, D., Rasinski, K., & Sekuler, R. (1988). Visual changes in daily life throughout adulthood. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 43 (3), 63-70.
- Lobjois R., & Cavallo, V. (2007). Age-related differences in street-crossing decisions: The effects of vehicle speed and time constraints on gap selection in an estimation task. *Accident Analysis & Prevention*, 39, 934-943.
- Lobjois, R., & Cavallo, V (2009). The effects of aging on street-crossing behavior: from estimation to actual crossing. *Accident Analysis & Prevention*, 41, 259-267.

- National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) (2001). *Traffic Safety Facts 2000: Pedestrians* (Report No DOT-HS-809311). US Department of Transport, Washington DC.
- Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière (ONISR) (2006). *Grands thèmes de la sécurité routière en France : Piétons*. Paris : La Documentation Française.
- Oxley, J., Fildes, B., Ihsen, E., Charlton, J., & Day, R. (1997). Differences in traffic judgments between young and old adults pedestrians. *Accident Analysis & Prevention*, 29, 839-847.
- Oxley, J., Fildes, B., Ihsen, E., Charlton, J., & Day, R. (2005). Crossing roads safely: an experimental study of age differences in gap selection by pedestrians. *Accident Analysis & Prevention*, 37, 962-971.
- Oxley, J., Ihsen, E., Fildes, B., Charlton, J., (2001). Age-related functional impairments and the impact on the ability to cross roads safely. In: *Proceedings of the Traffic Safety on Three Continents Conference*, Moscow, Russia.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The timed "up & go": A test of basic functional Mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142-148.
- Psychological Corporation (1999). *UFOV (Useful Field of View) manual*. San Antonio, TX: Harcourt Brace and Company.
- Reitan, R. M., & Wolfson, D. (1985). *The Halstead-Reitan Neuropsychological Test Battery: Therapy and clinical interpretation*. Tucson, AZ: Neuropsychological Press.
- Salthouse, T.A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychology and Aging*, 103 (3), 403-428.
- Salthouse, T.A., Atkinson, T.M. & Berish, D.E. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of Experimental Psychology*, 4, 566-594.
- Schiff, W., Oldak, R., & Shah, V. (1992). Aging person's estimates of vehicular motion. *Psychology and Aging*, 7, 518-525.
- Sekuler, R., Hutman, L.P., & Owsley, C.J. (1980). Human aging and spatial vision. *Science*, 209, 1255-1256.
- Sharp, J., & Sylvester, T. (1978). Effects of aging on horizontal smooth pursuit. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 17 (5), 465-467.
- Shumway-Cook, A, Brauer, S, and Woollacott, M (2000). Predicting the probability for falls in community dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Physical Therapy*, 80(9), 896-903
- Snowden, R.J., & Kavanagh, E. (2006). Motion perception in the ageing visual system: Minimum motion, motion coherence, and speed discrimination thresholds. *Perception*, 35 (1), 9-24.
- Spielberger, C.D.(1983) Manual for the state trait anxiety inventory (form Y). Palo Alto, CA, UAS: Consulting Psychologists Press.
- Staplin, L., & Lyles, R. (1991). Age differences in motion perception and specific traffic manoeuvre problems. *Transportation Research Record*, 1325, 558-561.
- Staplin, L., Lococo, K.H., Stewart, J. & Decina, L.E. (1999). *Safe Mobility for Older People Notebook*. (Report No. DOT HS-808-853). Washington, DC: US Department of Transportation.
- Tinetti M.E., Baker, D.I., McAvay G., Claus E/B/, Garrett P., Gottschalk M., Koch M.L., Trainor K., & Horwitz R.I. (1994) A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community. *The New England Journal of Medicine*, 331, 821-827.
- Tinetti M.E., Richman D., & Powell L. (1990) Falls efficacy as a measure of fear of falling. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 45, 239-243.
- Ward, N.S. (2006). Compensatory mechanisms in the aging motor system. *Ageing Research Reviews*, 5 (3) p. 239-254.
- Weschler, D. (2000) Manuel de l'échelle d'intelligence pour adultes – 3^{ème} édition, Paris : Editions du centre de psychologie appliqué.
- Zimmerman P. & Fimm, B. (2009) Tests d'évaluation de l'attention. Freiburg : Psytest.