

***Sabine LANGEVIN***

***Aurélie DOMMES***

***Viola CAVALLO***

***Fabrice VIENNE***

***Daniel MESTRE***

**SEPIA : SÉcurité du PIéton Âgé**

**Comparaison de l'efficacité de deux méthodes d'entraînement  
pour améliorer la sécurité des piétons âgés lors de la traversée de rue:**

**Méthodologie d'étude**

***Livrable intermédiaire N°3***

***Convention INRETS/Fondation Sécurité Routière***

***Juin 2011***

**Contribution :**

Sabine Langevin, IFSTTAR - LPC

Aurélie Dommès, IFSTTAR - LPC

Viola Cavallo, IFSTTAR - LPC

Fabrice Vienne, IFSTTAR - LEPSIS

Daniel Mestre, Institut des Sciences du Mouvement, Université de la Méditerranée - CNRS

## Sommaire

<b>Résumé.....</b>	<b>4</b>
<b>1. Introduction.....</b>	<b>5</b>
1.1. Lien entre déficits fonctionnels et comportements de traversée de rue au cours du vieillissement : résumé des résultats issus de la première phase du projet .....	6
1.2. Méthodes d'entraînement et vieillissement .....	7
1.2.1. Entraînement perceptivo-cognitif .....	8
1.2.2. Entraînement comportemental .....	9
<b>2. Objectifs de la recherche .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Démarche méthodologique .....</b>	<b>11</b>
3.1. Participants.....	11
3.2. Matériel .....	12
3.2.1. Simulateur de traversée de rue.....	12
3.2.2. Epreuves évaluant les capacités fonctionnelles.....	13
3.3. Tâche et procédure .....	15
<b>4. Planning prévisionnel des sessions expérimentales.....</b>	<b>17</b>
<b>5. Références bibliographiques .....</b>	<b>18</b>

## Résumé

Le projet de recherche SEPIA s'inscrit dans la perspective d'améliorer la sécurité des piétons âgés qui représentent une population très vulnérable parmi les usagers de la route.

La première étape de ce projet a donné lieu à une expérimentation réalisée en 2010. Cette étude a permis de mettre en évidence l'impact du déclin des fonctions perceptives, cognitives et motrices lié à l'avancée en âge sur les décisions de traversée de rue (cf. Langevin et al., 2010). Précisément, les résultats obtenus ont montré que la majoration du nombre de collisions avec l'âge était expliquée à la fois par le déclin des capacités d'attention visuelle (sélective et divisée), la baisse de l'acuité visuelle ainsi que le ralentissement de la vitesse de marche.

Pour faire suite à ces premiers travaux, la seconde étape du projet a maintenant pour objectif de proposer et tester expérimentalement l'efficacité de deux méthodes d'entraînement visant à améliorer la sécurité des seniors lorsqu'ils traversent la rue en réentraînant les capacités fonctionnelles identifiées comme déclinant avec l'âge et intervenant lors de la traversée de rue.

Ce présent livrable expose le contexte théorique et méthodologique des méthodes d'entraînement qui seront testées et comparées chez des seniors. Deux méthodes d'entraînement seront évaluées : un entraînement perceptivo-cognitif et un entraînement comportemental. Précisément, *l'entraînement perceptivo-cognitif* sera réalisé à l'aide du programme l'UFOV (Useful Field Of View) Training destiné à améliorer les capacités de vitesse de traitement, l'attention visuelle divisée et sélective. *L'entraînement comportemental* sera réalisé grâce au simulateur par un entraînement répété de la tâche de traversée de rue, accompagnée de retours (feed-back) sur la marge de sécurité adoptée.

L'efficacité de ces deux méthodes d'entraînement sur la traversée de rue sera testée par le protocole classique d'évaluation pré-post intervention. Ainsi, les comportements de traversée de rue des participants âgés seront évalués avant qu'ils ne prennent part au programme d'entraînement, immédiatement après et six mois après (pour évaluer l'effet à long terme de l'entraînement).

## 1. Introduction

Le projet de recherche SEPIA s'inscrit dans la perspective d'améliorer la sécurité des piétons âgés qui représentent une population très vulnérable parmi les usagers de la route.

Alors que de nombreuses études s'intéressent à la mobilité des âgés (e.g., Owsley et McGwin, 2004), l'étude spécifique de leurs décisions et comportements de traversée de rue fait encore l'objet de peu de travaux dans la littérature. Les travaux sur cette question s'accordent néanmoins à faire apparaître des changements significatifs avec l'âge potentiellement responsables du grand nombre d'accidents de piétons chez les seniors (Oxley et al., 1997, 2005 ; Lobjois et Cavallo, 2007, 2009 ; Holland et Hill, 2010). Ainsi, les piétons âgés sont plus lents pour prendre la décision de traverser et pour initier le premier pas. Ils marchent globalement plus lentement, adoptent des marges de sécurité réduites et montrent des difficultés à sélectionner des gaps suffisamment longs pour franchir le trafic en toute sécurité.

Parmi les facteurs externes de risque, nous retenons que les piétons âgés prennent plus de décisions risquées lorsque la vitesse d'approche des véhicules est élevée (Oxley et al., 2005 ; Lobjois et Cavallo, 2007, 2009). Les seniors auraient des difficultés à prendre en compte les informations relatives à la vitesse d'approche des véhicules dans leur prise de décision. Ils choisiraient de traverser la rue principalement en fonction de la distance les séparant des véhicules à l'approche. Ils ont ainsi tendance à émettre beaucoup de décisions dangereuses lorsque la vitesse d'approche est élevée (associée à de grandes distances), et à manquer des opportunités de traverser pourtant sécuritaires à vitesses faibles (associées à de courtes distances). On retient également que le facteur complexité du trafic est particulièrement préjudiciable à la sécurité des décisions de traversée de rue des seniors. 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 de circulation (Oxley et al., 1997). Les personnes âgées 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 seniors 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.

L'augmentation des traversées risquées avec l'âge a également été interprétée par des facteurs intrinsèques aux piétons, par le déclin de leurs capacités fonctionnelles associé au processus de vieillissement normal (Oxley et al., 1997, 2005 ; Lobjois et Cavallo, 2007, 2009 ; Holland et Hill, 2010). Cette relation a toutefois été très rarement mise en évidence d'un point de vue expérimental. A notre connaissance, les seules publications à ce sujet concernent soit la situation relativement simple de traversée de rue à sens unique (Dommes et Cavallo, 2011), soit impliquent un petit nombre de prédicteurs fonctionnels, surtout liés à la mobilité des seniors (Holland et Hill, 2010). Or, la littérature du vieillissement normal fait apparaître l'affaiblissement d'un vaste ensemble de capacités fonctionnelles, c'est-à-dire cognitives, perceptives et physiques. L'affaiblissement de telles capacités avec l'âge serait particulièrement préjudiciable à la gestion de situations complexes comme traverser une rue à double sens de circulation.

Il apparaît ainsi clairement que les âgés ont des difficultés cognitives notamment liées au contrôle attentionnel et exécutif, pour partager leur attention (e.g., Kramer et al., 1995 ; 1999 ; Verhagen et Cerella, 2002 pour une méta-analyse), sélectionner les informations pertinentes de l'environnement, tout en ignorant d'autres, ou encore pour planifier leurs actions et alterner entre plusieurs sources d'informations (Hasher et Zacks, 1988 ; Ball et al., 1993 ; Miyake et al., 2000 ; Salthouse, 2003). Le vieillissement se caractérise aussi par un ralentissement de la vitesse de traitement des informations, et cela d'autant plus que les tâches sont complexes (Salthouse, 1996, 2003). Les traitements cognitifs

de bas niveau (i.e. traitement des caractéristiques perceptives et sensorielles) seraient exécutés trop lentement pour que les traitements de plus haut niveau (faisant intervenir par exemple la planification, et les fonctions exécutives) soient complètement et correctement accomplis dans le temps imparti. Par ailleurs, le ralentissement de la vitesse de traitement des informations pourrait entraîner la réduction ou la perte des informations en mémoire. Ce déclin cognitif est associé à une détérioration des capacités perceptives et visuelles. Avec l'âge, les personnes ont un champ visuel utile restreint (Wolf, 1967 ; Burg, 1968 ; Rubin et al., 1997), des difficultés à percevoir les détails et les objets en mouvement, et cela notamment pour ce qui concerne les mouvements lents (Hills, 1975 ; Snowden et Kavannah, 2006). En ce qui concerne les capacités physiques, les personnes âgées souffrent généralement de problèmes d'équilibre, d'une faiblesse musculaire et articulaire (pour revue, Oxley et al., 2004 ; Spirduso et al., 2005). L'affaiblissement des mécanismes de contrôle de l'équilibre et le déclin des réflexes posturaux réduisent ainsi leur mobilité et rend les personnes âgées plus sensibles aux risques de chute. A cela s'ajoutent une initiation plus lente de la marche ainsi qu'une diminution de la longueur du pas et de la vitesse de marche, qui rendent également les seniors plus vulnérables face à un obstacle lors de leurs déplacements.

Le franchissement de rues à double sens de circulation pourrait ainsi devenir plus difficile à réaliser avec l'avancée en âge puisqu'il sollicite d'importantes capacités fonctionnelles connues pour décliner chez la personne âgée.

### **1.1.Lien entre déficits fonctionnels et comportements de traversée de rue au cours du vieillissement : résumé des résultats issus de la première phase du projet**

La première étape de ce projet a donné lieu à une expérimentation réalisée en 2010. Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'impact du déclin des fonctions perceptives, cognitives et motrices lié à l'avancée en âge sur les décisions dangereuses de traversée de rue. Les décisions dangereuses ici correspondent aux collisions potentielles qui auraient eu lieu au cours d'une traversée réelle du piéton. Cet indicateur a été calculé en tenant compte de la vitesse de marche moyenne (i.e. normale et rapide). Nous retiendrons que les principaux résultats révèlent que la majoration du nombre de collisions avec l'âge est expliquée à la fois par le déclin lié à l'âge des **capacités d'attention visuelle (sélective et divisée)**, la baisse de **l'acuité visuelle** ainsi que le ralentissement de la **vitesse de marche**.

Cette étude suggère que la majoration des décisions amenant à des collisions chez les piétons âgés ne s'explique pas par leur âge en tant que tel, mais serait le reflet d'un déclin perceptivo-cognitif et physique associé au vieillissement normal.

Précisément, nos résultats indiquent qu'un déclin des **capacités attentionnelles** avec l'âge est responsable en partie de cette majoration. Pour traverser une rue à double sens de circulation, le piéton doit percevoir les informations pertinentes dans chacune des voies, les mettre à jour continuellement en fonction des changements de trafic, et anticiper l'arrivée des véhicules dans chacune des voies. Des mécanismes de contrôle attentionnel sont donc requis. Or, la littérature du vieillissement montre clairement un déclin des capacités attentionnelles avec l'âge, et notamment des difficultés d'attention sélective visuo-spatiale (Parasuraman et al., 1998) ou en situation de double tâche (Verhaegen et Cerella, 2002). L'augmentation des collisions chez les piétons seniors pourrait ainsi résulter d'une difficulté avec l'âge à sélectionner les informations pertinentes de l'environnement et à ajuster les décisions en fonction de la nature et de la disponibilité des informations dans la scène visuelle. Dans la situation complexe du trafic à double sens de circulation, les âgés seraient particulièrement en difficulté pour prendre en compte le trafic arrivant simultanément de deux directions et pour déplacer leur foyer attentionnel d'une voie de circulation à l'autre afin d'en extraire les informations les plus pertinentes (Oxley et al., 2005).

De plus, l'augmentation des collisions avec l'avancée en âge est associée à une baisse de **l'acuité visuelle** en plus du déclin attentionnel. La traversée de rue est une tâche hautement visuelle. Le piéton doit être en mesure de réaliser une exploration visuelle fine et efficace de l'environnement afin de prendre sa décision de traverser en fonction des éléments visuels qu'il perçoit. L'environnement étant en perpétuel changement, une exploration dynamique et un traitement cognitif des informations visuelles sont nécessaires pour pouvoir notamment évaluer le temps restant disponible avant l'arrivée d'un véhicule. Or, au cours du vieillissement, les personnes âgées ont une acuité visuelle réduite et des difficultés à percevoir les objets en mouvement et notamment les mouvements lents (Snowden et Kavanagh, 2006). Ils seraient ainsi moins performants que les jeunes pour estimer le temps d'arrivée d'un véhicule et éviter une collision avec un obstacle (De Lucia et al., 2003).

Enfin, à ces deux facteurs explicatifs s'ajoute le déclin **des capacités motrices** caractérisé par le ralentissement de la vitesse de marche avec l'âge. Les piétons les plus âgés ne sembleraient pas opter pour des créneaux de temps suffisamment larges pour franchir le trafic ; ces créneaux seraient trop courts compte tenu de leur vitesse de marche ralentie. Ce constat suggère que les piétons âgés ne prendraient pas tous en compte le ralentissement moteur dont ils souffrent dans leur prise de décision.

Ainsi, la première phase du projet a permis de mettre en évidence les causes fonctionnelles expliquant la majoration des comportements dangereux avec l'âge lors de la traversée de rue. Sur la base des résultats obtenus, la seconde étape consiste maintenant à proposer et tester expérimentalement l'efficacité de différentes méthodes d'entraînement en vue d'améliorer la sécurité des seniors lorsqu'ils traversent la rue, en réentraînant les capacités fonctionnelles délétères avec l'âge et impliquées dans l'activité de traversée de rue.

## **1.2. Méthodes d'entraînement et vieillissement**

Compte tenu de la surreprésentation des personnes âgées dans le nombre d'accidents de piétons et des difficultés qu'elles éprouvent au cours de cette activité, la mise en place de programme d'entraînement à la traversée de rue paraît un moyen efficace pour améliorer leur sécurité.

Un programme d'entraînement (ou de réentraînement) se définit par un ensemble d'interventions régulières, individuelles ou en groupe, et dont l'objectif est d'améliorer les performances impliquant des modifications des comportements sous l'effet de la pratique ou d'exercices répétés. L'entraînement chez la personne vieillissante repose sur l'existence de capacités d'apprentissage résiduelles que l'on retrouve sous le terme de réserve cognitive (Stern, 2003). C'est cette réserve ou plasticité cognitive (et cérébrale pour son corrélat anatomique) qui rend possible la mise en place ou l'utilisation de stratégies compensatoires tout au long de la vie.

Alors qu'encore très peu d'études s'intéressent à la question de l'entraînement chez le piéton âgé (pour une étude récente, voir Dommes et Cavallo, 2011), on trouve depuis plusieurs années une quantité de travaux centrés sur la problématique de l'apprentissage des règles de sécurité chez le piéton enfant (Young et Lee, 1987 ; Thomson et al., 2005 ; pour revue, Schwebel et McClure, 2010) ou encore des travaux visant à pallier les effets du vieillissement afin de faciliter les activités quotidiennes des personnes âgées, dont la conduite automobile (Roemaker et al., 2003 ; Edwards et al., 2005 ; Ball et al., 2007 ; Romoser et Fisher, 2009). Parmi la multitude de ces recherches, deux grandes catégories de méthodes d'entraînement peuvent être distinguées: les entraînements perceptivo-cognitifs (e.g. Roemaker et al., 2003 ; Ball et al., 2007), et les entraînements comportementaux (e.g. Young et Lee 1987 ; Barton et al., 2007). Il est à noter que certaines études associent parfois deux types d'entraînement (e.g. pour revue, Korner-Bitensky et al., 2009).

Après une présentation de ces principales méthodes d'entraînement, nous exposerons le protocole expérimental élaboré pour la seconde phase du projet SEPIA.

### **1.2.1. Entraînement perceptivo-cognitif**

L'entraînement perceptivo-cognitif vise à entraîner les capacités perceptives (telles que l'exploration visuelle) et/ou cognitives (telles que les capacités attentionnelles, les fonctions exécutives, ou la vitesse de traitement) sous-jacentes à l'activité cible (la conduite ou la traversée de rue). Un nombre important d'exercices généralement informatisés, et parfois ludiques, est proposé au participant. Le programme d'entraînement est le plus souvent composé de plusieurs séances, avec une augmentation croissante de la difficulté des exercices. Le rejeu de certains exercices est possible, de sorte à définir un niveau d'entraînement adapté aux capacités de chaque individu entraîné. Enfin, une évaluation de l'efficacité de l'entraînement en milieu réel ou simulé sur une activité cible à améliorer (telle que la conduite ou la traversée de rue) est réalisée avant et après intervention.

Depuis quelques années maintenant les programmes de réentraînement cognitif dédiés aux seniors sont en plein essor. Ils ont comme objectif de stimuler les fonctions cognitives subissant les effets délétères liés au vieillissement. Dans ce cadre, des travaux se sont consacrés à l'entraînement des fonctions cognitives impliquées dans la conduite automobile afin de tester l'efficacité d'un tel programme sur la réduction des comportements dangereux des conducteurs âgés. Roenker et al. (2003) ont réalisé une étude visant à améliorer les performances des conducteurs âgés présentant un déficit de la taille du champ visuel sous l'effet d'un entraînement des capacités d'attention visuelle utilisant l'UFOV ("useful field of view" ou "champ visuel utile"). Ce programme d'entraînement informatisé est dérivé de la tâche classique de l'UFOV consistant à évaluer la vitesse de traitement et les capacités d'attention visuelle divisée et sélective. Ce test consiste à identifier et localiser des cibles visuelles dans des conditions plus ou moins difficiles (temps de présentation courts, présence de distracteurs). Il est en fait l'une des épreuves les plus couramment utilisées dans les travaux s'intéressant aux effets du vieillissement normal sur les capacités de conduite automobile. L'UFOV test se révèle très prédictif du nombre d'accidents (Owsley et al., 1998). Dans sa version d'entraînement, l'UFOV permet d'entraîner spécifiquement soit la vitesse de traitement, l'attention visuelle sélective ou l'attention visuelle divisée, soit les trois composantes. Le principe est que chaque participant réalise l'entraînement en commençant par les conditions les plus faciles, puis dès lors qu'il réussit à détecter 75% des cibles pour un niveau donné, alors le niveau de difficulté augmente. Ainsi, dans l'étude de Roenker et collaborateurs (2003), les performances du groupe de conducteurs âgés entraînés étaient ensuite comparées aux performances d'un groupe contrôle de conducteurs âgés ne présentant pas de déficit visuel et n'ayant pas bénéficié de l'entraînement. L'entraînement était réalisé en une seule session d'une durée d'environ 4h30. Les résultats de cette étude indiquent que l'entraînement à l'UFOV est bénéfique puisqu'à l'issue de l'entraînement les âgés entraînés présentent une amélioration de leurs performances au test de l'UFOV ainsi qu'une réduction des manœuvres dangereuses lors de la conduite. Par ailleurs, on note une persistance de ce bénéfice à long terme (lors d'une évaluation post-test à 18 mois).

Dans la lignée de ces travaux, Ball et al. (2010) ont récemment comparé l'efficacité d'un entraînement à l'UFOV avec d'autres entraînements cognitifs (i.e. entraînement mnésique et entraînement des capacités de raisonnement) sur la propension des conducteurs âgés à avoir des comportements dangereux (i.e. collision avec d'autres véhicules). L'entraînement mnésique consistait à acquérir des stratégies pour mémoriser des informations verbales (sous forme de listes de mots ou des textes). L'entraînement des capacités de raisonnement consistait, quant à lui, à acquérir des stratégies pour la résolution de problèmes logiques. Les résultats de cette étude ont montré que l'entraînement à l'UFOV et de raisonnement logique étaient particulièrement efficaces pour améliorer la conduite chez les seniors puisqu'une réduction des comportements dangereux au cours de situations de conduite réelles chez ces conducteurs a pu être observé à la suite de l'entraînement, comparé au groupe contrôle ne bénéficiant d'aucun entraînement.

Plus généralement, l'entraînement des capacités d'attention visuelle à l'aide de l'UFOV s'avère être bénéfique à l'amélioration d'autres activités de vie quotidienne (e.g. prendre des médicaments, gérer son argent, etc. ; Edwards et al., 2005 ; Ball et al., 2007). L'entraînement des capacités d'attention visuelle se révèle être un moyen efficace pour optimiser les habiletés quotidiennes des personnes âgées, leur assurant ainsi une meilleure autonomie, et cela est particulièrement vrai si les âgés présentent une réduction du champ visuel utile. Toutefois, les résultats de ces études montraient également que le transfert de l'entraînement des capacités visuelles attentionnelles et de vitesse de traitement à d'autres fonctions cognitives plus éloignées était moins évident (e.g. mémoire de travail, fonctions exécutives).

Un dernier exemple tout particulièrement intéressant pour la traversée de rue à double sens concerne l'amélioration des capacités attentionnelles en situation de double tâche. Dans une récente étude, Cassavaugh et Kramer (2009) ont proposé une méthode d'entraînement des capacités attentionnelles impliquées dans la conduite afin d'améliorer les performances des conducteurs âgés. L'entraînement était tout d'abord réalisé en simple tâche (sous la forme d'une tâche d'exploration/poursuite visuelle). Puis, l'entraînement était réalisé en double tâche : la tâche d'exploration visuelle était combinée à une tâche de mémoire de travail (i.e. les participants devaient indiquer si la couleur des stimuli qu'ils voyaient à l'écran était identique ou différente des véhicules vus précédemment). Les âgés participaient à 8 séances d'entraînement, chaque séance durant environ 90 minutes. Les tâches d'entraînement étaient toutes informatisées. L'objectif était d'entraîner les capacités de contrôle attentionnel et de gestion des ressources attentionnelles, en manipulant pour cela la priorité des deux tâches à réaliser (i.e. les participants devaient accorder plus ou moins d'importance à chacune des tâches au cours de l'entraînement). Les principaux résultats sont assez prometteurs puisqu'il en est ressorti que l'entraînement en simple et double tâche améliore les performances attentionnelles des âgés. De plus, chacun de ces modes d'entraînement s'est révélé prédicteurs de l'amélioration des comportements de conduite. De cette étude, il peut être retenu qu'un entraînement attentionnel utilisant des tâches relativement simples permet d'améliorer les performances en conduite chez les âgés. Par ailleurs, la manipulation du niveau de priorité accordé aux deux tâches a permis de renforcer l'efficacité de l'entraînement sur le long terme, et un transfert de l'apprentissage vers d'autres tâches de la vie quotidienne a pu être constaté (Bherer et al., 2006).

A côté de cette approche portant sur l'entraînement des capacités fonctionnelles sous-jacentes à l'activité cible, un entraînement comportemental peut également être pratiqué afin d'acquérir de nouvelles stratégies.

### **1.2.2. *Entraînement comportemental***

Cette méthode consiste à entraîner directement et de façon répétitive l'activité cible à améliorer par des mises en situation en milieu réel ou simulé (via un environnement virtuel). Plusieurs séances d'entraînement sont réalisées à intervalles de temps réguliers et en augmentant la difficulté de l'activité au fur et à mesure de la réussite de l'individu, associé à des retours (ou feedback) sur les performances observées. Une évaluation finale de l'efficacité de l'entraînement en milieu réel ou simulé est réalisée pour tester l'efficacité du programme d'entraînement avant et après intervention.

L'essor des dispositifs utilisant la réalité virtuelle ces dernières années a fait émerger une multitude de travaux permettant de placer les sujets en situation interactive, immersive ou non, sans danger et reproduisant au plus proche des conditions réelles. Les données de la littérature dans le domaine de la sécurité routière montrent que des travaux ont été réalisés essentiellement chez le piéton enfant ou bien encore chez le conducteur.

Ainsi, certains travaux s'intéressant à l'éducation des piétons enfants ont utilisé des protocoles d'entraînement basés sur la répétition du comportement cible à acquérir. Dans ce cadre, Young et Lee (1987 ; voir également Rothengatter, 1984) ont utilisé une méthode d'entraînement à la traversée de

vue par l'intermédiaire d'une tâche de traversée semi-réelle chez des jeunes enfants. Le dispositif comprenait deux chaussées : la première sur laquelle l'enfant s'entraînait à traverser sans trafic, et la seconde, adjacente où il y avait du trafic réel. L'enfant devait traverser la première voie en fonction du trafic présent sur la seconde. L'entraînement se faisait d'abord sur une voie en sens unique puis sur une voie à double sens de circulation. L'enfant était accompagné d'un expérimentateur qui lui donnait des feedbacks (positifs ou négatifs) sur son comportement lors de la traversée. Les résultats ont montré que dès les premières séances, les enfants sélectionnaient des gaps plus prudents, ils initiaient leur traversée plus tôt et finissaient de traverser avant que le second véhicule n'atteigne leur hauteur et prenaient en compte la durée du gap en traversant plus rapidement lorsque la fenêtre temporelle était trop courte. Ils restaient cependant prudents en refusant des gaps plutôt appropriés. De plus, l'amélioration des performances des enfants entraînés se maintenait trois semaines après l'entraînement, ce qui démontre que les enfants ont acquis de nouveaux comportements similaires à ceux d'enfants plus âgés, voire même proche de ceux employés par les adultes.

S'adressant aux comportements des conducteurs âgés, Romoser et Fisher (2009) ont réalisé assez récemment une étude visant à tester l'efficacité d'un entraînement comportemental (par pratique répétée sur simulateur de conduite) chez des conducteurs âgés de plus de 70 ans sur l'exploration visuelle et la détection de véhicules à des intersections. L'étude comprenait 6 séances. La première des séances consistait à évaluer les capacités physiques et cognitives afin d'écartier toute suspicion de déclin liée au vieillissement pathologique. La seconde séance permettait aux participants de se familiariser avec le simulateur et la tâche de conduite. Lors de la troisième séance, les participants réalisaient la tâche de conduite dans le simulateur. Puis de retour à domicile, ils faisaient une séance de conduite dans leur milieu réel. Ces séances permettaient de recueillir le niveau de performances des participants en situation de conduite avant l'entraînement (en situation de conduite simulée et réelle) afin de pouvoir établir des comparaisons avec le niveau de performances en conduite atteint après l'entraînement. Puis, l'entraînement était réalisé sur le simulateur de conduite, et au préalable, les participants avaient eu un retour de la part de l'expérimentateur sur leurs comportements observés lors des séances précédentes afin de leur signifier leurs comportements dangereux ou prudents. L'entraînement durait approximativement une heure dans le simulateur au cours duquel les participants devaient apprendre à détecter de potentiels dangers avant de tourner à une intersection et un feed-back leur était fourni après chaque essai. Enfin, une évaluation post-entraînement était réalisée, six à huit semaines plus tard, sur simulateur et en situation réelle. Les performances du groupe de participants entraînés étaient comparées aux performances d'un groupe contrôle (sans intervention) et un groupe ayant reçu un entraînement « éducatif » sensibilisant les participants aux bonnes pratiques à tenir en conduite (sous forme de texte et diaporama). Les résultats ont permis de montrer que le groupe de conducteurs âgés entraînés sur simulateur avait acquis une meilleure exploration et détection des véhicules aux intersections à la suite de l'entraînement, et aussi en comparaison avec le groupe contrôle et celui ayant reçu un entraînement éducatif. Ces résultats indiquent qu'un tel entraînement par pratique répétée favorise l'évitement de collisions par une meilleure détection visuelle des obstacles, même chez des seniors de plus de 70 ans.

Dans le domaine de la sécurité des piétons âgés, à notre connaissance, la seule étude ayant abordé la question de l'entraînement des piétons âgés a été récemment réalisée au sein de notre équipe (Dommes et al., 2011). Un entraînement mixte associant des composantes comportementales et conceptuelles a été proposé à une population âgée et très âgée, par la pratique répétée de l'activité sur notre simulateur de traversée de rue à sens unique, la sensibilisation des participants aux dangers de la traversée de rue et le réapprentissage des règles de sécurité accompagné d'un feed-back explicite sur leur marge de sécurité (prudente ou dangereuse). Les résultats montrent un effet bénéfique du programme d'entraînement sur la sécurité globale des comportements et des décisions de traversée de rue des 20 participants qui en ont bénéficié, à court et long terme (6 mois après l'intervention). En revanche, ce programme d'entraînement « conceptivo-comportemental » n'avait pas permis aux participants de mieux prendre en compte la vitesse d'approche du véhicule dans leur prise de décision de traverser ou non la rue. L'entraînement n'avait pas permis aux participants d'atténuer

l'augmentation des prises de risque à mesure que la vitesse du véhicule à l'approche augmentait, ni de réduire le nombre d'opportunités manquées à vitesse faible. On n'observait qu'une réduction légère et partielle de l'effet de la vitesse sur la prise de risque.

Réalisé uniquement dans des situations de trafic simple à sens unique, il s'avère tout à fait intéressant de poursuivre ses travaux en évaluant l'effet d'un entraînement comportemental en situation complexe telle que lors d'un trafic à double sens de circulation, qui est d'autant plus contraignante pour les seniors.

## 2. Objectifs de la recherche

S'inscrivant dans la problématique de l'entraînement, la seconde phase du projet SEPIA a pour objectif de tester et comparer l'efficacité de deux méthodes d'entraînement (cognitif vs. comportemental) sur l'amélioration de la sécurité des piétons âgés lors de la traversée de rue. Alors qu'auparavant nous nous étions uniquement intéressés au trafic simple, les présentes études envisagent l'amélioration de la sécurité des usagers seniors dans la situation particulièrement complexe et accidentogène qu'est la traversée de rue à double sens de circulation, grâce au nouveau simulateur dont nous disposons à Satory.

Plus précisément, *l'entraînement perceptivo-cognitif* sera réalisé dans le but de recouvrir et d'améliorer les fonctionnalités perceptives et cognitives altérées avec l'âge et identifiées comme responsables de l'occurrence de comportements insécuritaires de traversée de rue chez les seniors. En effet, les résultats de la première étude réalisée dans le cadre de ce projet, ont montré que les capacités d'attention visuelle (sélective et divisée) réduites avec l'âge étaient l'un des facteurs les plus prédictifs du nombre de collisions. Les capacités d'attention visuelles étaient évaluées par l'intermédiaire du célèbre test UFOV. Rappelons que des études portant sur le réentraînement des seniors à la conduite automobile (e.g. Roenker et al, 2003) ont montré une amélioration des capacités de conduite (moins de manœuvres dangereuses etc.) chez des seniors ayant participé à un entraînement perceptivo-cognitif à l'UFOV test. Dans notre problématique de l'amélioration de la sécurité des piétons âgés, il est ainsi tout à fait intéressant et pertinent de tester l'efficacité d'un entraînement perceptivo-cognitif à l'aide de l'UFOV sur les comportements de traversée de rue, et de sa généralisation à d'autres activités de la vie quotidienne.

En ce qui concerne *l'entraînement comportemental* des piétons âgés, il sera réalisé par l'intermédiaire du simulateur de traversée de rue configuré pour simuler un trafic à double sens de circulation. Cette méthode consistera en un apprentissage répété de la tâche de traversée, accompagné d'un feed-back sur leurs marges de sécurité après chaque traversée effectuée (mais sans rappel des consignes de sécurité qui introduirait en plus un entraînement « conceptuel »). Ce type d'entraînement présente l'avantage de porter directement sur le comportement à rendre plus sécuritaire, sans poser la question de la pertinence du comportement à entraîner (puisqu'il s'agit directement du comportement « à risque »), ni du transfert des compétences améliorées pendant les sessions d'entraînement (traversée sur simulateur) à la situation test (également traversée sur simulateur).

## 3. Démarche méthodologique

### 3.1. Participants

60 sujets âgés de 70 ans ou plus, moitié hommes et moitié femmes, participeront à l'expérimentation. Ils devront répondre aux critères suivants:

- être autonomes, vivant à domicile et se déplaçant quotidiennement sans cannes ni béquilles ;

- avoir un score supérieur à 24/30 au MMSE (Mini Mental State Examination, Folstein et al., 1975), attestant d'une intégrité cognitive et écartant tout risque de signe lié au vieillissement pathologique ;
- avoir une vision normale ou corrigée-à-la-normale (6/10) ;
- présenter un déficit de champ visuel (d'environ 30%) révélé par le test de l'UFOV, en référence aux travaux de Roenker (Roenker et al., 2003).

Les 60 participants âgés seront répartis sur 3 groupes de 20 personnes chacun: deux groupes expérimentaux composés de participants âgés prenant part aux programmes d'entraînement, et un groupe contrôle de participants âgés non entraînés (voir Tableau 1). Tous les groupes seront homogènes en termes de genre, âge moyen et comportement de traversée (marge de sécurité moyenne adoptée lors du pré-test).

Un autre groupe contrôle sera constitué de 20 participants jeunes. Ils auront une vision normale ou corrigée-à-la-normale (6/10).

	<b>Entraînement perceptivo-cognitif</b>	<b>Entraînement comportemental</b>
<b>Groupes Expérimentaux</b>	20 Agés (>70 ans) déficitaires à l'UFOV et entraînés à l'UFOV.	20 Agés (>70 ans) déficitaires à l'UFOV et entraînés sur simulateur.
<b>Groupe Contrôle Agé</b>	20 Agés (>70 ans) déficitaires à l'UFOV et non entraînés.	
<b>Groupe Contrôle Jeune</b>	20 Jeunes (20-35 ans) non déficitaires à l'UFOV et non entraînés.	

Tableau 1 : Récapitulatif des groupes de participants expérimentaux et contrôle.

### 3.2. Matériel

#### 3.2.1. Simulateur de traversée de rue

L'environnement de simulation est constitué de systèmes de génération et de projection d'images, et d'un système d'enregistrement des traversées de rue. Les images sont générées par dix PCs visuels (environnement LINUX / bibliothèque graphique OpenGL Performer avec des cartes GeForce 8800 GT), et chaque PC gère un projecteur. 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.

Les scènes visuelles sont rétro-projetées sur dix écrans de dimensions 244 cm (hauteur) x 183 cm (largeur) positionnés en forme de U (cf. Figure 1). De plus, un système de caméras VICON est intégré au dispositif. Une caméra est placée au-dessus de chacun des 10 écrans et orientée de sorte à couvrir tout l'espace de déplacement à l'intérieur du simulateur. Ces caméras détectent un ensemble de capteurs (fixés sur un casque porté par chaque participant), ce qui permettra d'une part d'asservir l'image virtuelle au déplacement du piéton, et d'autre part d'enregistrer la position du piéton lors de sa traversée, ainsi que ses mouvements de tête. 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 5,50 m de trottoir à trottoir.

Dans cette expérimentation, il s'agit d'une tâche de traversée réelle. Un marquage au sol indique les bords de chaussée de la rue expérimentale (largeur: 5,5 m). Au départ de la traversée, le participant est placé au bord du trottoir et au centre du simulateur face à la scène visuelle. 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. Le participant a pour tâche de juger du moment opportun pour traverser la file de voiture et pour rejoindre le trottoir d'en face.

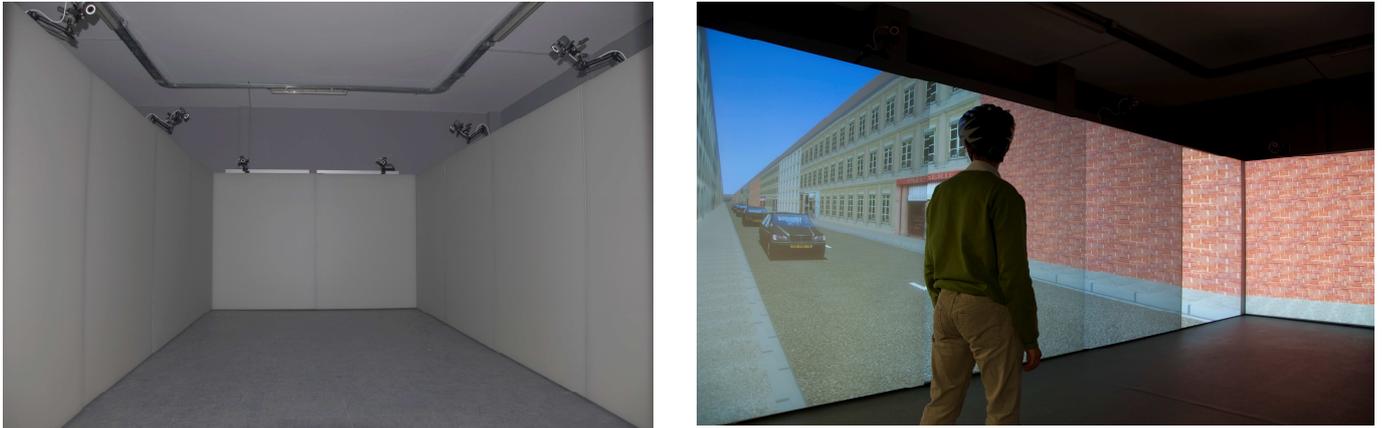


Figure 1 : Illustrations du dispositif de simulation configuré pour la traversée de rue.

### 3.2.2. Epreuves évaluant les capacités fonctionnelles

Nom du test	Fonction évaluée	Références
MMSE	Intégrité des facultés intellectuelles	Folstein & McHugh, 1975
Informations générales	Questionnaire sur les activités et l'état de santé des sujets	
Ergovision	Acuité visuelle	Essilor
UFOV Test	Détection et identification d'informations visuelles	Ball et al., 1988, 1993
UFOV Training	Version pour l'entraînement des capacités attentionnelles visuelles	Ball et al., 1988 Edwards et al., 2002
Vitesse de marche	Tâche expérimentale de vitesse de marche sur 5,50 mètres	

Tableau 2 : Récapitulatif des tests et questionnaires utilisés lors des expérimentations

Les épreuves et tests présentés dans le Tableau 2 sont présentés ci-après.

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

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.

- Questionnaire d'informations générales

Ce questionnaire sur les habitudes de transport, activités et état de santé sera complété par chaque participant. Il s'agit 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 comporte également des items relatifs à l'état de santé. Les réponses à ce questionnaire nous permettent d'exclure les participants ayant des maladies neurologiques ou troubles de l'humeur ou encore de motricité.

- L'acuité visuelle

Un examen ophtalmique sera réalisé avec l'Ergovision® (Essilor). C'est un appareil de dépistage standardisé grâce auquel nous mesurons l'acuité visuelle monoculaire et binoculaire, pour la vision de près et de loin.

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

L'UFOV teste le champ visuel utile. Il permet de mesurer le seuil d'identification et de localisation de cibles visuelles 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 limité. 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 pour lequel le sujet réussit la double tâche, et de déceler un éventuel 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 pour lequel le sujet réussit la double tâche, et de déceler un éventuel déficit d'attention sélective.

- UFOV® Training (Ball et al., 1988 ; Edwards et al., 2002)

Dérivée de l'UFOV Test décrit ci-dessus, la version Entraînement (ou Training) de l'UFOV repose sur le même principe que la version test. Adaptable aux besoins et aux performances de chaque individu, l'UFOV Training permet d'entraîner soit la vitesse de traitement, soit l'attention divisée, soit l'attention sélective ou bien l'ensemble de ces fonctions.

- Mesure de la vitesse de marche de la vitesse de marche:

Dans le simulateur, les deux marquages au sol tracés pour représenter les bords des trottoirs de la chaussée de 5,50 mètres de large sont utilisés pour mesurer la vitesse de marche. Placé au bord du trottoir, on demande au sujet de traverser la chaussée pour rejoindre le trottoir d'en face. Il effectue cette tâche 3 fois de suite à allure normale, et 3 fois en marchant le plus rapidement possible. La moyenne des vitesses de marche est calculée.

### 3.3. Tâche et procédure

Les deux programmes d'entraînement utiliseront le protocole classique d'évaluation pré-post intervention. Ainsi, les comportements de traversée de rue des participants âgés seront évalués avant qu'ils ne prennent part au programme d'entraînement, immédiatement après et six mois après (pour évaluer l'effet à long terme de l'entraînement). Les conditions expérimentales des pré-et post-tests sont identiques pour permettre la comparaison des comportements.

#### 3.3.1. La tâche de traversée dans les pré- et post-tests

Lors des pré- et post-tests, les 4 groupes de participants réalisent la tâche de traversée de rue sur simulateur. Ces tests comprennent 36 essais, correspondant à une durée approximative de 15 minutes. La passation des participants est individuelle.

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 est équipé du casque sur lequel sont positionnés les capteurs de mouvement. A chaque essai, il voit la scène visuelle avec des files de véhicules approchant dans les deux sens de circulation. La tâche consiste à franchir la chaussée lorsque le participant le juge possible : s'il estime en avoir le temps, il doit traverser la chaussée entre les voitures approchant, et cela d'une seule traite et sans courir. S'il pense ne pas avoir le temps, il attend le prochain essai.

Pour les conditions expérimentales, plusieurs situations de trafic à double sens de circulation ont été élaborées (Figure 3). Pour la voie proche, on fait varier l'intervalle temporel entre les mobiles V3 et V4 (de 1 à 5 secondes, par pas de 1 seconde). Pour la voie éloignée, on fait varier l'intervalle temporel entre la ligne de traversée et le mobile V3 (gap variant de 1 à 5 secondes), et on ajoute à ce gap manipulé une constante de temps qui correspond au temps que met le piéton pour traverser la voie proche. Les autres véhicules dans les files (précédant ou suivant les voitures cibles) sont séparés par des intervalles de 1 seconde. Dans tous les cas, les participants disposent de 6 secondes d'exploration de la scène visuelle avant de disposer d'un premier créneau de traversée. La vitesse de déplacement des véhicules est également variée (40 ou 60 km/h). Le nombre d'essais à 40 et 60 km/h est équivalent (soit 18 essais par vitesse). Enfin, pour diversifier les conditions de trafic à double sens, on a fait varier le moment d'arrivée des mobiles à la hauteur du piéton, qui arrivent soit dans la voie proche d'abord, soit dans la voie éloignée d'abord. De plus, quelques essais de trafic à sens unique ont également été inclus pour augmenter la variabilité des conditions de trafic. Les 36 essais sont présentés dans un ordre aléatoire.

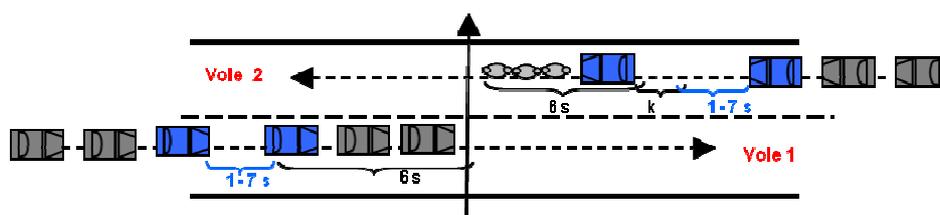


Figure 3 : Illustration des conditions de trafic à double sens de circulation.

### **3.3.2. Entraînement perceptivo-cognitif**

L'entraînement perceptivo-cognitif utilisera le programme d'entraînement UFOV développé par Ball et al. (1988) et Edwards et al. (2002). En fonction de chaque participant, un entraînement personnalisé sera effectué. On s'assurera au préalable que le participant présente un déficit à l'UFOV Test. Dès lors que la somme des performances aux 3 parties révèle une baisse de 30% par rapport aux normes établies par l'équipe de Roenker (Roemaker et al., 2003), le participant pourra être retenu pour faire partie du groupe expérimental bénéficiant d'un entraînement à l'UFOV.

Le participant déficitaire à l'UFOV sera alors entraîné aux trois parties de l'UFOV Training, en commençant par la condition la plus simple, à savoir l'entraînement de la vitesse de traitement visuel. Pour chacune des parties évaluant respectivement, la vitesse de traitement (partie 1) l'attention visuelle divisée (partie 2) et l'attention visuelle sélective (partie 3), l'expérimentateur fixe la vitesse de présentation des stimuli à l'écran, le degré d'excentricité des items (pour les parties 2 et 3), et la couleur des stimuli. Pour une partie et pour une vitesse choisie, 2 blocs d'essais au minimum seront réalisés; dès lors que le sujet réussit à détecter correctement 75% des cibles, il peut passer à une nouvelle série de blocs présentés à une vitesse de présentation plus rapide. S'il échoue, des blocs supplémentaires dans la même condition sont présentés au participant.

L'objectif de l'entraînement est que le participant parvienne à identifier correctement au moins 75% des cibles à la vitesse la plus élevée possible, pour chaque partie. A la fin de chaque séance d'entraînement, l'expérimentateur présente les résultats au participant afin qu'il puisse avoir un retour sur ses performances et son amélioration d'une séance à l'autre.

### **3.3.3. Entraînement comportemental**

Le programme d'entraînement proposera aux participants des essais de traversée dont la complexité augmentera au fur et à mesure des séances : le piéton âgé s'entraînera tout d'abord à la traversée de rue à sens unique, puis à double sens. Dans chaque situation, des intervalles plus ou moins sécuritaires et des vitesses d'approche des véhicules plus ou moins rapides seront présentés. Des feedbacks seront délivrés aux participants et concerneront principalement la marge de sécurité, c'est-à-dire le niveau de sécurité du comportement de traversée. La marge de sécurité de chacune des décisions prises par le participant sera calculée online. L'expérimentateur communiquera alors au participant chacune des marges relevées. Si la marge de sécurité est trop restreinte et induit une traversée non sécuritaire, l'essai sera à nouveau présenté au participant.

### **3.3.4. Transfert et maintien des capacités entraînées**

Le **transfert** des fonctionnalités comportementales et cognitives entraînées à d'autres compétences, plus ou moins éloignées, sera également étudié. Par exemple, le transfert des apprentissages à l'amélioration d'autres activités liées à la sécurité routière (détection de deux roues en milieu urbain) ou d'autres tâches attentionnelles/exécutives (par exemple, issues de la batterie TAP de Zimmerman et Fimm (2009)).

Le **maintien** dans le temps des effets liés au programme d'entraînement cognitif sera examiné par une évaluation des performances aux tests cognitifs six mois après l'intervention.

### **3.3.5. Procédure**

Les sujets des deux groupes expérimentaux participeront à 5 séances expérimentales, tandis que les sujets des deux groupes contrôle participeront à 3 séances.

Lors de la première séance, chaque participant sera accueilli par l'expérimentateur. Les objectifs de l'étude et les conditions de participation lui seront présentés. Le participant signera alors le formulaire de consentement éclairé.

Cette première séance, sera consacrée à la passation du pré-test. Après s'être familiarisé avec la tâche par quelques essais, le participant effectuera les 36 essais de traversée de rue dans le simulateur. Il sera également soumis aux épreuves perceptivo-cognitives (MMSE, UFOV test, Ergovision) et physiques (mesure de la vitesse de marche).

Puis, trois sessions d'entraînement pour les groupes d'âgés bénéficiant d'un entraînement, sont prévues à raison d'une séance par semaine pendant trois semaines. Chaque séance durera environ 1 heure 30 avec des pauses régulières.

Une séance post-test sera réalisée immédiatement après la dernière séance d'entraînement: tous les participants réaliseront à nouveau la tâche de traversée de rue sur simulateur.

Enfin, une séance de post-test différé (traversée de rue sur simulateur) sera réalisée par tous les participants six mois après l'intervention.

Les groupes contrôle d'âgés et jeunes non entraînés réalisent uniquement les séances de pré- et post-tests.

Le transfert des apprentissages à d'autres activités ainsi que l'évaluation du maintien de l'efficacité de l'entraînement seront évalués au cours du post-test immédiat et différé.

### 3.4. Analyse des données

Les données enregistrées dans les tâches de traversée porteront sur la décision de traverser ou non et les paramètres cinématiques de cette traversée (moment d'initiation, vitesse moyenne et maximale...). Les performances lors des épreuves perceptivo-cognitives et motrices ainsi que lors de l'entraînement cognitif seront également enregistrées.

Les données seront analysées pour étudier l'efficacité respective des différentes méthodes d'entraînement pour améliorer ou non la sécurité des comportements de traversée de rue des seniors, par des techniques statistiques comme l'ANOVA et les régressions.

## 4. Planning prévisionnel des sessions expérimentales

Le planning prévisionnel ci-dessous (Tableau 3) présente les sessions expérimentales prévues pour l'entraînement cognitif et comportemental incluant les séances de pré-test, les séances d'entraînement ainsi que les séances de post-test immédiat et différé (à 6 mois).

2011	jan.	fév.	mar	avr	mai	jui.	juil.	aoû	sep.	oct.	nov.	déc.
Entraînement Cognitif									Pré-test		UFOV training	Post-test imm.
2012	Jan.	fév.	mar	avr	mai	jui	juil.	aoû	sep.	oct.	nov.	déc.
Entraînement Cognitif					Post-test diff.							
Entraînement Comportemental	Pré-test	simulateur training	Post-test imm.						Post-test diff.			

Tableau 3 : Planning des sessions expérimentales pour l'entraînement cognitif (en jaune) et comportemental (en vert).

## 5. Références bibliographiques

- Ball K & Owsley C. (1993) The useful field of view test: A new technique for evaluating aged-related declines in visual functions. *Journal of the American Optometric Association*; 64: 71-79.
- Ball K, Edwards J, Ross L. (2007). The impact of speed of processing on cognitive and everyday functions. *Journal of Gerontology: SERIES B*, 62B (special issue 1): 19-31.
- Ball, K., Edwards, J. D., Ross, L. A., & McGwin, J. G. (2010). Cognitive Training Decreases Motor Vehicle Collision Involvement of Older Drivers. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58, 2107-2113.
- Barton BK, Schwebel DC, Morrongiello BA (2007). Brief report: increasing children's safe behavior through simple skills training. *Journal of Pediatric Psychology*, 32 (4), 475-480.
- Burg, A. (1968). Lateral visual field as related to age and sex. *Journal of Applied Psychology*, 52(1), 10-15.
- Cassavaugh, N. D., & Kramer, A. F. (2009). Transfer of computer-based training to simulated driving in older adults. *Applied Ergonomics*, 40, 943-952.
- 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.
- Dommes A., Cavallo V., Vienne F, Aillerie I. (2011). Age-related differences in street-crossing safety before and after training of older pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*.
- Dommes, A., & Cavallo, V. (2011). The role of perceptual, cognitive, and motor abilities in street-crossing decisions of young and older pedestrians. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 31, 292-301.
- Edwards J D, Wadley V G, Vance D E, Roenker D L and Ball K K (2005).The impact of speed of processing training on cognitive and everyday performance. *Aging and Mental Health*; 9:262-271.
- 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), 189-198.
- Fontaine H & Gourlet Y (1997). Fatal pedestrians accident in France: a typological analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 29, 303-312.
- Hasher, L., Zacks, R.T. (1988) Working memory, comprehension, and aging: a review and a new view. In Bower, G.H., (Eds.), *The Psychology of Learning and Motivation* (pp. 193-225). San Diego, Calif: Academic Press.
- Holland C, Hill R. (2010). Gender differences in factors predicting unsafe crossing decision in adult pedestrians across the lifespan: a simulation study. *Accident Analysis and Prevention*, 42:1097-1106.
- Korner-Bitensky N, Kua A, von Zweck C, Van Benthem K. (2009). Older driving retraining: an updated review of evidence of effectiveness. *Journal of Safety Science*, 40, 105-111.
- Kramer AF, Hahn S, & Gopher D (1999). Task coordination and aging: explorations of executive processes in the task switching paradigm. *Acta Psychologica*, 101, 339-378.
- Kramer AF, Humphrey DG, Larish JF, Logan GD, & Strayer DL (1994). Aging and inhibition: Beyond a unitary view of inhibitory processing in attention. *Psychology and Aging*, 9, 491-512.
- Lobjois R, & Cavallo V. (2009). The effects of aging on street-crossing behavior: from estimation to actual crossing. *Accident Analysis and Prevention* 41 (2), 259-267.
- 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 and Prevention*, 39, 934-943.
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, A.H., Howerter, S. & Wager, T.D. (2000) The unity and diversity of executive functions and their contribution to complex « frontal lobe » tasks : A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Owsley C, Ball K, McGwin GJ, Sloane ME, roenker DL, White MF, Overlay ET (1998). Visual processing impairment and crash risk among older adults. *JAMA*, 279: 1083-1088.
- Oxley JA, Fildes B, Ihsen E, Charlton J & Day R. (1997). Differences in traffic judgments between young and old adult pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, 29, 839-847.
- Oxley JA, Ihsen E, Fildes B N, Charlton J L. & Day RH. (2005). Crossing roads safely: An experimental study of age differences in gap selection by pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 962-971.
- Parasuraman R., Greenwood P.M. (1998). Selective attention in aging and dementia. In: Parasuraman R., ed., *The attentive brain*. Cambridge: MIT Press: 461-487.
- Roenker, D.L., Cissel G.M., Ball, K.K., Wadley, V.G., & Edwards J.D. (2003). Speed-of-processing and driving simulator training result in improved driving performance, *Human Factors*, 45 (2), 218-233.

- Romoser M, & Fisher D (2009). The effect of active versus passive training strategies on improving older drivers' scanning in intersections. *Human Factors*, 51 (5) 652-668.
- Rothengatter T. (1984) a behavioural approach to improving traffic behaviour of young children, *Ergonomics*, 27, 147-60.
- Rubin GS, West SK, Munoz B, Bandeen-Roche K, Zeger S, Schein O, Fried LP, & the SEE Project team (1997). A comprehensive assessment of visual impairment in a population of older Americans. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 38, 557-568.
- 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.
- Salthouse, TA. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in recognition. *Psychological Review*, 103, 403-427.
- Schwebel D, & McClure L. (2010). Using virtual reality to train children in safe street-crossing skills. *Injury Prevention*, 16, 1-5.
- 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.
- Spirduso, W. W., Francis, K.L., MacRae, P.G. (2005). *Physical dimensions of aging (2nd)*. Champaign, Ill.; United States: Human Kinetics Publishers.
- Thomson J.A., Tolmie A.K., Foot, H.C., Sarvary P., Whelan K.M., & Morrison, S. (2005). Influence of virtual reality training on the roadside crossing judgments of child pedestrians. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 11, 175-186.
- Verhaegen P. & Cerella J. (2002). Aging, executive control and attention: a review of meta-analyses. *Neuroscience Behavioral Review*, 26, 849-857.
- Wolf, E. (1967). Studies on the shrinkage of the visual field with age. *Transportation Research Record*, 164, 1-7.
- Young D.S. & Lee D.N. (1987). Training children in road crossing skills using a roadside simulation. *Accident Analysis and Prevention*, 19 (5), 327-341.
- Zimmerman P. & Fimm B. (2009) Tests d'évaluation de l'attention. Freiburg: Psytest.