

**MOHAMED KASSAAGI**  
**MICHÈLE MOESSINGER**



**UNIVERSITE PARIS X NANTERRE**  
**THIERRY MEYER**



**PATRICIA DELHOMME**



**CLAUDE VALOT (IMASSA)**

**LOT 1**

**Décisions d'aide :**

**N°03K208 (GIE)**

**N° 03K210 (INRETS LPC)**

**N°03K211 (Paris X)**

**Attitudes et dynamique de la confiance dans les alertes et les assistances à la  
conduite (ADAAC)**

**Responsable scientifique :**

**Michèle MOESSINGER**

**GIE RE PSA Peugeot Citroën – Renault**

**LAB**

**132, rue des Suisses – 92 000 NANTERRE**



## Avec la participation de

- **LAB**

Jean Marc Bersac – Ingénieur – CEESAR

Lionel Bouloumier – Ingénieur – CEESAR

Laure Bruel – Ingénieur – PSA

Thomas Chapron – Ingénieur – PSA

Jean Pierre Colinot – PSA

Julie Roguet – étudiante DEA Paris X

Clément Val – Ingénieur – GIST

Mathilde Wilczyk - Ingénieur – GIST

- **INRETS**

Isabelle Ragot – Chargé de recherche

- **UNIVERSITE PARIS X**

Jean François Verliac – Maître de conférences

Patricia Causse



# TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>9</b>
<b>DE LA CONFIANCE A L’AUTO-EFFICACITE</b> .....	<b>11</b>
1. CONFIANCE .....	12
1.1. Mesures de confiance dans le système et de la confiance à utiliser le système.....	15
1.2. Principaux résultats des recherches sur la confiance .....	18
1.3. Eléments d’explication quant à la divergence des conclusions.....	21
1.4. Type de système et observation.....	21
2. DE LA CONFIANCE A L’AUTO-EFFICACITE .....	26
<b>PROBLEMATIQUE : VUE D’ENSEMBLE ET HYPOTHESES</b> .....	<b>31</b>
1. VUE D’ENSEMBLE SUR LE PRINCIPE DE LA RECHERCHE .....	31
2. OBJECTIFS ET HYPOTHESES OPERATIONNELLES .....	33
<b>METHODE</b> .....	<b>35</b>
1. LE RECRUTEMENT DES SUJETS .....	35
2. L’EXAMEN DE PRESELECTION.....	35
2.1. L’examen médical.....	35
2.2. L’examen d’adaptation au simulateur de conduite .....	36
3. LE SIMULATEUR DE CONDUITE SHERPA .....	36
4. LE CIRCUIT UTILISE .....	37
5. LE SYSTEME D’ALERTE .....	38
5.1. Fonctionnement .....	38
5.2. Performance .....	39
6. LA TACHE SECONDAIRE .....	40
7. LES SCENARII .....	41
7.1. Suivi de véhicules .....	41
7.2. Non reconnaissances .....	43
8. MESURES OBJECTIVES DE CONDUITE .....	46
8.1. Sur l’ensemble du circuit.....	46
9. MESURES SUBJECTIVES DE CONDUITE .....	47
9.1. Mesures de personnalité.....	48
9.2. Mesures de confiance générale .....	49
9.3. Jugement sur la voiture et sa propre conduite .....	49
9.4. Auto-efficacité : .....	49
9.5. Evaluation de la Simulation .....	50
9.6. Le questionnaire des 24 heures précédant l’expérience .....	51
10. PROTOCOLE EXPERIMENTAL.....	51
10.1.Phase de recrutement .....	52
10.2.Phase expérimentale.....	52

<b>RESULTATS .....</b>	<b>55</b>
1. METHODES D'ANALYSES .....	55
2. VERIFICATION DE L'HOMOGENEITE DES GROUPES .....	55
2.1. <i>Caractéristiques et attentes des sujets en relation avec l'automobile</i> .....	55
2.2. <i>Equivalence des conditions contrôles</i> .....	60
2.3. <i>Hypothèse 1 : Impact du SID sur les performances de conduite</i> .....	64
2.4. <i>Hypothèse 2 : Performance du SID et Auto-Efficacité</i> .....	88
2.5. <i>Hypothèse 3 : Confiance dans le SID et modification du comportement de conduite</i> .....	92
2.6. <i>Questionnaire post-conduite à propos du SID</i> .....	97
<b>DISCUSSION.....</b>	<b>105</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>108</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS .....</b>	<b>112</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX.....</b>	<b>116</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>117</b>







## INTRODUCTION

L'introduction d'automatismes sous forme de systèmes d'aides et/ou d'informations dans le domaine de la conduite automobile pose le problème fondamental de leur utilisation par une population non spécifiquement formée à leur utilisation. Des travaux effectués en Recherche et Développement amènent à craindre un détournement de l'usage de ces systèmes qui pourraient entraîner l'émergence de comportements routiers inadaptés. Cette constatation entraîne une réticence à l'extension de ces outils alors même que ces nouvelles technologies seraient propices à améliorer les conditions de sécurité.

L'une des questions fondamentales dans ce champ d'interaction homme/machine reste la question de la confiance. L'absence de confiance de l'opérateur peut au mieux annuler l'effet positif de l'aide, mais elle peut aussi entraîner des comportements de méfiance pouvant finalement augmenter la charge de travail de l'opérateur. A l'inverse, une confiance trop importante peut amener l'opérateur à surestimer les compétences de la machine et de ce fait rendre son activité comportementale habituelle moins efficace.

L'objectif de cette recherche est d'étudier en conduite automobile simulée l'évolution de la confiance dans une assistance de type alerte anti-collision fronto-arrière (AAC). Nous avons mis l'accent sur les variations de la confiance selon les performances du système et l'interaction avec l'environnement et l'âge des conducteurs. La confiance est approchée comme un comportement (utilisation de l'aide dans les situations critiques) et comme une expérience subjective qui renvoie à l'évaluation de ses propres capacités à utiliser le système d'aide (auto-efficacité). Dans une première étape, nous proposons une synthèse des travaux sur la confiance dans les aides à la conduite. La seconde étape est consacrée à la problématique de notre recherche empirique. La troisième étape précise la méthode utilisée. Les principaux résultats sont présentés dans la quatrième étape et discutés dans la sixième étape. Une conclusion vient clore ce travail.



## DE LA CONFIANCE A L'AUTO-EFFICACITE

Un système d'aide à la conduite est conçu pour améliorer les performances de conduite en termes sécuritaire et le confort des automobilistes. L'aide implique que l'utilisateur développe une confiance calibrée par rapport aux capacités du système d'aide. Si le système d'aide présente des défaillances (par exemple nombreuses fausses-alarmes), le conducteur lui accordera une faible confiance. A l'opposé quand le système d'aide présente de grandes capacités alors la confiance sera augmentée. La confiance accordée au système est donc ici supposée être le reflet de la capacité réelle du système d'aide. A défaut de calibrage, la confiance peut être exagérée (surconfiance) ou insuffisante (défiance exagérée).

La surconfiance se caractérise par la surestimation des capacités du système, elle implique que le système peut engager à une prise de risque augmentée. La surconfiance est typiquement associée au biais d'automatisme (Skita, Mosier & Burdik, 2000) et spécialement les erreurs de type « commission » telles que les utilisateurs suivent les recommandations du système d'aide quand bien celui-ci fournit des indications contraires à l'évidence.

La défiance exagérée se caractérise par la sous-estimation des capacités du système le conducteur ne bénéficie pas alors de la protection potentielle du système (Figure 1).

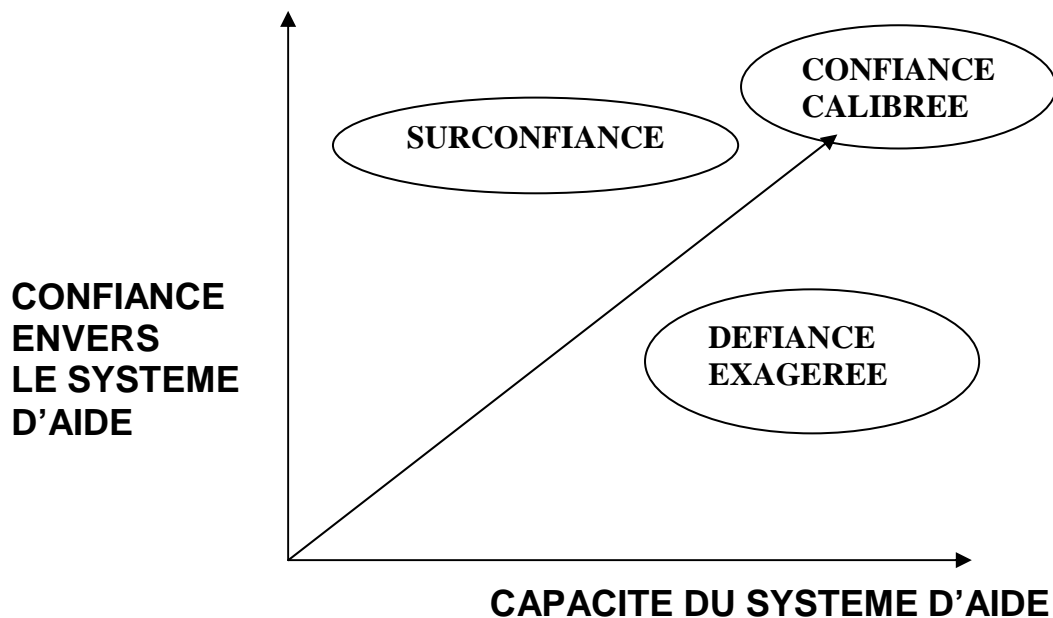


Figure 1 : Calibrage de la confiance entre surconfiance et défiance exagérée.

Surconfiance et défiance exagérée présentent un caractère asymétrique. Un déficit de confiance (défiance) apparaît plus rapidement et semble plus difficile à rattraper qu'un excès de confiance (surconfiance). Selon un autre angle la confiance peut varier selon le degré de dépendance de l'individu par rapport au système. Dans des circonstances où il y a déficit de moyens habituels, l'aide devient un vrai recours. Par ailleurs le système d'aide dédié à une fonction particulière peut interférer avec la conduite habituelle, ou d'autres systèmes.

Bref, il reste beaucoup à apprendre sur la manière dont se construit la dynamique de la confiance dans les aides à la conduite.

Avant d'aborder notre propre recherche, nous proposons ici une revue de question sur la question de la confiance. Le point de vue sera d'abord général (confiance en soi) puis plus

spécialisé à propos des aides à la conduite de systèmes. Nous discuterons pour terminer de l'intérêt d'une facette particulière de la confiance : l'auto-efficacité, c'est-à-dire la dimension de la confiance la plus orientée vers l'action.

## **1. CONFIANCE**

L'automatisation est reconnue comme apportant des gains notables aux opérateurs ou usagers. Ces gains sont réputés supérieurs aux inconvénients qu'elle implique. La balance entre les avantages de la délégation à un système et le contrôle personnel est cependant difficile à établir. La conduite automobile n'échappe pas à une automatisation de plus en plus présente tant sur le plan du véhicule que de l'infrastructure.

L'émergence de systèmes automatisés a engendré un nombre croissant de recherches consacrées notamment à l'efficacité de l'interaction entre l'opérateur et le système (ou système global). L'objectif de ces travaux est le plus souvent d'optimiser le processus de décision de l'opérateur entre un mode automatique et un mode manuel lorsque ces deux modes sont possibles.

Une des principales dimensions étudiées pour accroître l'efficacité de l'interaction entre l'opérateur et le système automatisé est la confiance de l'opérateur dans le système (Hancock & Parasuraman, 1992). Nombre de travaux attestent en effet que la confiance d'un usager dans un système automatisé est un bon prédicteur de l'utilisation du système (Abe, Itoh & Tanaka, 2002 ; Dzindolet, Peterson, Pomranky, Pierce & Beck, 2003 ; Lee & Kantowitz, 1998 ; Lee & Moray, 1992 ; Muir, 1994). Muir et Moray (1996) ont par exemple trouvé un lien positif entre la confiance dans un système automatisé et la durée de son utilisation par les sujets. Plus généralement, la confiance est liée à l'utilisation, à l'abandon (ou au rejet) et (ou) à l'usage inapproprié des systèmes automatisés (Parasuraman & Riley, 1997).

Toutefois l'utilisation du système automatisé peut notamment dépendre de la confiance en soi, c'est-à-dire la confiance que l'opérateur a dans ses propres capacités à réaliser la tâche sans l'aide (Lee & Moray, 1992). Lorsque la confiance de l'usager dans un système automatisé et la confiance en soi sont introduites, de meilleures prédictions quant à l'utilisation du système automatisé sont alors observées (de Vries et al., 2004 ; Lee & See, 2004 ; Kantowitz et al., 1997 ; Lee & Moray, 1992, 1994 ; Riley, 1996). Plus précisément, l'utilisation du système automatisé dépend notamment de l'écart entre la confiance dans le système automatisé et la confiance en soi.

Dans une première étape, nous présentons quelques définitions de la confiance dans les systèmes automatisés en intégrant la confiance en soi, puis nous précisons comment la confiance dans les systèmes et la confiance en soi sont mesurées dans les recherches. Dans une seconde étape, nous exposons les principaux résultats issus de travaux sur la confiance. Enfin, nous proposons quelques éléments d'explication aux conclusions apparemment divergentes des recherches sur la confiance.

### **Définitions**

Avant d'être appliquée à l'interaction homme-machine, le concept de confiance a d'abord été opérationnalisé dans le cadre des jugements sur soi et sur les relations interpersonnelles.

#### **Confiance en soi et auto-efficacité généralisée**

Le premier niveau de la confiance est celle que l'on s'accorde à soi-même de manière globale. La littérature est riche sur cette dimension. En premier lieu, l'estime de soi est approchée comme un jugement de valeur globalement favorable porté sur soi. On sait que l'estime de soi est souvent associée positivement à la prise de risque (Baumeister, Campbell, Krueger, &

Vohs, 2003). D'autres construits proches comme la confiance en soi sont plus orientés vers les perspectives futures (Garain, Charest, Thomassin & Alain, 2001). La confiance relative à sa propre capacité à agir dans un contexte donné pour atteindre ses buts a été mesurée depuis quelques années sous l'angle de l'auto-efficacité généralisée (Scholz, Gutierrez Dona, Sud & Schwarzer, 2002). Alors que l'auto-efficacité concerne les cognitions optimistes relatives à la réalisation d'action dans un contexte précis (Bandura, 2002 ; 2001), l'auto-efficacité généralisée élargit ces cognitions à tous les domaines de la vie. Nous avons-nous même mis en œuvre dans la présente recherche une mesure de la confiance et de l'auto-efficacité généralisée. Il est plausible qu'une part de la confiance que l'on accorde à tel ou tel système renvoie à une confiance en soi plus générale de ce système.

### **Confiance interpersonnelle**

La confiance a tout d'abord été étudiée sur le plan des relations interpersonnelles (Rempel, Holmes & Zanna, 1985). La confiance est alors définie comme une attente envers un référent spécifique, elle correspond au fait de se fier à ce référent. L'échelle de confiance proposée par Rotter (1967 ; 1980) mesurait « *une attente de la part d'individus ou de groupes telle que l'on peut s'appuyer sur les mots, les promesses, les affirmations verbales ou écrites d'autrui* » (Rotter, 1967). Plus récemment, Yuki et al. (2003) ont défini la confiance comme « *une attente d'un traitement favorable dans une situation incertaine ou risquée* » ou encore comme la croyance selon laquelle « *autrui agira dans un sens bénéfique (ou dans un sens de non menace) avant que l'on connaisse les conséquences de son comportement* ».

Appliqués aux organisations les travaux portent sur la confiance entre supérieurs hiérarchiques et subordonnés (Nyhan, 2000 ; Tan & Tan, 2000) ou encore entre entreprises et consommateurs (Morgan & Hunt, 1994 ; Muller, 1996). C'est sur la base de ces approches, que les recherches sur la confiance dans l'automatisation se sont développées. Les paramètres de la confiance continuent ainsi d'être étudiés notamment en relation avec le risque. On suppose que la confiance augmente quand le risque augmente (Koller, 1988).

### **Confiance envers les systèmes**

Les définitions de la confiance appliquée à la relation individu-système montrent une grande inconsistance en présentant la confiance comme une croyance, une attitude, une intention ou même un comportement (Lee & See, 2004). Selon Parasuraman et Miller (2004), la confiance renvoie à la disposition de l'utilisateur à croire l'information provenant d'un système ou à faire usage des capacités du système. De Vrie, Midden et Bouwhuis (2003) considèrent quant à eux la confiance comme un état mental défini par l'attente favorable d'un usager vis-à-vis de la tâche qu'accomplira le système alors même que le résultat (positif ou négatif) de cette tâche est incertain. En d'autres termes, la notion de confiance a un sens lorsque une situation de risque est présente (Lee & See, 2004) ou que le sujet choisit lui-même de se placer dans une situation de risque (Kohring & Kastenholz, 2000 cités par de Vrie et al., 2004).

Considérer la confiance comme l'intention d'utiliser le système ou comme l'usage effectif de ce système entraîne une confusion entre les effets de la confiance dans le système et d'autres facteurs également susceptibles d'influencer, à eux seuls (soit indépendamment de la confiance), l'usage du système (Lee & See, 2004). Ces facteurs renvoient par exemple à la charge mentale de l'opérateur, la conscience de la situation, le niveau de risque associé à la situation et (ou) la confiance en soi (Lee & Moray, 1994 ; Riley, 1996).

De plus, si l'impact de la confiance dans le système sur l'usage qui en est fait est attesté dans beaucoup de travaux, d'autres facteurs liés à l'individu (comme la fatigue, l'ennui, la distraction, les traits de personnalité), au système (dysfonctionnement, degré de complexité) et (ou) à l'environnement (conduite de jour ou de nuit, climat, etc.) peuvent intervenir dans la constitution ou les variations de la confiance.

Lee et See (2004) définissent la confiance « *comme l'attitude d'un individu envers un agent (par exemple un système d'assistance) qui l'aidera à atteindre ses buts dans une situation*

caractérisée par de l'incertitude et de la vulnérabilité ». Les auteurs se réfèrent au Modèle de l'Action Raisonnée (MAR) d'Ajzen et Fishbein (1980) pour distinguer la confiance (ou attitude) envers un système et le comportement (ou usage de ce système). Pour Lee et See, les expériences personnelles vont contribuer à la formation de l'attitude vis-à-vis de l'usage d'un système, laquelle guidera l'intention comportementale qui se transformera en comportement effectif selon les contraintes auxquelles l'individu aura à faire face. L'avantage du MAR est de pouvoir aider à expliquer l'influence de la confiance dans un système sur l'usage qui peut en être fait. Toutefois une attitude implique généralement une certaine stabilité. Or les fluctuations de la confiance ont été largement démontrées. La confiance dans un système renverrait alors davantage à une croyance.

Alors même que les auteurs ne s'accordent pas pour donner une définition de la confiance dans l'automatisation, il existe toutefois plusieurs zones de recouvrement entre les concepts étudiés par des chercheurs en sciences de l'ingénieur ou en sciences humaines et sociales pour aborder la confiance. Généralement, ils définissent la confiance de l'usager dans les systèmes ou dans la technologie en général, comme un concept dynamique, multidimensionnel incluant la fiabilité du système d'aide comme une des dimensions centrales. S'adossant au modèle de Rempal et al. (1985) sur le développement de la confiance envers une autre personne, Muir (1994) a proposé un modèle de la confiance envers les systèmes automatisés (Tableau 1) où il dégage trois stades qui apparaissent selon une série temporelle :

- la prédictibilité des comportements du système j,
- la dépendance selon les dispositions du système
- la foi (faith) de l'individu envers l'automatisation, basée sur la prédictibilité et sur la fiabilité du système qui va au-delà de ce que le système peut faire.

Puis Muir et Moray (1996) construisent un modèle de la confiance en reprenant ces trois facteurs auxquels ils ajoutent : la compétence du système automatisé, sa responsabilité et sa fiabilité. D'autres dimensions telles que son utilité, sa robustesse et sa familiarité sont également rencontrées (Sheridan, 1988 cité par Gupta, Bisantz, & Singh, 2002) ainsi que la compréhension plus ou moins précise de la manière dont le système opère (Dzindolet et al., 2003 ; Gupta et al., 2002).

		Bases de l'attente à différents niveaux d'expérience		
		Prédictibilité des comportements du système	Dépendance selon les dispositions du système	Foi envers l'automatisation
<b>Persistance</b>	<b>physique naturelle</b>	Evénements conformes aux lois naturelles	La nature a des lois	Les lois de la nature sont constantes
	<b>biologique naturelle</b>	La vie humaine a survécu	La survie de la vie humaine est légale	La vie humaine survivra
	<b>sociale morale</b>	Les humains et les ordinateurs agissent « décentement »	Les humains et les ordinateurs sont bons et décents par nature	Les humains et les ordinateurs continueront à être bons et décents dans l'avenir
<b>Compétence technique</b>		Le comportement de j est prédictible	j a une nature digne de confiance	j continuera à être convenable dans le futur
<b>Responsabilité fiduciaire</b>		Le comportement de j est responsable de façon consistante	j a une nature responsable	j continuera à être responsable dans le futur

**Tableau 1 : Modèle de la confiance envers les systèmes automatisés (d'après Muir, 1994)**

## 1.1. Mesures de confiance dans le système et de la confiance à utiliser le système

### 1.1.1. Confiance dans le système

#### 1.1.1.1. Confiance a priori

La confiance (ou la défiance) envers le système s'installe avant toute interaction avec le système. Différents critères peuvent être posés qui contribuent à forger la confiance a priori. Citons-en quelques uns.

Critères de confiance a priori :

- marque (prestige, réputation technique, label de qualité etc.),
- institutions (instances de certification : Etat, Assurance, etc.)
- apparence (qualité des composants, intégration dans le système de commande, etc.).
- prestige du démonstrateur
- qualité de la documentation
- prestige du contexte de présentation (salle de simulateur, showroom, etc.)

Critères de confiance basés sur l'expérience :

- utilité subjective de l'aide (déficit perçu de compétence)
- connaissance directe d'aides analogues
- expérience vicariante (observation d'autrui utilisant cette aide)

Dans les recherches s'intéressant à la confiance a priori dans les systèmes, soit avant toute interaction avec le système. La confiance est généralement mesurée après une présentation plus ou moins détaillée du système automatisé (Rajaonah, Anceaux, Hoc, Espié & Vienne, 2004). La confiance a priori dans les systèmes, considérée comme le niveau initial de la confiance, est alors généralement comparée avec le niveau de confiance et ses fluctuations enregistrées lors de l'interaction avec le système. On cherche notamment à savoir si la confiance a priori est un indicateur de la confiance durant ou après l'interaction avec le système.

Dzindolet et al. (2003, étude 1) ont ainsi étudié la confiance a priori de l'opérateur dans une aide à la décision automatisée. Afin d'isoler l'influence de la confiance de tout autre facteur potentiellement perturbateur, ils ont choisi une tâche très simple de détection de cible réalisée en laboratoire. Cette recherche comprend trois étapes. Dans une première étape, les sujets devaient signaler la présence ou l'absence d'un soldat dans un paysage projeté sur 200 diapositives. Dans une seconde étape, cette tâche était effectuée par un système d'aide automatisé et son fonctionnement était présenté aux sujets. Dans la dernière étape, les sujets étaient informés que le système d'aide qui leur serait personnellement alloué était imparfait, puis ils procédaient à quatre essais au cours desquels le système fonctionnait correctement. A l'issue de ces essais, ils devaient estimer leur propre performance et la performance du système sur les 200 essais suivants, le degré de confiance qu'ils ont en leurs propres réponses concernant la présence ou l'absence d'un soldat sur les diapositives et dans les réponses du système, ainsi que le nombre d'erreurs que respectivement eux-mêmes et le système commettraient et enfin les performances du système comparées aux leurs ou inversement selon les conditions expérimentales. Les résultats attestent d'un biais de positivité des sujets envers le système. Selon les auteurs, avec seulement quelques informations sur le fonctionnement d'un système auquel ils n'ont pas eu recours, les individus ont généralement des attentes plutôt positives concernant les aides à la décision automatisée.

Ainsi, comme dans le domaine des relations sociales interpersonnelles, il y aurait un biais de positivité dans la confiance initiale envers le système automatisé. La confiance initiale serait associée au recours approprié de l'aide si ses performances sont meilleures que

celles de l'utilisateur, mais également à un recours inapproprié dans le cas contraire. On assiste alors à un phénomène de contentement envers l'automatisation ou de faible niveau de suspicion (Wiener, 1981) ou encore à une surconfiance ou sur-utilisation confiante dans l'automatisation (Parasuraman & Riley, 1997). Toutefois, dès lors que le système ne fonctionne pas toujours correctement, ce biais initial de positivité envers le système entraînerait chez l'utilisateur une plus grande probabilité de mémoriser les erreurs plutôt que les décisions correctes du système. Cette distorsion de l'utilisateur dans l'estimation de la fiabilité du système engendrerait une sous-évaluation de la performance du système, une défiance inappropriée vis-à-vis de ce système et une sous-utilisation de l'automatisation (Parasuraman & Riley, 1997).

D'autres recherches se centrant davantage sur l'analyse de la performance et de l'adaptation comportementale aux systèmes d'aide observent des effets différents de la confiance a priori et de la confiance après interaction avec le système d'aide. Par exemple, Rudin-Brown et Parker (2004) ont étudié, lors de conduite sur route, l'adaptation avec un régulateur de vitesse et d'interdistance (Adaptative Cruise Control ou système ACC). Ce système automatise d'une part le contrôle de l'interdistance et de la vitesse (réduisant ainsi le stress et les erreurs humaines) et d'autre part, réduit le nombre d'accélération et de décélération brutales (encourageant une vitesse harmonieuse entre les véhicules et améliorant les comportements d'urgence). L'adaptation comportementale est mesurée par la performance à la tâche principale de conduite et à une tâche secondaire effectuée dans le véhicule-test. Avant la phase expérimentale, les expérimentateurs décrivaient le système ACC aux sujets puis leur demandaient d'évaluer le niveau de confiance qu'ils pensaient avoir dans le système ACC en général. Après chaque session, les sujets évaluent le niveau de confiance qu'ils avaient dans le système ACC installé dans le véhicule-test. Contrairement à Dzindolet et al. (2003), Rudin-Brown et Parker observent que la confiance est plus élevée dans le système après son utilisation que lors de l'évaluation a priori.

### ***1.1.1.2. Confiance lors de l'interaction entre l'opérateur et le système***

Les mesures de la confiance dans les systèmes varient selon les objectifs de recherche et les protocoles expérimentaux. Elles sont approchées par des mesures déclaratives (réponses à des questions directes sur la confiance) ou des mesures comportementales (ce que fait l'utilisateur avec le système d'aide).

#### **Mesures déclaratives**

Pour les recherches consacrées spécifiquement à la confiance dans les systèmes et à l'étude de ses fluctuations, la confiance dans le système est généralement mesurée après chaque essai (Kantowitz, Hanowski, & Kantowitz, 1997; Moray, Inagaki, & Itoh, 2000; De Vries, Midden, & Bouwhuis, 2003; Abe et al., 2002), ou parfois après chaque événement significatif (Abe & Richardson, 2004). Le plus souvent, la confiance est évaluée à l'aide d'un seul item sur la base d'une seule échelle dont le nombre de points peut être variable : 4 points (Rudin-Brown & Parker, 2004), 10 points (pas du tout/complètement) (Moray et al., 2000; Abe et al., 2002; Abe & Richardson, 2004), parfois 100 points (Kantowitz et al., 1997). Plus rarement, les auteurs utilisent plusieurs items pour mesurer la confiance dans les systèmes. Gupta et al. (2002) à propos d'un système d'alerte informant de difficultés liées à la route ou au climat (système ACWS : adverse condition warning system) propose une échelle de mesure de la confiance dans le système d'aide (12 items dont 5 formulés négativement). Ils ont testé l'effet de variations introduites dans ce système selon le niveau de déclenchement de l'alerte et le type sonore du signal sur la performance des conducteurs, les réponses aux signaux de l'alarme et la confiance dans le système. L'expérimentation comprenait 18 scénarii de conduite, en situation réelle, répartis en 6 scénarii par jour pendant trois jours consécutifs. La confiance dans le système et son évolution ont été mesurées par questionnaire à la fin du premier jour et du troisième jour. Ce questionnaire comprenait 12 items centrés sur le système



lui-même ou sur l'interaction entre le sujet et le système dont certains renvoyaient à des aspects positifs (le système est fiable, le système procure de la sécurité, je suis familier avec le système, ...) et d'autres à des aspects négatifs (le système est décevant, je me méfie du système, l'action du système aura un effet fâcheux ou dangereux).

### **Mesures comportementales**

Outre l'évaluation de la confiance à l'aide d'un ou de plusieurs items, la confiance dans les systèmes peut être déduite de mesures objectives. Ainsi, Abe et al. (2002, étude 2) ont testé l'effet d'un système d'alerte anti-collision défectueux (il ne se déclenche pas systématiquement lorsque le risque de collision est manifeste) sur la confiance dans le système et le comportement des conducteurs. Les sujets prenaient part à 15 essais durant lesquels ils avaient à suivre un véhicule qui réduisait sa vitesse une seule fois par essai mais à des moments variables. Le défaut de l'alarme se produisait uniquement pour les essais 7, 8 et 9, à l'issue desquels le système recouvrait sa fiabilité et son efficacité. Un post-test de 3 essais sans système d'alarme terminait la séquence expérimentale. Outre l'évaluation de la confiance dans ce système à l'aide d'un item sur la base d'une échelle en 10 points, la différence entre les temps moyen de réaction au freinage pour les essais 1 à 5 (avec le système qui fonctionne correctement) et ceux pour les essais du post test (sans le système) fournit une mesure de la confiance dans le système. Plus le temps moyen de réaction au freinage est élevé, plus la confiance dans le système est élevée. Cette mesure est positivement reliée à l'évaluation subjective de la confiance dans ce système.

Par ailleurs, d'autres recherches n'utilisent que des mesures comportementales comme indicateurs de la confiance dans un système. Ainsi, Stanton et Pinto (2001) ont étudié sur simulateur les effets pervers de la confiance dans un système automatisé de vision avancée qui améliore la vision de la route dans des situations dégradées (de nuit ou par temps de brouillard). Ce système permet au conducteur de voir la route et les objets qui seraient masqués par une faible visibilité. La séquence expérimentale comportait plusieurs situations de conduite selon les conditions de visibilité (jour, nuit et brouillard), l'activation ou pas de ce système et des variations introduites dans la performance du système. Les seules mesures recueillies qui sont la vitesse pratiquée et le nombre de dépassements effectués par les sujets selon les conditions expérimentales ont été considérés comme des indices du niveau de confiance dans le système. Les auteurs avancent ainsi notamment qu'après un échec dans la performance du système, les sujets ont réduit leur vitesse à cause de la diminution de leur confiance dans la fiabilité du système.

#### ***1.1.1.3. Confiance a posteriori***

Une mesure de la confiance a posteriori est souvent introduite, à l'aide d'une échelle, afin d'obtenir des éléments d'explication aux comportements observés durant la tâche, comme par exemple, de Vries, Midden et al. (2003) qui ont utilisé une échelle en 7 points allant de « très peu » à « beaucoup ». Par ailleurs, des mesures de la confiance a posteriori peuvent être différentes de celles enregistrées pendant la tâche. Ainsi, Dzindolet et al. (2003, étude 2), en post-test, soumettent à nouveau les sujets à une partie des essais (tirés au sort) auxquels ils ont été confrontés pendant la tâche avec un gain à la clé pour chaque bonne réponse. La mesure de la confiance consiste alors à savoir s'ils préfèrent se reposer sur les réponses antérieurement fournies durant la tâche par le système ou par eux-mêmes. Les sujets et ce, en majorité, ont choisi de se fier à leurs propres réponses plutôt qu'à celles du système. La mesure de la confiance a posteriori est enrichie par un entretien final destiné à recueillir les raisons du choix des sujets. Les réponses des sujets ont été regroupées en quatre types de justifications : la confiance dans le système, la détection des erreurs manifestes, la confiance en soi et la performance relative du système par rapport à celle du sujet et inversement.

Enfin, Stanton et Young (2005) mesurent uniquement la confiance a posteriori sur la base de l'échelle multidimensionnelle que Muir a développée en 1994 dans son modèle (cf. supra) et ne trouvent pas d'effet de la confiance sur l'utilisation de l'ACC lors d'une tâche de conduite sur simulateur.

### **1.1.2. Confiance en soi à réaliser la tâche**

Comme pour la confiance dans les systèmes, la confiance en soi à réaliser la tâche est enregistrée directement à l'aide de mesures déclaratives (Dzindolet et al., 2003) ou est déduite de mesures comportementales (De Vries et al., 2003). Ces derniers auteurs, travaillant sur la confiance dans un système de planification d'itinéraires, ont invité les sujets à réaliser 26 essais. La tâche consistait à indiquer le trajet le plus rapide entre un point de départ et un point d'arrivée. Pour les vingt premiers essais, le mode manuel ou le mode automatique était imposé aux sujets ; puis au cours des six derniers essais, les sujets avaient à choisir entre le mode manuel ou le mode automatique. Avant chaque essai, les sujets recevaient dix points de crédit pour parier, partiellement ou entièrement, que l'itinéraire sélectionné était bien le plus rapide. Après chaque essai, selon que l'itinéraire était établi selon le mode (manuel ou automatique) imposé (au cours des 20 premiers essais) ou choisi par le sujet (au cours des six derniers essais), l'expérimentateur informait le sujet que sa mise était perdue dans le cas où l'itinéraire établi n'était pas le plus rapide, ou doublé dans le cas contraire. Au cours des 26 essais, les sujets pouvaient ainsi accumuler des crédits qui déterminaient la somme réelle qu'ils recevraient après l'expérimentation. De Vrie et al. considèrent que le nombre de points de crédits accumulés par les sujets soit pendant l'utilisation du mode automatique, soit pendant l'utilisation du mode manuel, constitue une mesure précise de la confiance qu'ils avaient soit dans le système, soit dans leurs propres capacités.

## **1.2. Principaux résultats des recherches sur la confiance**

### **1.2.1. Confiance dans le système selon sa fiabilité**

Le principal facteur dans le développement de la confiance est la fiabilité du système (Maltz, Sun, Wu, & Mourant, 2004 ; Moray et al., 2000 ; Riley, 1996). Une aide automatisée fiable augmente très largement la probabilité d'entraîner la confiance de l'opérateur (Dzindolet et al., 2003) alors qu'un système non fiable est associé à une faible évaluation de la confiance.

Généralement, la confiance dans un système automatisé décline quand il présente des dysfonctionnements perdant ainsi de sa fiabilité (Dzindolet et al., 2003). Toutefois, Abe et al. (2002) ont montré que l'ampleur de ce déclin dépend des types de dysfonctionnement du système. Ils ont observé que si des dysfonctionnements d'un système d'alarme anti-collision de type « fausses alarmes » (qui se déclenchent en l'absence de risque de collision imminente) et de type « alarmes défectueuses » (qui ne se déclenchent pas systématiquement en situation de risque de collision manifeste) entraînent une diminution de la confiance et augmentent le temps de réaction des sujets. Les « alarmes défectueuses » altèrent davantage la confiance dans le système que les « fausses alarmes ». Les auteurs suggèrent que ces deux types de dysfonctionnements ont des effets différents sur l'érosion de la confiance dans le système eu égard à leurs conséquences en terme de risque. En effet, si les « fausses alarmes » peuvent être ignorées par le conducteur (Gupta et al., 2002), les conséquences potentielles des « alarmes défectueuses » peuvent être désastreuses, notamment lorsque le conducteur a une confiance excessive dans le système l'amenant à ne pas entreprendre d'action d'évitement (Abe et al., 2002).

Selon Dzindolet et al. (2003), la confiance dans les systèmes consécutivement au constat de ses dysfonctionnements peut diminuer lentement ou chuter immédiatement à un

niveau bas. Cependant, les effets des dysfonctionnements d'un système sur la confiance des opérateurs vis-à-vis de ce système ne sont généralement pas instantanés (Lee & See, 2004). Les dysfonctionnements entraînent un déclin progressif de la confiance. De même, le recouvrement de la confiance après que le système fonctionne à nouveau correctement s'établit dans le temps (Lee & Moray, 1992). Toutefois, si la confiance dans un système décline à mesure que la fiabilité du système se montre de plus en plus faible (réurrence, ampleur des erreurs, ...), en dessous d'un certain seuil de confiance vis-à-vis du système, la confiance décline plus rapidement (Moray et al., 2000 ; Kantowitz et al., 1997). Muir (1994) avance que l'opérateur humain intervient alors manuellement ou passe outre le système.

Lorsque la confiance dans un système a été diminuée, elle ne recouvre pas toujours son niveau initial après que le système soit redevenu fiable (Abe et al., 2002). Par exemple, Kantowitz et al. (1997, étude 2) ont étudié l'effet d'un système d'information routier (ATIS), qui fournit aux conducteurs des informations sur l'état du trafic en temps réel lors d'une tâche de sélection d'itinéraires, sur la confiance des automobilistes dans ce système et l'acceptation d'un tel dispositif. Ils ont introduit différents niveaux de fiabilité de ce système dans leur séquence expérimentale. Pour une tâche de sélection d'itinéraires, tous les sujets ont eu la possibilité d'interagir avec le système ATIS présentant tout d'abord une fiabilité parfaite (100 % d'informations précises), puis la moitié de ces sujets recevait de la part de ce système des informations précises pour 71 % d'entre elles et l'autre moitié, des informations précises pour 43 % d'entre elles. La confiance dans le système diminue avec l'imprécision de l'information (condition 71 % d'informations précises) mais revient à l'état antérieur à l'information imprécise après diffusion d'une information précise, tandis que lorsque l'information est plus imprécise (condition 43 % d'informations précises), ce regain de confiance est moins fréquemment observé. Selon Muir (1987) et Muir et Moray (1996) une fois que les individus ont développé de la méfiance dans les systèmes technologiques, il est difficile de regagner le niveau de confiance original.

Ce phénomène n'est pas spécifique à un type particulier de système. Abe et al. (2002) observent des résultats similaires avec un système d'alerte anti-collision où les dysfonctionnements du système engendrent chez les sujets une diminution de leur confiance dans le système et leur niveau de confiance évalué une fois que le système fonctionne à nouveau correctement n'atteint pas celui qui a été observé avant l'apparition des dysfonctionnements.

Toutefois, ce pattern de résultats n'est pas retrouvé par Rudin-Brown et Parker (2004) quand ils étudient, en situation de conduite sur route, l'adaptation avec un régulateur de vitesse et d'inter-distance ou système ACC (cf. supra). Ce système est un système d'implémentation d'actions mais qui ne permet pas de stopper complètement le véhicule sans l'intervention du conducteur. En situation de risque imminent, lorsque le système calcule qu'il est incapable lui-même de ralentir suffisamment le véhicule, une alarme signale au conducteur d'opérer lui-même un freinage. La tâche assignée aux sujets, en situation de conduite sur route, était de conduire prudemment en suivant un véhicule (qui opère aléatoirement des ralentissements). Les sujets prenaient part à trois sessions-test de conduite, contrebalancées selon les variations introduites dans le système: sans le système activé, avec le système activé qui émettait au conducteur un signal d'engagement au freinage à une inter-distance « courte » du véhicule précédent (1,4s d'inter-distance), avec le système activé qui émettait au conducteur un signal d'engagement au freinage à une inter-distance « longue » du véhicule précédent (2,4s d'inter-distance). Un dysfonctionnement programmé du système apparaissait systématiquement à la fin de cette dernière session (signal d'engagement au freinage à une inter-distance « longue » du véhicule précédent). La confiance dans le système augmente avec l'utilisation du système et cette confiance dans le système n'est pas altérée après le dysfonctionnement programmé. Des résultats similaires ont été observés par Rudin-Brown et Noy (2002). Dans le même sens, Riley (1996) rapporte une étude (Riley, 1994, étude1) dans laquelle les sujets ne manifestent pas de résistance apparente à l'utilisation du système après

les échecs de celui-ci dans l'accomplissement de sa tâche. Contrairement aux prédictions basées sur les travaux de Muir (1987), le recours au système après chaque erreur n'est pas moindre qu'avant.

### **1.2.2. Confiance en soi et confiance dans le système**

Si le rôle de la confiance dans un système concernant son utilisation est largement attesté, l'accent a également été mis sur l'influence de la confiance en soi dans la relation entre la confiance dans le système et son usage (de Vries et al., 2004 ; Lee & See, 2004 ; Kantowitz et al., 1997 ; Lee & Moray, 1992, 1994 ; Riley, 1996). En général, quand la confiance dans le système excède la confiance en soi, l'opérateur accepte et utilise le contrôle automatisé. A l'inverse, quand la confiance en soi excède la confiance dans le système, alors l'opérateur recourt au contrôle manuel (Hancock & Parasuraman, 1992 ; Kantowitz et al., 1997 ; Lee & Moray, 1994, Dzindolet et al., 2003). A l'appui de ces résultats, Riley (1996), interrogeant les sujets sur leur stratégie d'utilisation du système, observe que ceux qui invoquent un niveau élevé de confiance en soi recourent très peu au système.

Toutefois, des auteurs ont attiré l'attention sur un biais de sur-confiance que les individus peuvent avoir dans leurs capacités susceptible de les incliner davantage vers le contrôle manuel plutôt que vers le contrôle automatisé, et ce indépendamment de la fiabilité du système et des performances relatives aux deux modes de contrôle (manuel ou automatique) (Lee & Moray, 1994 ; de Vries et al., 2004). Selon Lee et Moray (1994) ce processus est susceptible de subir un effet de boucle dans le sens où le contrôle manuel renforcerait positivement la sur-confiance de l'utilisateur en ses propres capacités.

Récemment dans le cadre du programme ARCOS, Rajonah, Anceaux, Hoc, Espié et Vienne (2004) distinguent la confiance a priori du conducteur vis-à-vis d'un régulateur de vitesse et d'inter-distance (Adaptative Cruise Control ou « ACC ») et la confiance dans son utilisation. Concernant son utilisation, différentes formes de la confiance sont enregistrées chacune par une seule question : « quelle confiance aviez vous lorsque vous avez roulé avec l'ACC :

- dans l'ACC
- dans la relation que vous avez avec l'ACC
- en vous. »

Ces questions ont été posées après chaque essai (4 fois). La confiance du conducteur augmente au fur et à mesure de l'utilisation de l'ACC. C'est la confiance dans la relation avec l'ACC qui détermine le plus l'utilisation de l'ACC. L'automobiliste pouvait ou non désactiver l'ACC. Après la phase de familiarisation, c'est la confiance dans la relation avec l'ACC qui a le plus de poids. A l'issue du dernier essai, c'est la confiance dans la relation avec l'ACC qui explique le plus la variabilité de la confiance globale, ensuite la confiance dans l'ACC. La confiance en soi (relative à la tâche) y contribue également mais plus faiblement.

### **1.2.3. Autres facteurs intervenant dans la confiance dans les systèmes automatisés et leur usage.**

Le seul niveau de fiabilité d'un système ne permet pas de déterminer le niveau de confiance qu'il suscitera chez l'opérateur, ni même d'identifier s'il y recourra.

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'entraîner une sous-confiance (ou défiance) ou une sur-confiance dans les systèmes. Ces facteurs peuvent être liés aux caractéristiques des systèmes. Par exemple, un usager peut avoir une faible confiance dans un système s'il perçoit une absence d'efficacité de ce système en regard de la tâche pour laquelle il a été conçu. Abe et Richardson (2004) ont ainsi montré que les alarmes liées à un système d'alerte avant-collision perçues comme "non utiles", parce qu'elles se déclenchent une fois que le conducteur a commencé son freinage consécutivement (ou forcé par) à un ralentissement opéré par le véhicule précédent, sont associées à une faible évaluation de la confiance dans le système.

Le niveau de confiance dans un système peut aussi être influencé par des facteurs qui agissent au-delà des seules performances de ce système : Parasuraman et Miller (2004) ont montré que les caractéristiques qualitatives d'un système en terme de style de communication et d'intervention peut induire une confiance excessive dans le système, au point de compenser une faible fiabilité de celui-ci. Les auteurs ont fait varier la fiabilité d'un simulateur de vol (haute fiabilité vs. basse fiabilité) et le style de communication et d'intervention du système qui délivre à l'opérateur ses messages de façon « non-interruptive » et « patient » ou « interruptive » et « impatient »<sup>1</sup>. Les résultats montrent notamment que le style « non-interruptive » et « patient » augmente le diagnostic de performance fait par les sujets, indépendamment de la fiabilité du système et l'effet du style de communication et d'intervention du système est suffisamment puissant pour supplanter une faible fiabilité du système.

Des différences interindividuelles sont également susceptibles d'entraîner chez les individus une propension à la surconfiance ou à la défiance. Il s'agit de caractéristiques stables comme des traits de personnalité (Locus of control « LOC » -ou lieu de contrôle-, ou recherche de sensations) qui sont susceptibles de montrer que les individus sont plus enclins à avoir confiance dans les systèmes et d'autres plus réticents. Rudin-Brown et Parker (2004) observent par exemple que les individus qui ont un LOC externe et les chercheurs de sensations sont particulièrement prédisposés à un recours confiant aux systèmes alors que ceux qui ont un LOC interne et ceux qui recherchent peu de sensations le sont moins. Des états transitoires, comme la fatigue par exemple, peuvent également entraîner soit une surconfiance dans le système et un recours abusif (Parasuraman & Riley, 1997), soit au contraire un recours moindre au système (Riley, 1994, étude 1 citée par Riley, 1996).

### **1.3. Eléments d'explication quant à la divergence des conclusions**

Plusieurs facteurs peuvent expliquer les conclusions divergentes observées dans la littérature. Ces explications peuvent relever de caractéristiques intrinsèques du système ou de facteurs influant dynamiquement sur la confiance au cours de l'utilisation du système.

### **1.4. Type de système et observation**

Un premier facteur explicatif renvoie aux différents types de système documentés dans les recherches. La confiance des usagers dans les systèmes est largement basée sur l'observation qu'ils peuvent faire du comportement de ce système. En conséquence, le type de système peut avoir un effet considérable sur la dynamique de la confiance qu'il suscite chez les usagers (See & Lee, 2004). Selon Parasuraman, Sheridan et Wickens (2000), quatre types de système ont des implications importantes sur la dynamique de la confiance dans la mesure où ils varient en regard de l'observabilité de leurs capacités :

- les systèmes d'acquisition d'information,
- les systèmes d'analyse d'information,
- les systèmes de sélection de décision,
- les systèmes d'implémentation d'action.

Il est par exemple possible pour l'opérateur d'observer le comportement d'un système d'acquisition d'informations sans en être dépendant. C'est le cas, par exemple, pour les

---

<sup>1</sup> « non-interruptive » : le système délivre sa requête d'action après avoir averti l'opérateur 5 secondes auparavant qu'il allait délivrer un message et ne le délivre pas si l'opérateur a déjà mis en oeuvre l'action requise ; « patient » : le système n'émet pas de nouvelle requête avant que l'opérateur ait terminé l'action qu'il est en train de faire VS « interruptive » : le système délivre sa requête d'action sans avertissement préalable et le délivre même si l'opérateur a déjà mis en oeuvre l'action requise ; « impatient » : le système n'attend pas que l'opérateur ait terminé l'action en cours pour émettre une nouvelle requête.

systèmes qui indiquent le rapprochement d'un véhicule équipé vers une cible, créant une situation de risque potentiel de collision (Abe et al., 2002) : l'opérateur peut balancer dynamiquement son attention entre l'information donnée par le système et les données de la réalité (Wickens, Gempler & Morpew, 2000 cités par Lee & See, 2004). Par contre, il est impossible pour l'opérateur d'observer le comportement d'un système d'implémentation d'action sans lui laisser le contrôle opérationnel de la tâche qu'il est censé accomplir. Plusieurs travaux ont d'ailleurs démontré que la confiance croît quand les expériences en interaction avec un système fiable augmentent (Parasuraman & Miller, 2004 ; Hoc, 2000). Un système hautement fiable entraîne donc un accroissement progressif de la confiance même si des fautes occasionnelles se produisent (Lee & See, 2004). Cette explication peut rendre compte des résultats recueillis par Rudin-Brown et Parker (2004) selon lesquels (cf. supra) la confiance des sujets dans l'ACC pour maintenir une inter-distance et une vitesse appropriée à la situation augmente avec leur exposition au système et ne diminue pas dans cette recherche malgré l'échec du système à détecter le véhicule précédent à la fin d'une des sessions expérimentales.

#### **1.4.1. Pattern d'occurrence et ampleur des dysfonctionnements**

En accord avec l'argument qui vient d'être avancé, Moray et Lee (1990) ont montré que la confiance de l'opérateur dans un système déclinait consécutivement à un dysfonctionnement du système, mais ensuite se rétablissait et augmentait aussi longtemps que d'autres dysfonctionnements ne se produisaient pas (Hancock & Parasuraman, 1992). Ces résultats divergents concernant les effets consécutifs des dysfonctionnements des systèmes sur la confiance qu'ils suscitent, peuvent aussi s'expliquer par les protocoles expérimentaux utilisés. Par exemple, dans l'étude de Rudin-Brown et Parker (2004), un seul dysfonctionnement du système est programmé pour apparaître à la fin d'une des sessions expérimentales soumises aux sujets. Itoh, Abe et Tanaka (1999) ont montré que la dynamique de la confiance dépend non seulement de la fiabilité des systèmes mais aussi des patterns d'occurrences des dysfonctionnements. Des dysfonctionnements chroniques représentent une déficience permanente dans la capacité du système, alors que les erreurs ponctuelles représentent un dysfonctionnement transitoire à l'issue duquel la capacité du système recouvre son niveau antérieur à l'erreur. Ainsi, des dysfonctionnements ponctuels du système entraînent une diminution de la confiance suivie de sa restauration quand le système performe à nouveau correctement ; des dysfonctionnements chroniques entraînent une diminution de la confiance jusqu'à ce que les opérateurs comprennent l'erreur et développent des stratégies compensatoires (Itoh et al., 1999 ; Lee & Moray, 1992). Cela suggère donc d'une part, que la confiance dans un système diminuera tant que les dysfonctionnements de système resteront imprévisibles pour les opérateurs ; et d'autre part, que la confiance dans un système peut se développer quand un dysfonctionnement systématique se produit, pour lequel un contrôle stratégique par l'opérateur peut être mis en oeuvre. Lee et See (2004) avancent ainsi que l'effet des erreurs commises par les systèmes sur la confiance qu'ils inspirent dépend davantage de leur prédictibilité que de leur ampleur. Une petite erreur avec des conséquences imprévisibles peut, dans certains cas, endommager davantage la confiance envers le système qui l'a commise qu'un dysfonctionnement plus important mais constant (Moray et al., 2000 ; Muir & Moray, 1996).

#### **1.4.2. Le procédé et réduction de l'incertitude**

Nous considérons ici une dimension qui est, pour certains auteurs, partie intégrante de la confiance dans les systèmes et qui renvoie à la compréhension par l'utilisateur de la manière dont le système procède (Lee & Moray, 1992). Selon Dzindolet et al. (2003) plus l'opérateur comprend la manière dont le système opère, plus il aura confiance dans ce système. Ainsi, ils montrent (étude 3) que fournir aux sujets des informations sur les raisons qui expliquent les erreurs commises par une aide augmente leur niveau de confiance dans l'aide et leur recours à

l'aide. Cet effet s'observe même indépendamment des capacités objectives de l'aide, ce qui entraîne, dans certains cas un effet de surconfiance et un recours inapproprié au système. A l'appui de ces résultats, Riley (1996) constate que l'incertitude des usagers vis-à-vis d'un système a des effets sur la confiance qu'ils développent dans ce système. Il s'agit spécifiquement à la fois de l'incertitude quant à savoir lequel d'entre le contrôle manuel et le contrôle automatique est le plus efficace et quant au niveau de fiabilité du système. En effet, l'incertitude peut exister avant toute interaction ou au début de l'interaction avec un système, ainsi que lors de l'apparition d'un premier dysfonctionnement susceptible d'entraîner une incertitude quant à savoir si le système entre dans une infiaibilité partielle ou totale. Le maintien ou la réduction de cette incertitude aura des effets sur la confiance dans le système. Ainsi Riley (1996) rapporte des résultats (Riley, 1994, étude 2) qui démontrent que l'apport d'informations spécifiques aux usagers sur le système antérieurement à son utilisation contribuent à réduire l'incertitude. Notamment, ces informations favorisent l'apprentissage de la reconnaissance des états du système (état transitoires ou permanents) permettant d'apprécier la fiabilité globale du système. Cette connaissance permet aux usagers d'anticiper les comportements du système et influence leurs décisions d'y recourir.

### **1.4.3. Effet du niveau initial de la confiance dans le système sur son développement**

Une autre explication possible à la divergence des conclusions sur le plan de la dynamique de la confiance dans les systèmes renvoie au niveau initial de confiance. Dzindolet et al. (2003) ont mis en évidence que le biais de positivité de l'utilisateur envers un système automatisé avant ou au tout début de son utilisation, engendre lors d'interaction(s) avec le système une plus grande probabilité de mémoriser les erreurs plutôt que les décisions correctes prises par le système. A l'encontre de cet argument, selon d'autres auteurs, l'expérience initiale de l'opérateur en interaction avec le système a un effet *plus* durable sur la confiance qu'il aura dans ce système (Lee & See, 2004). Ainsi, Fox et Boehm-Davis (1998) considèrent que le niveau de confiance dans un système est plus résistant si la fiabilité initiale du système est élevée puis décline que l'inverse. Lee et See (2004), quant à eux, avancent que le recours au système devenu fiable après une période initiale de faible fiabilité, et corollairement de basse confiance de l'utilisateur à son égard, s'opère dans un délai plus long qu'en l'absence de cette période initiale. A l'inverse, Riley (1996) interprète des résultats de l'étude 2 qu'il a mené en 1994, qui montrent qu'un niveau de confiance initialement élevé, développé durant 20 minutes en interaction avec un système parfaitement fiable, retarde le recours au contrôle manuel des sujets à la première erreur commise par le système. Dès que le système redevient fiable après qu'il ait commis sa première faute, les sujets ne manifestent pas de résistance à son recours et y recourent même plus vite qu'initialement, ce qui contredit l'hypothèse selon laquelle la confiance dans les systèmes serait plus difficile à recouvrer après des dysfonctionnements qu'à gagner initialement.

Gupta et al. (2002) avancent que la confiance des usagers dans un système dépend, non seulement de la confiance que les usagers ont dans leurs propres capacités à contrôler le système mais aussi, et ce qui est nouveau, de la performance du système à la fois au moment précis où l'utilisateur est en train de l'utiliser et des niveaux de performances antérieurs du système, c'est-à-dire selon les fautes antérieures commises par le système et les niveaux de confiance qui en ont résulté. Ce qui peut expliquer, selon les auteurs, que parfois la confiance dans les systèmes décline à l'apparition d'un dysfonctionnement et est ensuite recouvrée quand le système fonctionne à nouveau correctement, mais que parfois la confiance dans les systèmes n'est jamais recouvrée à son niveau initial. Plus largement, ceci permet de comprendre la variabilité des conclusions émises selon les protocoles expérimentaux. Considérons par exemple, une étude sur simulateur menée par Abe et Richardson (2004) portant sur les effets du délai de déclenchement d'un système d'alerte avant-collision (système FCWS). Le déroulement de la recherche comportait deux sessions où le sujet suit un

véhicule qui freine lors de son trajet. Dans la première session, ce système n'était pas activé et le sujet était invité à freiner dans cinq situations de conduite dès que le véhicule précédent commençait son freinage. Dans la seconde session composée de six situations de freinage avec le système activé, les sujets étaient affectés soit à la condition dite « consistante » dans laquelle le déclenchement de l'alarme suivait une valeur fixe de 0.64 secondes après que le véhicule précédent ait commencé son freinage ou dans la condition dite « inconsistante » dans laquelle l'alarme se déclenchait aléatoirement soit trop tôt (à 0.05 sec.), soit au bon moment (à 0.64 sec.) soit tardivement (0.99 sec.). De façon non surprenante, dans la condition « inconsistante », la confiance des sujets est plus faible quand le délai du déclenchement de l'alarme est trop tardif « 0.99s » plutôt que trop tôt « 0.05s » ou normal « 0.64s ». Par contre, contrairement aux attentes des auteurs, la confiance dans le système est proche entre les conditions « inconsistante » et « consistante ». Si l'on considère que la dynamique de la confiance dans les systèmes dépend du niveau initial de la confiance, les évaluations de la confiance dans la condition « inconsistante » dépendent du pattern d'occurrences des différents délais de déclenchement de l'alarme. Ainsi, il est possible que l'absence de résultat observé par Abe et Richardson soit davantage attribuable à la dynamique de la confiance dans le système pour chaque sujet selon les patterns d'occurrences des différentes situations auxquelles ils ont été soumis aléatoirement et le niveau initial de confiance (dans le système) plus ou moins résistant qui en a découlé, plutôt qu'au déclenchement inconsistant même (vs. consistant) de l'alarme.

#### **1.4.4. Phase d'entraînement et familiarisation dans les protocoles expérimentaux**

Examiner les facteurs affectant la dynamique de la confiance dans les systèmes, et particulièrement l'impact du niveau initial de confiance, amène à considérer la nécessité de prendre en compte la mise en œuvre d'une phase d'entraînement dans les protocoles expérimentaux, leur durée et leur composition (teneur). Il est important de savoir à partir de quel moment les sujets ont pu développer leur confiance dans le système et le niveau initial de cette confiance notamment en regard de la performance du système. Pourtant, certains auteurs négligent l'apport de ces précisions dans les informations relatives à la méthodologie et au déroulement de l'expérience (par ex : Gupta et al., 2002 ; Kantowitz et al., 1997).

Selon le type de système utilisé et les variations introduites pour tester ses effets sur les comportements de l'utilisateur et sur sa confiance dans le système, les protocoles expérimentaux se composent d'un nombre de sessions variable, précédé ou pas d'une phase de familiarisation. La plupart du temps, dans les recherches qui utilisent un simulateur de conduite, le déroulement de l'expérience commence par une phase d'entraînement dans le but de familiariser les sujets à la conduite sur simulateur. Généralement, cette phase n'excède pas dix minutes de conduite et prévoit rarement une familiarisation des sujets avec le système utilisé dans la recherche. Si l'on considère que la confiance dans les systèmes croît avec l'expérience d'usage, que l'on peut assimiler à la familiarisation des opérateurs avec un système (Riley, 1996 ; Lee & See, 2004, Parasuraman & Miller, 2004 ; Hoc, 2000), on peut, à l'inverse, considérer qu'un entraînement à réaliser une tâche manuellement a un effet sur le développement de la confiance en soi, dont on a vu qu'elle n'était pas sans incidence sur le recours au système (Lee & Moray, 1994). Ainsi, des biais peuvent intervenir dans les protocoles expérimentaux qui prévoient une phase de familiarisation à la conduite sans familiarisation avec le système. Par exemple, Abe et Richardson (2004) ont introduit pour chaque sujet une phase d'entraînement de 10 minutes sur le simulateur, incluant des situations de freinage, dans le but de familiariser les sujets avec le simulateur et éliminer les effets d'apprentissage. Cependant, le protocole n'a pas prévu de phase de familiarisation de conduite avec le système activé. Cet écueil est susceptible d'induire un biais dans le développement de la confiance en soi pour accomplir la tâche dans la mesure où le développement de la confiance dans le système n'a pu se faire qu'à partir de la phase



expérimentale alors que la confiance en soi des sujets avait déjà pu se développer dès la phase d'entraînement. En effet, une phase d'entraînement revient à familiariser les sujets avec le contrôle manuel de la tâche à accomplir et peut ainsi entraîner une confiance en soi initialement supérieure à la confiance que les sujets pourront avoir dans le système. Des biais dans la confiance en soi sont susceptibles d'avoir des effets importants sur l'usage approprié des systèmes (Lee et See, 2004). Pour rajouter à l'ampleur du biais potentiel existant dans l'expérience de Abe et Richardson (2004), on a vu également que pour certains sujets, le pattern d'occurrences des différentes modalités expérimentales pouvait commencer par celles qui entraînaient une faible confiance dans le système. De façon similaire, dans le déroulement de l'expérience de Stanton et Pinto (2001) qui faisait succéder, sur simulateur, la conduite de jour, de nuit, avec un système améliorant la vision (système VE), de jour avec brouillard et VE et enfin de jour avec brouillard et VE dysfonctionnant, les sujets étaient invités à se familiariser avec la conduite de jour sur simulateur durant 10 minutes et sans l'activation du système. Ainsi, comme précédemment, les sujets n'avaient pas d'expérience d'interaction avec le système avant la phase expérimentale, ni, d'expérience de la conduite sur simulateur dans les différentes conditions de visibilité dégradée. De même, Rudin-Brown et Parker (2004), étudiant en situation réelle de conduite l'adaptation comportementale à un système de contrôle de la vitesse et de l'interdistance (système ACC), ont introduit une phase d'entraînement de 30 minutes de conduite sans que le système soit activé avant trois sessions-test de conduite de 30 minutes chacune.

A la différence des travaux précédemment cités, Abe et al. (2002) ont introduit une phase d'entraînement de trois essais de trois minutes chacun au cours desquels les sujets se familiarisaient à la fois avec la conduite sur simulateur et avec le système qui fonctionne normalement. Rappelons que, dans les études 1 et 2, les auteurs ont testé l'effet d'un système d'alerte anti-collision défectueux -qui ne se déclenchait pas systématiquement en situation de risque de collision manifeste – sur la confiance dans le système et le comportement des conducteurs en utilisant un plan avant/après. Pourtant, au regard des facteurs précédemment évoqués, le déroulement de l'expérience a pu toutefois avoir une incidence sur le développement de la confiance dans le système. Après la phase d'entraînement, les sujets étaient soumis à 15 essais durant lesquels ils avaient à suivre un véhicule qui réduisait sa vitesse une fois par essai à des moments variables. Durant les six premiers essais, le système fonctionnait normalement, puis le défaut de l'alarme se produisait au cours des essais 7, 8 et 9 après lesquels le système recouvrait sa fiabilité et son efficacité. Trois essais alors que le système d'alarme était désactivé terminaient la séquence expérimentale. Ici, en intégrant la phase d'entraînement, tous les sujets interagissaient donc avec un système efficace durant neuf situations de conduite avant de subir le dysfonctionnement du système. Il est possible que cette longue interaction initiale avec un système très fiable ait pu avoir une incidence sur la plus ou moins grande résistance du niveau de confiance initial dans le système et consécutivement aux dysfonctionnements programmés.

Pour pallier tout artéfact relatif au développement de la confiance en soi, de Vries et al. (2003), travaillant sur la confiance dans un système de planification d'itinéraires, ont contrôlé le degré d'expérience de l'utilisation du système pour réaliser la tâche. Les sujets réalisaient 26 essais. Durant les 20 premiers, ils se familiarisaient avec le contrôle manuel imposé pour 10 essais et avec le contrôle automatique imposé pour les 10 autres essais (l'ordre était contrebalancé). Au cours de cette phase de familiarisation, des erreurs étaient programmées pour survenir tant lors de l'utilisation du contrôle manuel que du contrôle automatique. Au cours des six derniers essais, les sujets avaient le choix d'utiliser le contrôle automatique ou manuel. Ainsi, la différence fondamentale de ce protocole avec ceux que l'on a présentés précédemment est une phase de familiarisation beaucoup plus longue de la tâche à réaliser avec et sans le système automatique avant la décision du choix du contrôle automatique ou manuel. Les auteurs s'assurent ainsi à la fois de la comparabilité de l'expérience des sujets

avec le contrôle automatique et le contrôle manuel et de l'équilibre dans le développement de la confiance dans le système et en ses propres capacités pour accomplir la tâche.

## Conclusion

Relevons plusieurs points à prendre en compte dans les recherches à venir qui pourraient être utiles à la compréhension et à l'analyse de la fluctuation de la confiance dans les systèmes automatisés.

D'abord la confiance est indirectement observable. Abordée selon des facettes multiples, elle associe un versant comportemental (ce que fait l'individu avec le système) et un versant subjectif basé sur des croyances sur le système et ses capacités à utiliser le système.

Ensuite face à la grande variabilité des mesures subjectives de la confiance, il paraît nécessaire de développer des outils de mesure valides et fiables. La majorité des travaux cherchent à mesurer la confiance dans un système indépendamment du type de système mis en œuvre. Or, la pertinence de la mesure *vis-à-vis du système* doit dépendre du type de système utilisé dans les recherches. Ainsi, s'il s'agit d'un système d'implémentation d'action, la mesure pertinente portera effectivement sur la confiance dans le système. Par contre, s'il s'agit d'une aide qui suscite l'intervention de l'utilisateur (un système d'alarme, par exemple), la mesure pertinente portera davantage sur la confiance en soi dans l'interaction avec le système ou la confiance à réaliser la tâche avec le système.

Par ailleurs, il semble important dans les protocoles mis en œuvre pour étudier le rôle de la confiance (qu'il s'agisse de la confiance en soi, confiance dans le système, confiance dans l'interaction avec le système), de commencer la recherche par une phase de familiarisation tout d'abord avec le simulateur puis avec le système, lequel est susceptible d'avoir des effets sur les résultats recueillis en phase-test.

Si la fiabilité des systèmes est un facteur largement influant sur la confiance qu'ils inspirent chez l'utilisateur, il ne suffit pas, à lui seul, à déterminer ce niveau de confiance, ni même à identifier l'usage –approprié ou non- que l'utilisateur en fera. Pour comprendre les fluctuations dans la confiance que les utilisateurs ont dans les systèmes, dans leur propres capacités et/ou dans leur interaction avec un système, il est nécessaire de considérer le développement et l'érosion de la confiance comme un processus dynamique soumis à des variations qui peuvent être liées aux caractéristiques du système, aux caractéristiques de l'utilisateur, et à celles du contexte dans lequel l'utilisateur et le système interagissent à travers un jeu de feedbacks (Lee & See, 2004 ; Abe et al., 2002 ; Lee & Moray, 1992; Muir & Moray, 1996). Ces caractéristiques interviennent comme des facteurs sous-jacents à l'usage des systèmes, directement ou via la confiance.

## **2. DE LA CONFIANCE A L'AUTO-EFFICACITE**

### **Une mesure de la confiance orientée vers l'action : auto-efficacité et efficacité**

#### **Principe de la mesure**

Comme nous venons de le voir, la mesure de la confiance, y compris quand elle est appliquée au domaine des systèmes d'aide à la conduite, est un concept dont les définitions opérationnelles sont nombreuses et au total peu convergentes. Plutôt que de décomposer toutes les facettes de la confiance, notre choix dans la présente recherche a été de privilégier une dimension particulière. Une des difficultés les plus importantes, retrouvée dans la plupart des études, est de séparer clairement :

- la confiance intrinsèque dans le système d'aide
- la confiance dans ses capacités à mettre en œuvre soi-même le système

Un utilisateur peut accepter l'idée qu'un système est parfaitement fiable (confiance dans le système) sans qu'il s'évalue lui-même comme capable d'utiliser ce système pour un niveau acceptable de performance (sentiment d'auto-efficacité). Ceci est évidemment particulièrement vrai au début de la confrontation avec un nouveau système. Celui-ci est jugé a priori fiable au vue de facteurs multiples (prestige de la marque, essais accompagnés, etc.). Pour la présente recherche, nous avons donc proposé d'approcher la confiance sous l'angle de l'auto-efficacité. Pour Albert Bandura (1997/2002 ; 2001) l'auto-efficacité désigne les « *croyances dans ses propres capacités à organiser et exécuter les séquences d'action propres à obtenir certains résultats* ». L'auto-efficacité met l'accent sur le fait que l'individu soit dans une perspective d'action (poursuite de but et anticipation des conséquences) et de la métacognition (évaluation de ses propres connaissances et anticipation de performances) particulièrement sollicitées dans la confrontation avec les systèmes complexes. Adossée à une théorie explicite et définie de manière opérationnelle, l'auto-efficacité présente une assise théorique beaucoup plus solide<sup>2</sup>, que le concept multidimensionnel de confiance.

### **Efficacité et auto-efficacité**

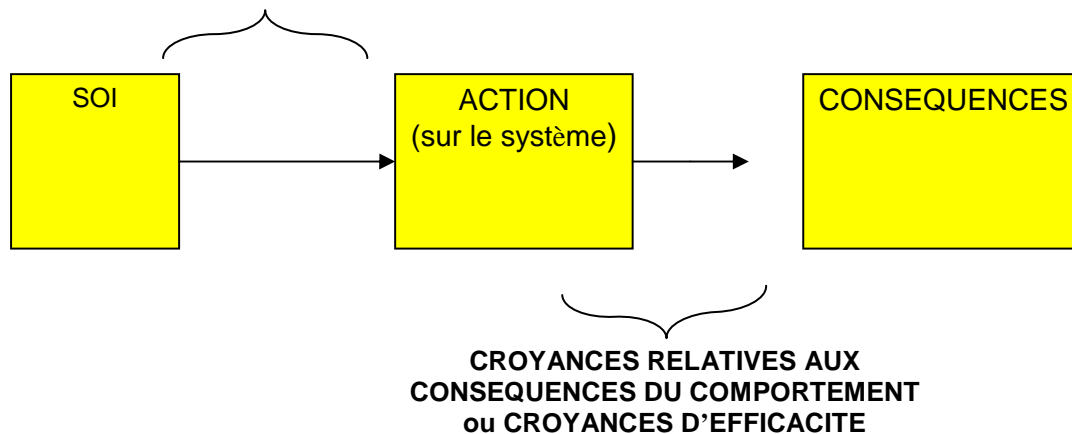
Précisons la distinction entre efficacité et auto-efficacité. Considérons un individu qui souhaite mettre en œuvre une action dans un contexte donné pour obtenir des résultats (Figure 2). On distinguera deux niveaux :

- Le fait de juger qu'une action est en soi susceptible de produire telle ou telle conséquence (efficacité de l'action)
- Le fait que l'on s'estime soi-même capable de mettre en œuvre une action donnée (auto-efficacité)

Dans le cadre d'une action donnée, on séparera donc d'un côté les croyances d'efficacité. Celles-ci concernent les croyances sur le système lui-même, qu'une action sur le système est suivie d'un effet souhaité ou non souhaité. L'attribution d'efficacité à un système est une condition indispensable. D'un autre côté les croyances d'auto-efficacité concernent l'évaluation de ses propres capacités à obtenir soi-même un niveau de performance souhaité en utilisant le système. Comme le suggère Bandura (2002), les sources de l'auto-efficacité sont d'abord l'expérience de la tâche elle-même, mais aussi l'expérience vicariante (le fait d'observer autrui réaliser la tâche, ou de recevoir des instructions explicites ou implicites).

---

<sup>2</sup> "It should be noted that the construct of self-efficacy differs from the colloquial term "confidence." Confidence is a nondescript term that refers to strength of belief but does not necessarily specify what the certainty is about. I can be supremely confident that I will fail at an endeavor. Perceived self-efficacy refers to belief in one's agentive capabilities, that one can produce given levels of attainment. A self-efficacy assessment, therefore, includes both an affirmation of a capability level and the strength of that belief. **Confidence is a catchword rather than a construct embedded in a theoretical system.** Advances in a field are best achieved by constructs that fully reflect the phenomena of interest and are rooted in a theory that specifies their determinants, mediating processes, and multiple effects. Theory-based constructs pay dividends in understanding and operational guidance. The terms used to characterize personal agency, therefore, represent more than merely lexical preferences." Bandura, *Self-Efficacy: The Exercise of Control*, 1997, p. 382.

**CROYANCES D'AUTOFFICACITE**

**Figure 2: Principe de la distinction entre l'efficacité et l'auto-efficacité (d'après Bandura, 1997)**

Pour prendre un exemple, on peut être convaincu de l'efficacité d'un système de régulation de vitesse (un usage approprié conduira à des conséquences favorables), sans pour autant se croire capable de mettre en œuvre soi-même un tel système. Si la performance passée est le meilleur prédicteur du comportement futur, l'auto-efficacité semble être aussi un excellent prédicteur des performances notamment dans les activités de travail (Chen, Casper, & Cortina, 2001 ; Stajkovic & Lutans, 1998) ou des activités motrices complexes comme celles sollicitées par des activités sportives (Bandura, 2002) <sup>3</sup>.

La prise en compte de l'expérience passée permet d'excellentes prédictions, et pour des tâches nouvelles, il semble que la mesure de cette expérience ait une valeur prédictive supérieure à celle de l'auto-efficacité (Heggestad & Kanfer, 2005). Pour des tâches plus complexes, l'importance des régulations métacognitives (Valot, 2001) suggère que l'auto-efficacité présente une excellente valeur prédictive. Rappelons ici que l'auto-efficacité s'applique à une tâche délimitée, les tentatives de construire des échelles d'auto-efficacité généralisée à tous les domaines renvoient plus à la confiance en soi (Schotz et al., 2002).

L'auto-efficacité peut être mesurée selon des niveaux de généralité différents. Elle peut s'appliquer à la tâche elle-même. Ce qui est mesuré c'est la probabilité estimée d'atteindre un niveau de performance donné et la certitude de cette évaluation (par exemple Delhomme & Meyer -2004- pour une tâche de contrôle de trajectoire en automobile). L'auto-efficacité peut encore concerner un domaine d'activité plus général. La mesure se présente sous le format d'un questionnaire à propos de sa propre capacité à maîtriser le domaine. Dans ce cas, le questionnaire fait l'objet d'une validation psychométrique classique (par exemple Meyer & Rodon, 2005 dans le domaine de l'interrogation d'Internet).

Les précédentes recherches qui ont tenté d'évaluer l'impact de la confiance sur l'utilisation de systèmes d'alertes anti-collision, n'ont pas isolé les différents niveaux d'auto-efficacité décrits ci-dessus. C'est précisément ce que nous nous proposons de contrôler dans la présente étude. Par ailleurs, nous avons souligné l'importance d'introduire une dynamique dans la fiabilité du système pour mieux appréhender les circonstances dans lesquelles la confiance dans le système peut elle-même évoluer au cours du temps, et quels en seront les retentissements sur

<sup>3</sup> Pour une discussion critique voir Heggestad et Kanfer (2005).

le comportement du conducteur. Dans la présente étude, nous avons introduit une variation systématique de la fiabilité de l'aide dans des conditions très variées de conduite sur simulateur (plus de 180 minutes de conduite au total), dans des situations routinières comme dans des situations critiques.

Enfin, le nombre de sujets généralement inclus dans les précédentes études reste relativement faible ce qui pose le problème de la puissance statistique et, par voie de conséquence, l'inférence des résultats à l'ensemble des populations concernées. Dans cette optique, nous avons recruté un nombre relativement important de conducteurs (N = 72).



# PROBLEMATIQUE : VUE D'ENSEMBLE ET HYPOTHÈSES

## 1. VUE D'ENSEMBLE SUR LE PRINCIPE DE LA RECHERCHE

Notre objectif est de documenter, dans un contexte de conduite simulée, la dynamique de la confiance envers un système d'aide. L'aide s'applique ici à une assistance de type alerte anti-collision fronto-arrière (AAC). Pour les besoins de la recherche, et à l'adresse des sujets, nous désignerons cette aide comme un Système d'Aide à l'Inter-distance que nous nommerons **SID** (cf. Le système d'alerte dans la partie METHODE)

Commençons par poser une à une l'ensemble des variables documentées dans notre projet. Nous les avons organisées sous forme d'un modèle représenté dans la Figure 3. Ce modèle vise d'abord à présenter de manière systématique les variables.

Variables principales d'intérêt :

- **le comportement du conducteur dans le simulateur :**
  - Nous avons enregistré des paramètres classiques de conduite. Les variables les plus directement intéressantes pour l'exposé de la problématique concernent :
    - l'inter-distance dans les situations de confrontation fronto-arrière avec un autre véhicule
    - la vitesse
    - d'autres variables documentent le comportement de conduite de manière plus segmentée (usage du volant, usage de l'accélérateur/frein, etc.)
    - la performance à l'occasion d'une tâche secondaire exécutée pendant la conduite
- **les situations de conduite :**
  - Phases de conduite : les conducteurs utilisent le simulateur en trois temps : familiarisation, premier et seconde phase de test.
  - Situations plus ou moins critiques : les sujets sont confrontés à des situations très variées pour lesquelles, l'aide à l'inter-distance est plus ou moins utile (type route, brouillard, véhicule devant soi plus ou moins proche, obstacles imprévus, etc.)
- **La fiabilité du système d'aide à l'inter-distance (SID) :** cette variable concerne la qualité de l'information apportée par le système d'aide à la décision. Elle comprend trois modalités :
  - Une modalité dite « Dégadé » (D) dans laquelle le système commet des erreurs
  - Une modalité dite « Normale » (N) dans laquelle le système commet des erreurs prévisibles en rapport avec l'état actuel des technologies disponibles
  - Une modalité dite « Plus Que Parfait » (PQP) telle que le système est susceptible de détecter les obstacles de manière quasi-exhaustive et sans erreurs. Cette modalité, qui dépasse les technologies disponibles en matière d'Aide Anti-Collision, est introduite à des fins d'analyse du comportement dans une perspective courante en psychoergonomie<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Confronter un utilisateur à un système simulé de haut niveau, le plus souvent non disponible du point de vue technologique mais rendu possible grâce à la simulation, apporte une information pertinente sur les processus

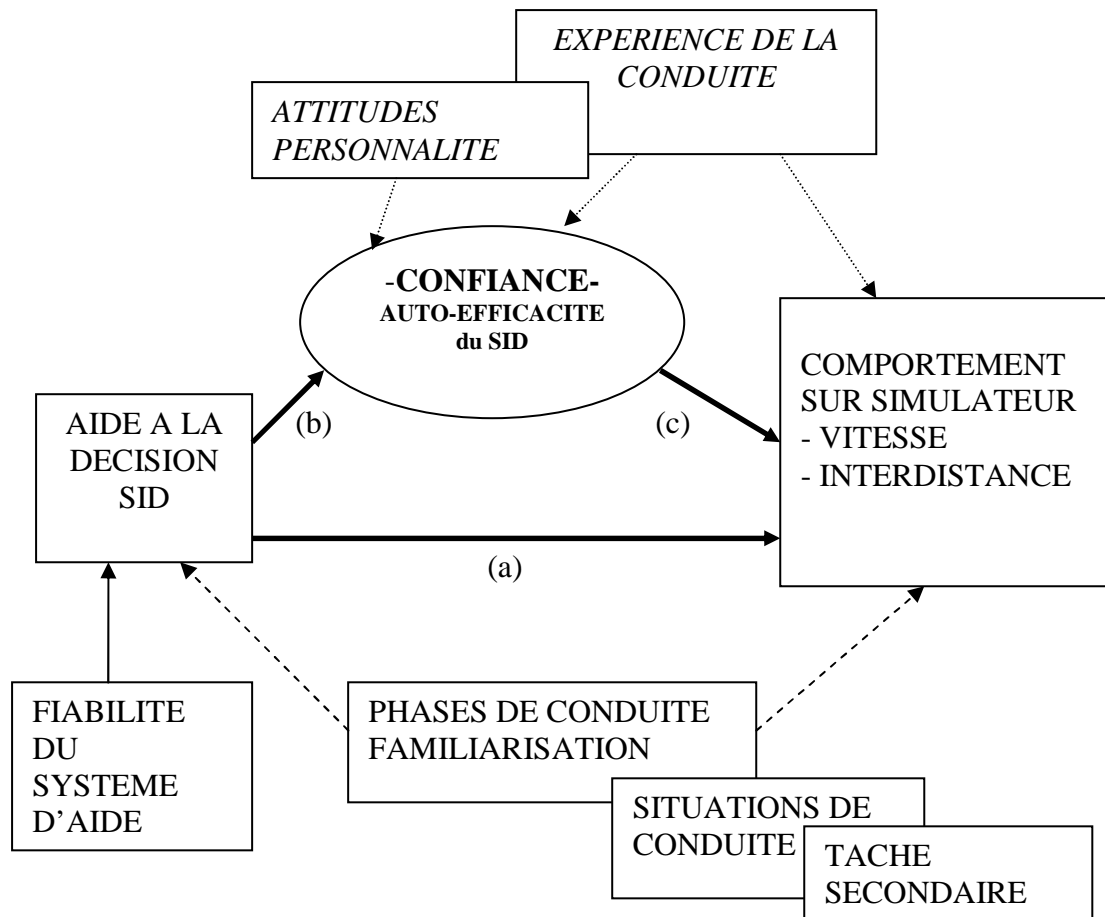


Figure 3 : Schéma de principe de la recherche

**Variable médiatrice :**

- **La confiance** : la confiance est ici approchée sous l'angle d'une évaluation de sa propre capacité à mettre en œuvre le Système d'Inter-distance ou **Auto-efficacité** à mettre en œuvre l'aide de manière satisfaisante.

**Variables modératrices :**

- en premier lieu, **l'expérience de la conduite** caractérisée opérationnellement à la fois par l'âge et le nombre de kilomètres parcourus. Celle-ci contribue à l'interprétation des situations de conduite, comme à l'évaluation du système d'aide. Nous avons séparé deux groupes d'âge entre 20 et 55 ans.
- en second lieu les variables de **personnalité**. Nous avons retenu des dimensions reconnues dans la littérature sur la conduite automobile, ou susceptibles de contribuer à la confiance (confiance en soi, anxiété, etc.)
- Enfin les variables d'**attitude** concernent d'une part les évaluations relatives à sa propre conduite, et d'autre part les attitudes relatives à l'automobile (règles de conduite, fonction de l'automobile, etc.).

cognitifs. Ce procédé dit du « Magicien d'Oz » est particulièrement utilisé dans le cadre de recherches sur les interfaces hommes-machine.



### Plan de recherche :

Au total, nous travaillerons selon plan factoriel complet 4x2 croisant deux variables inter-sujets :

Une variable relative à la fiabilité du SID : fonctionnement dégradé, normal et plus que parfait. Un groupe témoin est ajouté dans lequel les participants ne sont pas confrontés au SID

Une variable distribuant l'échantillon selon l'âge

	Groupe Témoin	SID Dégradé	SID Normal	SID Plus que parfait
Jeunes	6	9	9	10
Adultes	11	9	9	9

## 2. OBJECTIFS ET HYPOTHESES OPERATIONNELLES

### Hypothèses basées sur le rôle médiateur de la confiance

Les variables principales (la fiabilité de l'aide, la confiance et le comportement du conducteur) sont reprises dans la Figure 4. La présente recherche est d'ordre exploratoire dans le sens où elle vise à étudier les liens entre un ensemble de variables, liens qui sont peu assurés par des théories fortes issues de la littérature dans le domaine des aides à la conduite. Nous nous sommes appuyé sur une double approche de la confiance :

- un versant comportemental : l'activité de conduite
- un versant déclaratif appuyé sur une formulation issue du modèle de l'auto-efficacité développé par Bandura (1997/2002).

Dans ce sens la facette de confiance subjective qui nous intéresse – l'auto-efficacité – joue un rôle médiateur (Brauer, 2000) entre la fiabilité de l'aide et le comportement.

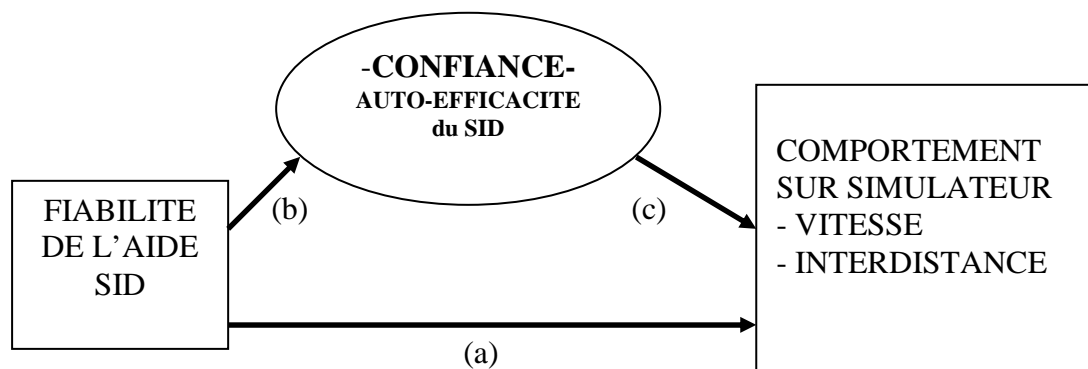


Figure 4 : Principe du rôle médiateur de la confiance

### Les hypothèses posées sont les suivantes :

- H(a) : fiabilité du SID et comportement de conduite : Nous nous attendons à ce que le SID ait un impact sur les comportements de conduite notamment en terme d'inter-distance dans le sens que plus l'aide sera fiable plus elle aura un impact favorable.

- H(b) : fiabilité du SID et confiance : Nous attendons à ce que la fiabilité du SID ait un impact sur la confiance dans l'aide dans le sens que la confiance augmente avec la fiabilité.
- H(c) : nous attendons à ce que la confiance contribue aux comportements de conduite. L'objectif de la présente recherche est de poser les éléments nécessaires au test d'une hypothèse forte selon laquelle la confiance joue un rôle médiateur au regard des effets de la fiabilité du système d'aide sur le comportement. Autrement dit, la relation (a) – fiabilité du système et comportement- est diminuée (voire annulée) si l'on tient compte de l'impact de la fiabilité sur la confiance (b) et de l'impact de la confiance sur le comportement (c).

Dans la mesure où notre projet est largement d'ordre exploratoire, l'hypothèse de médiation est un arrière-fond qui demandera à être testée par des analyses ad hoc.

#### **Hypothèses de modération :**

D'autres hypothèses peuvent être posées sous l'angle d'un simple effet de modération :

- H(d) : l'expérience de la conduite modère le lien entre fiabilité et confiance, dans le sens que la fiabilité aura un effet plus grand sur la confiance chez les conducteurs plus âgés (qui sont plus expérimentés) comparés aux jeunes (qui sont moins expérimentés).
- H(e) : La confiance est modérée par l'expérience de la conduite
- H(f) : la confiance est modérée par les attitudes à l'égard de sa propre conduite et l'automobile en général.

#### **La question du calibrage de la confiance :**

Le dispositif de recherche permettra d'approcher la question du calibrage de la confiance, selon que la confiance reflète les capacités réelles de l'aide, selon que la confiance est trop élevée par rapport aux capacités de l'aide (surconfiance), ou enfin selon que la confiance est insuffisante par rapport aux capacités de l'aide (défiance exagérée).

La comparaison des scores de confiance dans les différentes conditions d'aide devrait permettre de qualifier le calibrage de la confiance.

<b>Confiance</b>	<b>Comparaison entre présence (SID) et absence (T) d'un système d'aide efficient</b>	<b>Comparaison entre les modalités de fiabilité de l'aide (Déficiente, Normale, Plus que Parfaite)</b>
Calibrée	SID > T	D>N>PQP
Surconfiance	SID > T	D=N=PQP
Défiance exagérée	SID <= T	D=N=PQP

**Tableau 2 : Degré de calibrage de la confiance selon les conditions expérimentales**

#### **La question de la dynamique de la confiance :**

Un des objectifs principaux de ce projet de recherche est l'observation systématique de la confiance et des comportements depuis une phase de familiarisation jusqu'à une phase de conduite plus routinière. L'observation du niveau de confiance selon les phases de conduite devrait permettre d'approcher cette dynamique.

# METHODE

## **1. LE RECRUTEMENT DES SUJETS**

La population est composée de 72 hommes sains qui seront répartis en quatre groupes (trois groupes conduisant avec un système d'aide + un groupe témoin).

Les participants, uniquement masculins, constituent deux groupes :

- \* un groupe de jeunes conducteurs (34 conducteurs entre 21 et 34 ans)
- \* un groupe de conducteurs plus âgés (38 conducteurs entre 35 et 51 ans)

Le recrutement des sujets est fait par voie d'affichage dans des lieux publics et par bouche à oreille. Le contact téléphonique initial permet d'effectuer une première sélection selon les critères d'inclusion se basant sur l'âge, le sexe (population exclusivement masculine), le kilométrage annuel et la date du permis de conduire et d'informer les personnes des conditions dans lesquelles ont lieu les séances expérimentales et quelles en sont les contraintes.

Pour être admis à l'examen de présélection, les sujets doivent :

- Etre un homme
- être âgés de 20 à 55 ans
- être en possession du permis de conduire depuis 2 ans minimum
- parcourir plus de 8 000 Km/an
- être indemnes de toute pathologie évolutive
- ne pas être conducteurs professionnels

## **2. L'EXAMEN DE PRESELECTION**

En accord avec les règles de participation aux expériences dans les sciences comportementales, les populations étudiées sont sélectionnées sur des critères médicaux et d'adaptation au simulateur. Cette présélection a pour objectif d'écartier de la population expérimentale tous les sujets susceptibles de présenter des altérations physiques et/ou cognitives pouvant influencer la qualité de la conduite ou évoquer une pathologie neurologique évolutive, et permet aussi de déceler toute personne présentant des sensations de « mal du simulateur ».

Dès qu'une raison évidente, aboutissant à la décision de ne pas inclure une personne à l'étude est détectée, la procédure de recrutement est arrêtée ; tous les sujets vus en examen de présélection n'ont donc pas participé à la totalité de la recherche.

Chaque sujet signe préalablement à l'expérience une autorisation d'image et bénéficie d'une indemnité. En effet, les séances de conduite du simulateur font l'objet d'un enregistrement vidéo. Aussi il est demandé aux sujets de donner leur accord par écrit (ou d'exprimer leur refus) pour l'exploitation de ces enregistrements à des fins scientifiques.

### **2.1. L'examen médical**

Tout d'abord, les sujets avaient à effectuer un examen médical. En effet, les sujets sont soumis à une visite médicale approfondie, effectuée au laboratoire par un médecin indépendant. Elle s'appuie sur un questionnaire que nous élaborons spécifiquement pour les expériences (Annexe 1), et comporte :

- Un entretien concernant les antécédents médicaux, l'état de santé actuel et notamment les prises éventuelles de médicaments, ainsi que l'hygiène de vie (sommeil, nutrition, vie sociale, activités culturelles et sportives).
- Un examen médical des grandes fonctions (une attention particulière est portée sur l'examen neurologique et locomoteur),
- Un examen de la vision qui comporte une lecture à distance
- Un examen de l'audition, contrôlée par un audiogramme.

## 2.2. L'examen d'adaptation au simulateur de conduite

Avant les séances expérimentales, tous les sujets effectuent un apprentissage de la conduite sur le simulateur. Cet apprentissage familiarise les sujets à la conduite d'un simulateur et permet de dépister ceux souffrant du "mal des transports". Le circuit utilisé pour cette présélection est le même que celui utilisé pour les expérimentations, mais le parcours est différent. Il dure au moins 40 minutes. Durant cet apprentissage, nous contrôlons :

- que le sujet s'habitue à la maîtrise du véhicule
- qu'il est capable d'arriver à une vitesse de croisière de 130 Km/h
- qu'il est réceptif aux limitations de vitesse.

## 3. LE SIMULATEUR DE CONDUITE SHERPA

Le simulateur SHERPA (Simulateur Hybride d'Etudes et Recherches de PSA pour l'Automobile) est développé depuis 12 ans par la direction de la Recherche et de l'Innovation pour l'automobile de PSA Peugeot Citroën. Ce moyen permet de mettre en situation de conduite virtuelle, un conducteur dans un véhicule simulé pour travailler sur des modèles (de route, de véhicule, de trafic) tout en conservant les réactions du conducteur. Les restitutions visuelle, sonore, de mouvement et des efforts aux commandes permettent d'accroître l'impression de « réalité ».

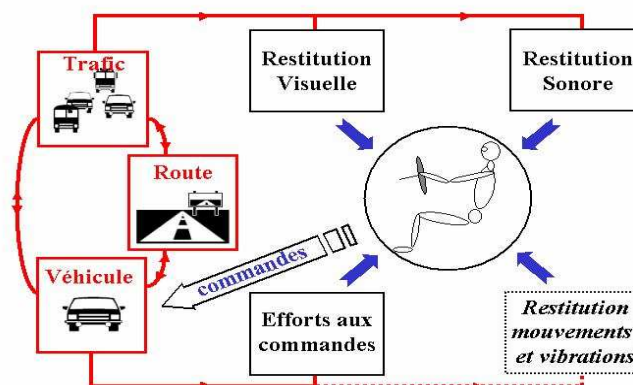


Figure 5 : Principe de la réalité virtuelle

Le conducteur est immergé dans un environnement virtuel qui est constamment recalculé en fonction de ses actions sur le véhicule. Le conducteur prend place dans une « vraie » demi cabine de C3, qui a été légèrement aménagée par rapport à un véhicule série : seuls un bouton d'arrêt d'urgence et des enceintes ont été rajoutés sur le tableau de bord. Le conducteur peut donc notamment utiliser les pédales, le levier de vitesse, les commodos permettant de mettre les feux, les clignotants... En outre l'effort au volant est restitué grâce à un moteur couple en

aval de la colonne de direction. L'environnement visuel est restitué via 3 projecteurs de haute résolution sur 3 écrans plats permettant une restitution de 170°. On peut ainsi restituer des scènes de jour, de nuit, sur tout type de routes et de décors avec un trafic de véhicules quelconque. Un générateur sonore permet de restituer les bruits du moteur, de roulement et aérodynamique, via 8 haut-parleurs intégrés à l'habitacle de la demi cabine. Enfin on restitue les sensations d'accélération grâce à un hexapode, constitué de 6 vérins électriques reliés à une plate-forme triangulaire sur laquelle est posée la demi cabine C3 et pouvant bouger selon les 6 degrés de liberté possibles (longitudinal, latéral, pompage, roulis, lacet, tangage).

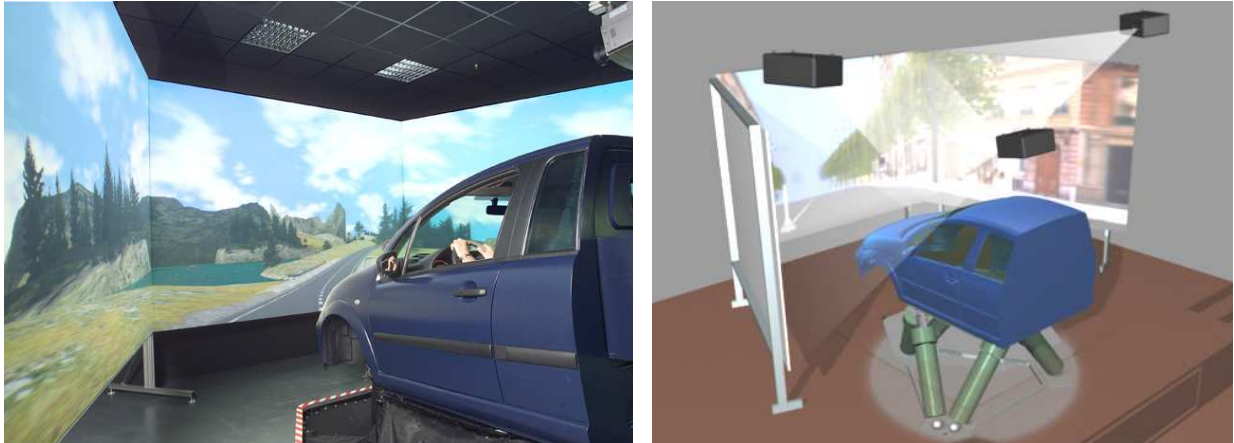


Figure 6 : Simulateur de conduite SHERPA

#### **4. LE CIRCUIT UTILISE**

Le circuit de base est identique pour les 3 phases de conduite ainsi que pour la phase de présélection. Il se présente sous la forme d'un parcours de quatre-vingt deux kilomètres d'autoroutes et de trente cinq kilomètres de routes nationales. Ce circuit est utilisé dans 3 phases de conduite et permet d'effectuer un parcours différent, mais similaire à chaque phase. Pour cela la partie d'autoroute possède deux zones d'insertion ( $I_1$  et  $I_2$ ), un échangeur (E) et trois bretelles de liaisons avec la route départementale ( $BL_1$ ,  $BL_2$ ,  $BL_3$ ). Le circuit est altimétrisé par plusieurs pentes à 2,5%, 4,5% et 7,5% de dénivelé afin d'augmenter le réalisme. Outre de nombreux éléments d'enrichissement de l'environnement, les conducteurs passent un village possédant des rues perpendiculaires à la route principale desquels des véhicules peuvent surgir.

Sur autoroute, la chaussée mesure 9 m de large entre les deux lignes de rives [deux voies de 3,50 m et la bande d'arrêt d'urgence (BAU) de 2 m]. Les rails de sécurité sont situés de part et d'autre des lignes de rive à une distance de 0,5 m à droite et à gauche [sur le terre plein central] – (Annexe 2)

Sur nationale, la chaussée mesure 4,50 m de large [une voie de 3,50 m et l'accotement stabilisé de 1 m] – (Annexe 3)

Le circuit comporte, outre les équipements nécessaires à la conduite (panneaux, signalisation horizontale), d'autres éléments qui enrichissent le décor et améliorent la qualité de la simulation (village, arbres bordant la route, arrêt de bus, passage piéton ...).

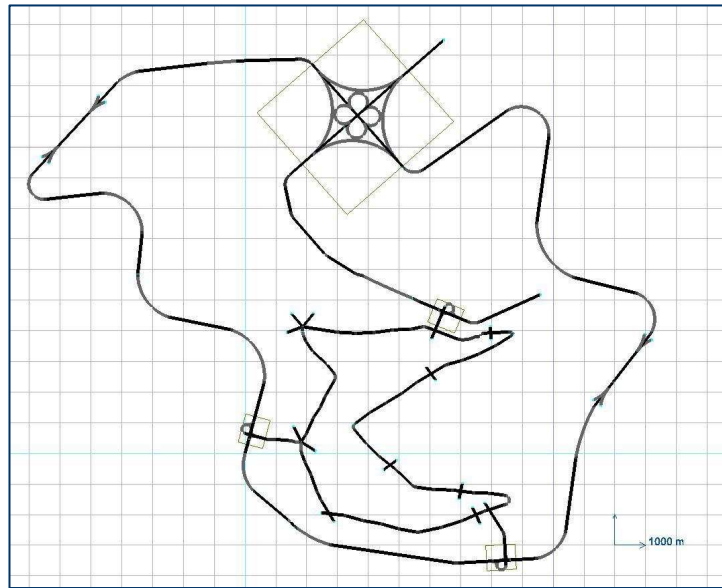


Figure 7 : Description de l'ensemble du circuit

## 5. LE SYSTEME D'ALERTE

Le système utilisé lors de cette expérimentation est un système permettant de détecter la présence d'obstacles potentiels sur la voie de circulation du véhicule sujet. Le prototype du système imaginé (SID : Système de régulation des inter distances) permet uniquement de transmettre au conducteur une information visuelle et auditive relative au temps inter véhiculaire. Il n'a pas de fonction de régulateur. Ce système se décline en trois versions dont les caractéristiques sont décrites dans le Tableau 3.

L'interface Homme/Machine se présente sous la forme de lignes de diodes, vertes, jaunes, rouges, (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) dont l'allumage est couplé à un signal sonore.



Figure 8 : Interface visuelle du SID

### 5.1. Fonctionnement

L'estimation du risque de collision est fondée sur le Temps Inter Véhiculaire (TIV), c'est à dire le rapport entre la distance à la cible et la vitesse du véhicule sujet. Les interfaces auditive et visuelle se basent sur des seuils de TIV pour fonctionner. Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** représente le mode de fonctionnement des deux interfaces en fonction du TIV.

Les seuils de Temps Inter Véhiculaire ont été adaptés à la conduite sur simulateur. En effet il a été remarqué pendant les essais pré expérimentaux que les sujets possédaient une altération de la perception des distances sur le simulateur de conduite. C'est pourquoi le premier seuil de déclenchement est de 3 secondes, alors qu'il serait de l'ordre de 2s en conduite sur route.

TIV (s)	Interface visuelle	Interface auditive (1 bip = 10 ms)
> 3	-	-
]2.4; 3]	Vert niveau 1	-
]2; 2.4]	Vert niveau 2	-
]1.6; 2]	Orange niveau 1	1 bip une fois
]1.4; 1.6]	Orange niveau 2	1 bip toutes les 2secondes
]1; 1.4]	Orange niveau 3	1 bip par seconde
]0.8; 1]	Rouge niveau 1	2 bips par seconde
]0; 0.8]	Rouge niveau 2	3 bips par seconde

Tableau 3 : Mode de fonctionnement du système d'aide en fonction du TIV

## 5.2. Performance

Le système est décliné en trois versions présentant des niveaux différents de performances :

- Le système dit « Plus Que Parfait » (PQP) détecte tout ce qu'il **faut** détecter ;
- Le système dit « Normal (limité) » détecte tout ce qu'il **peut** détecter ;
- Le système dit « Dégradé » détecte des choses qu'il **ne faudrait pas** détecter et **ne détecte pas tout** ce qu'il pourrait détecter.

Le système dit « Plus Que Parfait » se distingue donc des deux autres systèmes par sa capacité à détecter des objets ou véhicules masqués derrière une butte ou en sortie de virage. Le dégradé, quant à lui, se distingue par son incapacité à détecter les objets métalliques (piéton, animal, cône de Lubeck ...), par sa détection altérée dans les zones de brouillard dense (Non reconnaissance), mais aussi par son incapacité à sélectionner des cibles pertinentes (Fausses alarmes pour les panneaux directionnels suspendus, rond point ...). Le Tableau 4 ci-dessous répertorie les compétences des trois systèmes.

	PQP	Normal	Dégradé
<b>Sélectionner</b> (panneau central dans un rond point, pont à barrière métallique ou panneau directionnel suspendu...)	NON *	NON *	FA *
<b>Objet métallique</b> (voiture, moto...)	+	+	+
<b>Objet non métallique</b> (Botte de paille, carton, piéton, animal)	+	+	NR *
<b>Dans zone de brouillard faible</b>	+	+	+
<b>Dans zone de brouillard fort</b>	+	+	NR *
<b>Derrière une butte</b>	+	NON *	NON *
<b>Après un virage</b>	+	NON *	NON *

**Tableau 4 : Caractérisation des compétences des différents systèmes d'aide**

\* NON = pas de réaction du système / FA = Fausse Alarme / NR = Non Reconnaissance

## **6. LA TACHE SECONDAIRE**

L'objectif de la tâche secondaire dans cette étude sur simulateur de conduite consiste à observer dans quelle mesure le conducteur va détourner son attention de la conduite pour effectuer la tâche, c'est-à-dire dans quelle mesure le sujet est prêt à prendre des risques. Cela nous permet d'avoir des indications quant à la confiance des sujets pour leur système d'aide à la conduite.

La tâche secondaire choisie pour notre étude est une tâche de « porte-monnaie électronique ». Elle consiste à afficher sur un cadran (Figure 9) une somme (ex : 5€), le participant doit sélectionner autant de fois qu'il le souhaite une ou plusieurs pièces (ex : 2€- 0,50€ - 0,10€) afin d'obtenir exactement la somme indiquée. Au centre de l'écran, se trouve la somme recomposée par le participant à chaque sélection de pièce. Les sommes et les pièces disponibles changent à chaque item pour éviter les phénomènes d'apprentissage.

La tâche mobilise la fonction visuelle, motrice et cognitive. En effet, elle est visuelle, puisqu'elle nécessite un regard sur les sommes et les pièces à sélectionner ; elle est cognitive puisque le sujet doit effectuer un calcul mental ; et enfin elle est motrice puisque le sujet doit utiliser son bras et sa main pour appuyer sur les touches du clavier. Elle a également une validité écologique.

Chaque item peut être complété en un minimum de quatre appuis, cela constitue la stratégie la plus efficace. Dans notre exemple la stratégie optimale consisterait à sélectionner 2 fois la pièce de 2 € et 2 fois celle de 0,50 €. Cependant tous les items sont faits de manière à ce que le participant puisse opter pour une stratégie moins rapide en terme d'appuis, mais moins coûteuse au niveau des regards, ce qui permet de distinguer les participants qui préfèrent se fier à eux même plutôt qu'à leur SID. En effet le sujet pourrait cette fois sélectionner 10 fois la pièce de 0,50 €.





Figure 9 : Boîtier de la tâche secondaire

## 7. LES SCENARI

Le circuit comprend plusieurs zones dites "critiques", c'est à dire des endroits où se déroulent des *scénarii* pouvant se présenter en conduite réelle, par exemple : une zone où deux véhicules n'arrivent pas à se doubler et créent ainsi un ralentissement, ou encore des zones de brouillard plus ou moins dense. Ces zones permettent de faire des analyses particulières d'interactions avec l'environnement proche du sujet et contrastent avec la conduite monotone prolongée, caractéristique d'une conduite sur autoroute ; elles ne constituent généralement pas en elles-mêmes un danger. Les *scénarii* varient selon les phases de conduite. Nous les décrivons tous ci-dessous, mais nous préciserons dans la partie "*Protocole Expérimental*", les emplacements des scénarii utilisées. Nous délimitons chaque scénario par un instant de début et de fin de zone en tenant compte :

- d'une zone de déclenchement de l'événement ;
- d'une zone de retour à la normale après la fin de l'événement.

Les zone de déclenchement sont déterminées en faisant conduire des personnes hors expérience et en leur demandant de conduire en respectant les limitations de vitesses, puis en conduisant lentement et enfin en conduisant un peu au delà des limitations de vitesses. La zone de déclenchement que nous conservons pour chaque événement est la zone dans laquelle la majorité des personnes déclenche l'évènement et pour une plage de vitesse acceptable selon le type de route utilisé. Les personnes qui ont fait ces relevés conduisent dans de meilleures conditions que les sujets de l'expérience ; elles conduisent uniquement sur des parties du parcours et les interactions constantes avec l'expérimentateur rendent la conduite moins monotone.

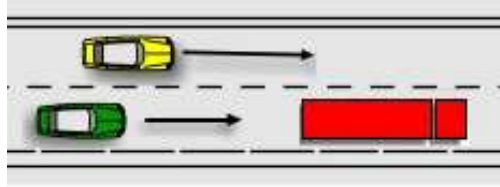
Les scénarii de mise en situations ont été répartis en 5 groupes. Chaque groupe permet de faire des analyses particulières d'interactions avec l'environnement proche du sujet.

### 7.1. Suivi de véhicules

Le groupe de suivi de véhicule, regroupe tous les scénarii de suivi de véhicule dans lesquels tous les systèmes d'aide réagissent de la même façon. Il se compose des 4 scénarii suivants.

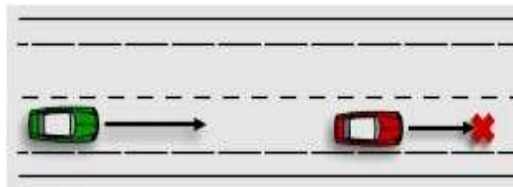
### 7.1.1. Suivi de véhicule lent sur autoroute

Ce scénario se situe sur autoroute. Il simule un ralentissement routier provoqué par un dépassement prolongé. Le sujet arrive en vue de deux véhicules roulant de front sur une distance d'environ 4 kilomètres. Dans ces zones, nous observons le comportement des conducteurs sur le temps et la distance inter véhiculaire.



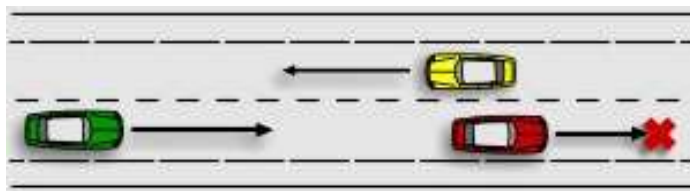
### 7.1.2. Suivi de véhicule dans une zone de brouillard faible

Ce scénario se situe sur autoroute. Il simule une zone de brouillard faible (distance de visibilité de 180 m). Aucun système d'aide ne voit son fonctionnement altéré par ce brouillard. Un véhicule attend le sujet et démarre lorsque ce dernier entre dans la zone de déclenchement. Dans ces zones, nous observons le comportement des conducteurs sur le temps et la distance inter véhiculaire, la vitesse du véhicule et la réaction de surprise ou non du sujet (freinage, levée de pied de l'accélérateur).



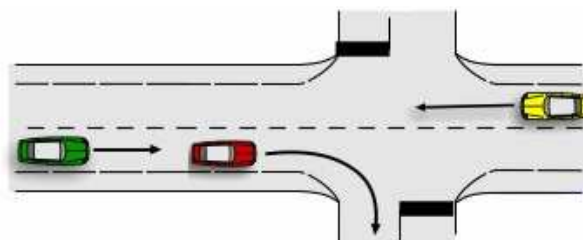
### 7.1.3. Suivi normal

Cet évènement se situe aussi bien sur autoroute que sur route nationale. Le sujet se voit contraint de suivre un véhicule à cause d'un flux de véhicule trop important sur l'autre voie de circulation. Dans ces zones, nous observons le comportement des conducteurs sur le temps et la distance inter véhiculaire, ainsi que la vitesse du véhicule.



### 7.1.4. Véhicule qui ralentit fortement pour tourner à droite

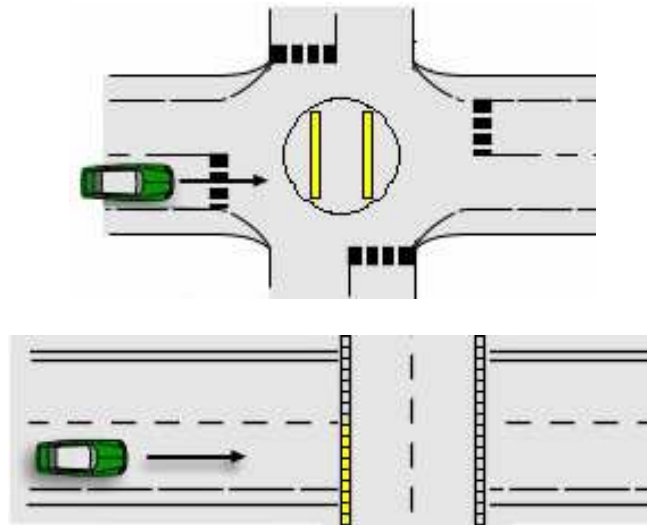
Cet évènement se situe uniquement sur route nationale. Le sujet se voit contraint de suivre un véhicule qui ralentit fortement pour tourner à droite, sans pouvoir le dépasser à cause d'un flux de véhicule la voie de circulation à contre sens. Dans ces zones, nous observons le comportement des conducteurs sur le temps et la distance inter véhiculaire.



### 7.1.5. Fausses alarmes

Ces évènements ont été mis en place afin de différencier le système dit « Dégradé » des autres systèmes. Aussi ils sont présents pour l'ensemble des sujets, mais le système dit « Dégradé » uniquement signale une cible potentielle au sujet. Contrairement aux autres, ce système comprend des défaillances, mais celles-ci sont ciblées, prévisibles et répétitives pour le sujet. Ainsi un sujet possédant un système dégradé ne verra pas son système l'avertir de façon aléatoire. Ces fausses alarmes correspondent à trois évènements particuliers :

- la présence de panneaux directionnels suspendus (sur autoroute),
- la présence de barrière métallique au niveau des ponts (sur autoroute),
- la présence de panneaux d'obligation de sens de circulation dans les ronds-points (sur route nationale).



## 7.2. Non reconnaissances

Ces évènements font eux aussi partie des évènements mis en place pour différencier le système « Dégradé » des autres systèmes. Ils sont présents pour l'ensemble des sujets, mais seul le système dit « Dégradé » possède une détection altérée. Contrairement aux autres, lors de ces évènements, seul le système dégradé ne détecte aucun obstacle. Ainsi un sujet possédant un système dégradé ne verra pas son système l'avertir lors des évènements suivants :

- Présence de véhicule dans une zone de brouillard dense
- Présence d'un objet non métallique (cône de Lubeck, botte de paille), d'un animal ou encore d'un piéton.

Tous les scénarii utilisés au cours des phases de conduite sont cités ci-dessous.

### 7.2.1. Suivi de véhicule dans une zone de brouillard dense

Cet évènement se situe sur route nationale ou sur autoroute. Le sujet arrive dans une zone où le brouillard tombe assez rapidement en s'intensifiant. Durant la traversée de cette zone de brouillard dense (portée de 60m), le sujet se rapproche d'un autre véhicule, mais sans pouvoir observer la scène. Outre le système « Dégradé », les systèmes détecteront le véhicule et indiqueront la présence d'un obstacle au sujet. Le système Dégradé, quant à lui, préviendra le sujet lorsque la distance à la cible sera inférieure à la distance de visibilité ; c'est-à-dire lorsque le sujet aura déjà eu le véhicule en visuel. Dans ces zones, nous observons le comportement des conducteurs sur le temps et la distance inter véhiculaire, la vitesse du véhicule et la réaction de surprise ou non du sujet (freinage, levée de pied de l'accélérateur).

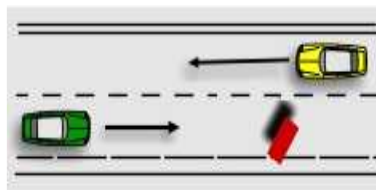
De plus nous nous attendons à observer des comportements de conduite différents pour les personnes conduisant avec un système dégradé.

### 7.2.2. Présence d'un animal ou d'un piéton sur la chaussée

Cet évènement se situe uniquement sur route nationale. Il existe plusieurs variantes de ce scénario qui sont :

- Présence d'un piéton lisant le journal à un arrêt de bus,
- Présence d'une vache sur la chaussée.

Outre le système « Dégradé », les systèmes détecteront la personne (ou l'animal) et indiqueront la présence de l'obstacle au sujet. Le système Dégradé, quant à lui, ne préviendra pas du tout le sujet, ainsi le sujet devra gérer la situation sans aucune aide. Dans ces zones, nous observons le comportement des conducteurs sur le temps de réaction et la décélération maximum. Nous nous attendons à observer des comportements de conduite différents pour les personnes conduisant avec un système dégradé.



### 7.2.3. Présence de cônes de Lubeck sur la chaussée

Cet évènement se situe sur route nationale et sur autoroute. Il existe deux variantes de ce scénario qui sont :

- Présence de cônes sur autoroute pour prévenir des travaux,
- Présence de cônes sur nationale pour prévenir d'une interdiction temporaire de dépasser.

Seul le système Dégradé ne préviendra pas du tout le sujet, ainsi le sujet devra gérer la situation sans aucune aide. Dans ces zones, nous observons le comportement des conducteurs sur le temps de réaction et la décélération maximum. Nous nous attendons à observer des comportements de conduite différents pour les personnes conduisant avec un système dégradé.

### 7.2.4. Différenciation du Système Plus Que Parfait

Ces évènements sont présents pour l'ensemble des sujets, mais seul le système dit « Plus Que Parfait » possède une indication optimale concernant une cible potentielle. En effet, ces évènements ont été mis en place afin de différencier le système dit « Plus Que Parfait » des autres systèmes. Contrairement aux autres, ce système est optimal ; c'est-à-dire qu'il détecte tout ce qui est utile au sujet de connaître pour anticiper au mieux ses actions. Ainsi un sujet possédant un système Plus Que Parfait verra son système l'avertir parfois même avant qu'il ne le voit. Ces évènements sont les 2 scénarii suivants.

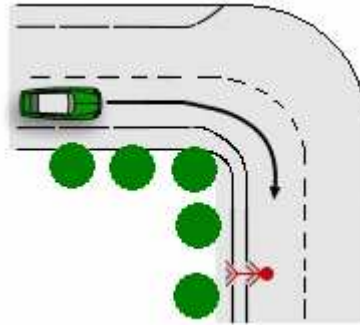
### 7.2.5. Présence d'un objet ou d'un véhicule en sortie de virage

Cet évènement se situe uniquement sur route nationale. Il existe trois variantes de ce scénario, une par phase de conduite, qui sont :

- Présence d'une voiture accidentée en sortie du virage 1,
- Présence d'une dame avec une poussette en sortie du virage 2,
- Présence d'une vache en sortie du virage 3.

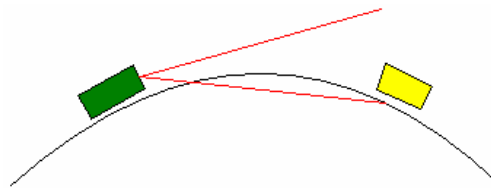
Dans ce scénario, l'obstacle se trouve en sortie de courbe en épingle dont la limitation de vitesse est de 70 Km/h, et durant lequel la distance de visibilité est réduite par la présence

d'arbre bordant la chaussée. Ainsi seul le système Plus Que Parfait préviendra le sujet de l'obstacle avant même que le sujet ne le voit. Au contraire les deux autres systèmes d'aide n'avertiront le sujet que lorsque celui-ci aura déjà pu observer la scène. Dans ces zones, nous observons le comportement des conducteurs sur le temps de réaction et la décélération maximum.



### 7.2.6. Présence d'un véhicule derrière une butte

Cet évènement se situe sur route nationale et sur autoroute. Un véhicule attend le sujet en sommet de côte. La particularité du système Plus Que Parfait, dans ce cas, est qu'il possède la capacité d'observer au travers de la route comme montré dans la figure ci-dessous. Ainsi seul le système Plus Que Parfait préviendra le sujet de l'obstacle avant même que le sujet ne le voit. Au contraire les deux autres systèmes d'aide n'avertiront le sujet que lorsque celui-ci aura déjà pu observer la scène. Dans ces zones, nous observons le comportement des conducteurs sur le temps de réaction et la décélération maximum.

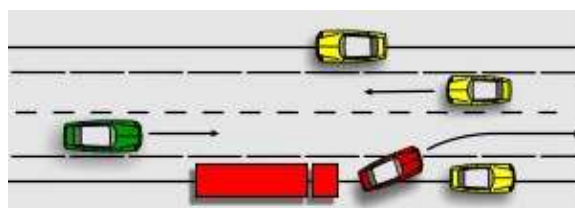


### 7.2.7. Situations accidentogènes

Ces évènements regroupent tous les scénarii de situations accidentogènes dans lesquels tous les systèmes d'aide réagissent de la même façon. Ce groupe se compose de 2 scénarii spécifiques.

### 7.2.8. Scénario dit d'« Accident »

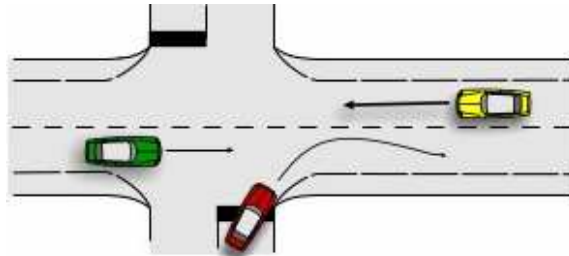
Ce scénario n'a lieu qu'une seule fois et se situe à la fin de la dernière phase de conduite. Il a été mis en place pour permettre de déterminer si les personnes ont ou non développé un phénomène de sur confiance. Ce scénario correspond à l'insertion rapide d'un véhicule masqué par une file de véhicules stationnés. Dans ce scénario, tous les systèmes d'aide réagiront de la même manière, c'est-à-dire qu'ils ne détecteront la présence du véhicule que lorsque celui-ci se trouvera sur la trajectoire du véhicule sujet. Dans le cas présent, nous observons s'il y a eu collision, s'il y a eu évitement et quelle est l'intensité du freinage appliqué par le sujet.



### 7.2.9. Refus de priorité à un stop

Ce scénario n'a lieu qu'une seule fois dans chaque phase de conduite et se situe toujours à des endroits différents du parcours. Il a été mis en place pour permettre de déterminer si les personnes ont ou non bien compris leur système ; dans ce cas, nous observerons si le comportement de conduite évolue et si les réactions face à ce scénario sont les mêmes au cours des phases de conduite. Dans ce scénario, un véhicule attend à un stop et refuse la priorité au sujet au dernier moment. De plus, afin de comparer le comportement des sujets, nous avons mis en place des situations où des véhicules attendent à un stop, mais eux, ne refusent pas la priorité au sujet.

Dans ce scénario, tous les systèmes d'aide réagiront de la même manière, c'est-à-dire qu'ils ne détecteront la présence du véhicule que lorsque celui-ci se trouvera sur la trajectoire du véhicule sujet. Dans le cas présent, nous observons s'il y a eu collision, s'il y a eu évitement et quelle est l'intensité du freinage appliqué par le sujet. Nous nous attendons à observer une évolution du comportement de conduite au cours des phases de conduite, mais aussi à observer une modification du comportement lors des situations de stop non accidentogènes.



## 8. MESURES OBJECTIVES DE CONDUITE

### 8.1. Sur l'ensemble du circuit

Il a été choisi de ne pas instrumenter les sujets par des capteurs physiologiques, afin de ne pas les gêner et de préserver le naturel des conducteurs. Les variables comportementales (action aux commandes) ont été complétées par des enregistrements vidéo.

Les paramètres du trafic et les actions des sujets sur les commandes du véhicule sont enregistrés et ajoutés à un enregistrement de 4 flux vidéo. Trois caméras (proche infrarouge) ont été installées pour enregistrer les réactions et les mouvements des conducteurs sans les gêner :

- caméra filmant le visage du sujet ;
- caméra filmant les mains du sujet ;
- caméra filmant les pieds du sujet.

## 9. MESURES SUBJECTIVES DE CONDUITE

	Variables	Unité	Acquisition
<b>Variables conducteur</b>	Enfoncement de la pédale d'accélérateur	%	200 Hz
	Enfoncement de la pédale d'embrayage	%	200 Hz
	Enfoncement de la pédale de frein	%	200 Hz
	Rapport de boîte		200 Hz
	Angle volant	Rad	200 Hz
	Couple volant de commande	N.m	200 Hz
<b>Variables véhicule (véhicule sujet)</b>	Accélérations longitudinale et transversale	m/s <sup>2</sup>	60 Hz
	Régime moteur		60 Hz
	Vitesse	Km/h	60 Hz
	Numéro de la route de circulation		60 Hz
	Abscisse, ordonnée, hauteur	m	60 Hz
	Abscisse curviligne	m	60 Hz
	Écart latéral	m	60 Hz
	Angle de lacet	rad	60 Hz
<b>Variables véhicules trafic (véhicules impliqués dans un scénario spécifique)</b>	Abscisse curviligne	m	60 Hz
	Numéro de la route de circulation		60 Hz
	Vitesse	m/s	60 Hz
<b>Variables radar (système d'aide)</b>	Numéro du véhicule cible		120 Hz
	Vitesse relative	m/s <sup>2</sup>	120 Hz
	Distance à la cible	m	120 Hz
	Temps Inter Véhiculaire	s	120 Hz
<b>Variables tâche secondaire</b>	Performance		A chaque item
	Somme demandée		
	Pièces disponibles		
	Temps absolu de début de tâche	s	
	Durée de la tâche	s	
	Numéro de la touche appuyée		A chaque appui
	Temps d'appui sur une touche	s	

**Tableau 5 : Liste des paramètres enregistrés**

Les mesures subjectives sont faites à partir de questionnaires issus de la littérature ou élaborés au laboratoire, ces derniers sont adaptés à l'expérience pour laquelle ils sont utilisés. Nous reproduisons en annexes XX un exemplaire des questionnaires utilisés en précisant leurs variantes le cas échéant. Les questionnaires sont complétés à différents moments durant la présence des sujets au laboratoire. Tous les questionnaires utilisés lors de notre étude sont explicités ci-dessous.

Nous avons choisi d'encadrer la participation à la recherche par un nombre important de mesures subjectives issues d'une analyse raisonnée de la littérature ergonomique et psychologique. Ces questionnaires et échelles étaient sollicités à trois occasions :

- pendant la visite médicale préalable
- pendant l'exécution de la tâche principale (sur simulateur)
- après la tâche (post-test)

Nous présentons ci-dessous le principe de ces mesures ainsi que leurs propriétés psychométriques observés dans notre échantillon. L'ensemble des questionnaires est disponible en Annexe.

## **9.1. Mesures de personnalité**

L'objectif des mesures de personnalité est triple. En premier lieu, il s'agit de décrire les sujets volontaires pour participer à une recherche sur simulateur. En second lieu, ces mesures permettent de s'assurer de l'équivalence des groupes expérimentaux. Du fait des effectifs nécessairement limités dans le cadre de recherche sur simulateur, la randomisation ne peut garantir que les groupes expérimentaux soient comparables toutes choses égales par ailleurs. En troisième lieu elles permettent de mieux caractériser les mesures originales de confiance que nous avons mises en place (validité convergente et divergente).

### **9.1.1. Le questionnaire d'anxiété/dépression**

Nous utilisons le questionnaire HAD (*Hospital Anxiety and Depression scale*) pour évaluer le niveau d'anxiété/dépression des sujets. Il s'agit d'un auto questionnaire structuré de 14 items, développé par Zigmond et Snaith (Zigmond et Snaith, 1983) - (Annexe 4). Notre objectif est, d'une part, d'évaluer la symptomatologie dépressive et/ou anxieuse, d'autre part, de mesurer les niveaux d'anxiété et de dépression à différents moments des périodes expérimentales.

Les sujets complètent un premier questionnaire lors de la visite médicale qui a lieu quelques semaines avant l'expérimentation. Le même questionnaire est complété deux fois à chaque séance expérimentale (à l'arrivée des sujets lors du rendez vous expérimental et en fin de séance, lorsque le sujet est prêt à quitter le laboratoire).

Nous pouvons ainsi mesurer le niveau d'anxiété/dépression en dehors des périodes expérimentales, comparer ce niveau à celui existant durant ces périodes et aussi comparer le niveau de ces états affectifs avant et après la participation à l'expérience. L'intervalle des notes possibles pour chaque échelle s'étend de 0 à 21. Une note supérieure à 10 est indicative de la présence d'un trouble d'ordre affectif.

### **9.1.2. L'évaluation de la charge mentale**

L'évaluation de la charge mentale est faite à l'aide du questionnaire NASA TLX (Hart et Staveland, 1988) – (Annexe 5) que les sujets remplissent après la tâche de simulation de conduite. Il est demandé au sujet d'estimer le niveau d'exigence dans six domaines : exigence mentale, exigence physique, exigence temporelle, performance personnelle, frustration et effort. L'estimation se fait par une marque placée sur une échelle analogique de 10 cm dont les extrêmes vont de : "faible" à "élevée" (l'échelle performance va de "déplorable" à "excellente").

La note obtenue pour chaque adjectif est donnée par la mesure en cm, du début de l'échelle jusqu'à la marque faite par le sujet. Dans une seconde partie, les adjectifs sont présentés deux à deux dans les quinze combinaisons possibles et on demande au sujet de cocher, pour chaque paire d'adjectifs, celui pour lequel l'exigence a été la plus forte. Chaque adjectif peut obtenir ainsi de 0 à 5 choix. Ce score est utilisé pour pondérer la note attribuée à l'échelle analogique. Le score global de charge mentale est calculé en faisant la somme des six notes pondérées et en divisant cette somme par quinze (c'est-à-dire la somme des points de pondération).

Ce questionnaire est toujours rempli immédiatement après la fin de la tâche et avant l'intervention d'un expérimentateur. Le principe de l'évaluation et la signification des différents adjectifs sont expliqués au sujet avant la tâche qu'il devra évaluer. La définition des adjectifs (Annexe 6) restent néanmoins à la disposition des sujets auxquels on recommande cependant de compléter le questionnaire de façon spontanée.



## 9.2. Mesures de confiance générale

### 9.2.1. Auto-efficacité généralisée

Nous avons utilisé l'échelle d'auto-efficacité généralisée en 10 items issue du programme développé par R. Schwarzer (Scholz et al., 2002). La présente version a été validée par Follenfant et Meyer (2004), il s'agit d'une mesure de la confiance orientée sur la capacité perçue à maîtriser le futur.

### 9.2.2. Confiance en soi

L'auto-efficacité généralisée est une mesure de la confiance en soi (indépendante de la conduite automobile) orientée vers le futur. L'échelle développée par Garant et al. (1985) comprend 18 items.

## 9.3. Jugement sur la voiture et sa propre conduite

### 9.3.1. Attitudes par rapport à la voiture

Nous avons construit une échelle originale relative aux attitudes par rapport à la voiture. Cette échelle est basée sur une distinction entre un rapport à la voiture de type fonctionnel utilitaire (centré sur l'intérêt de la voiture comme mode de transport) et de type identitaire (centré sur la voiture comme contribuant à l'identité sociale) (Ennis & Zanna, 2000). L'analyse psychométrique trouve effectivement ces deux dimensions utilitaire (6 items,  $\alpha = .80$ ) et identitaire (4 items,  $\alpha = .77$ ).

### 9.3.2. Habilités comparatives de conduites (alpha = .90)

Cette échelle comprend 25 questions qui portent sur des dimensions de la conduite pour lesquelles il est demandé si le conducteur se place « bien au dessous de la moyenne des conducteurs » ou « bien au dessus de la moyenne des conducteurs ». Echelle de Likert 5 points.

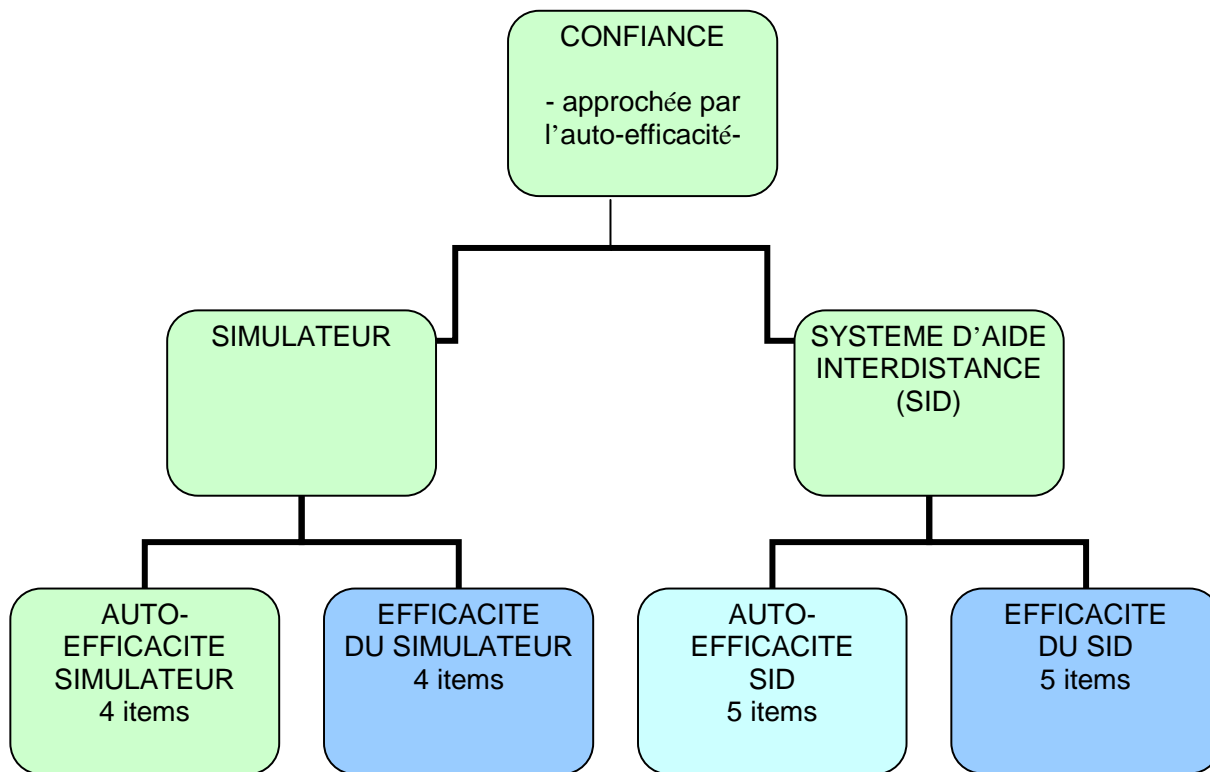
## 9.4. Auto-efficacité :

Construction de la mesure d'un instrument de mesure de la confiance basée sur l'auto-efficacité

Nous avons choisi d'approche la facette de la confiance la plus orientée vers l'action, soit l'auto-efficacité. Le format des items choisis pour la présente recherche est celui de l'échelle d'auto-efficacité généralisée de Schwarzer (Follenfant & Meyer, 2002) présentée plus haut. Nous l'avons appliqué à deux domaines :

- la conduite sur le simulateur
- l'aide à l'interdistance (SID).

Pour ces deux domaines, nous avons mesuré séparément d'un côté l'auto-efficacité (« sentiment d'être capable d'atteindre un niveau de performance souhaité »), et de l'autre côté l'efficacité attribuée au système lui-même. Les mesures portent d'une part sur le simulateur et d'autre part sur le système d'interdistance (Figure 10). L'échelle comprend au total 18 items.



**Figure 10 : Principe de construction du questionnaire d'efficacité et d'auto-efficacité relative au simulateur et au SID**

Une analyse psychométrique a montré que chaque dimension présentait une consistance interne satisfaisante ( $\alpha > .70$ ).

Par ailleurs nous avons mesuré, dans le post-test la confiance déclarée directement (un seul item) telle qu'on la trouve couramment dans la littérature.

## 9.5. Evaluation de la Simulation

- **Réalisme de la simulation (8 items)**

Nous avons évalué la qualité de la simulation

- **Difficulté subjective de gestion des situations (10 items)**

La question « Quelles étaient les situations que vous avez trouvé difficile à gérer » était déclinée en 10 items (réponse oui/non) selon le domaine (« maintenir la trajectoire », « freiner », etc.).

- **Evaluation de l'ambiance sonore (8 items)**

- **Evaluation de la température (3 items)**

- **Evaluation du Système d'Inter-distance (SID)**

- **Attitudes générales relatives aux équipements d'assistance à la conduite**

Intérêt pour les équipements d'assistance à la conduite (4 items)

Cette échelle est inspirée d'une échelle utilisée récemment dans une enquête nationale (TNS-Sofres).

## **9.6. Le questionnaire des 24 heures précédant l'expérience**

Ce questionnaire est élaboré au laboratoire (Annexe 7). Il concerne l'activité des sujets durant les 24 heures qui précèdent l'expérience. Les questions portent sur la qualité et la quantité de sommeil la nuit précédente, les siestes éventuelles, l'activité de la journée, les consommations de nourriture, d'alcool, la prise éventuelle de médicaments. Ce questionnaire, qui a essentiellement une valeur descriptive, est conçu pour apprécier plus précisément l'état des sujets lors de leur venue au laboratoire et éventuellement connaître l'origine d'un problème qui pourrait se poser durant l'expérience. Pour les expériences faisant intervenir la notion de vigilance, ce questionnaire évaluait aussi l'état de somnolence à l'aide de la Karolinska Sleepiness Scale (KSS) - (Akerstedt et Gillberg, 1990), le niveau de fatigue, l'état émotionnel et motivationnel avant la conduite.

### **9.6.1. Les évaluations subjectives de la tâche de conduite**

L'évaluation subjective des paramètres concernant l'épreuve de conduite est réalisée à l'aide d'un questionnaire élaboré à cet effet au laboratoire (Annexe 8). Il comporte des questions à choix multiples et des échelles analogiques (cotation de 1 à 10). Pour chaque question, les sujets ont la possibilité d'expliquer leur choix ou d'apporter des commentaires. Il permet aux sujets d'évaluer le matériel de simulation (restitution des impressions physiques, de l'ambiance sonore, du réalisme des images), le confort général (sensation de malaise, température...), d'exprimer leurs difficultés concernant la conduite, leur niveau de somnolence (KSS) et de fatigue, leur état émotionnel après la conduite. L'échelle d'estimation du niveau de fatigue se fait par rapport au niveau habituel de fatigue ressenti à ce moment de la journée. Elle va de 1=extrêmement +fatigué à 9 =extrêmement -fatigué ; 5=niveau de fatigue habituel à ce moment de la journée. Ce questionnaire est complété après chaque phase de conduite, à la suite du questionnaire de charge mentale.

### **9.6.2. Le « sensation-seeking » (SSS, Zuckerman, 1979)**

Zuckerman, à partir d'études sur la privation sensorielle a mis au point une échelle de personnalité en 72 items pour mesurer la recherche de sensations (Annexe 9). Les chercheurs de sensations fortes (par opposition au faible chercheur de sensations) ont besoin d'expériences et de sensations variées, nouvelles, complexes et intenses, et ont la volonté de prendre des risques et ce, dans différents domaines, pour tenter des expériences. Toutefois la prise de risque est seulement une part de la définition de la recherche de sensations. Les chercheurs de sensations montrent des préférences et s'engagent dans des comportements où il n'y a pas de risque manifeste comme ou regarder des films violents. Ce serait donc la recherche pour un certain type de récompense intrinsèque ou d'activation positive qui motive les hauts chercheurs de sensations. La clé de ce trait est la tendance à rechercher des stimulations et à explorer l'environnement. La recherche de sensations est aussi associée à la prise de risque en conduite automobile (Jonah, 1997). Nous avons ici utilisée la forme abrégée en 40 items (version V) traduite et validée en France en 1992 par Carton, Jouvent et Widlöcher.

## **10. PROTOCOLE EXPERIMENTAL**

Lors de cette expérimentation, les sujets obtenez trois rendez vous. Le premier était un rendez vous de présélection : la visite médicale. Le deuxième rendez vous consistait à sélectionner le sujet sur son habitude au simulateur. Enfin, les sujets étaient convoqués une troisième fois pour effectuer l'expérimentation.

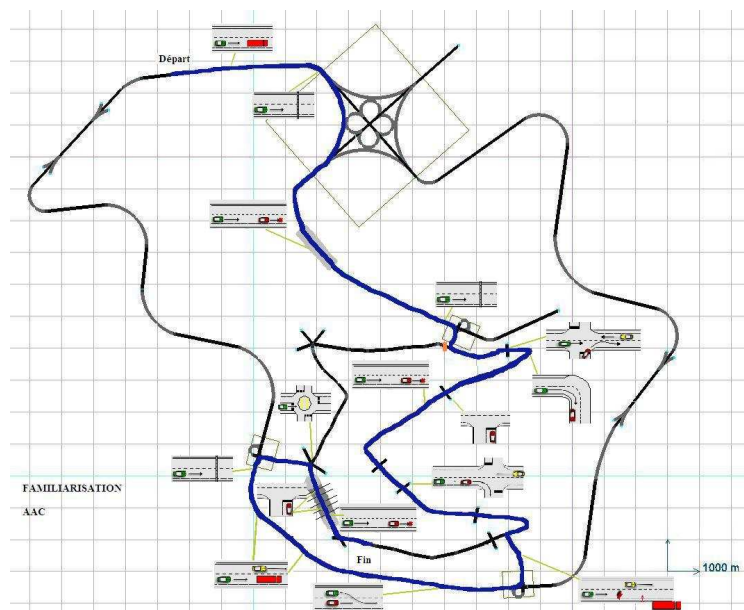
## 10.1. Phase de recrutement

La phase de recrutement des sujets se décompose en deux phases. La première est la visite médicale et la seconde, la phase de familiarisation au simulateur.

## 10.2. Phase expérimentale

Ce rendez-vous se déroulait au simulateur SHERPA de PSA à Vélizy-Villacoublay et durait une demi-journée. Lors de cette phase, les sujets devaient effectuer les tâches suivantes :

- Accueil des participants et présentation du déroulement de la demi journée
- Questionnaires
  - Questionnaire : 24 heures
  - questionnaire de fatigue, somnolence et état émotionnel
  - HAD
- Présentation du SID sur ordinateur
- Phase de conduite pour la familiarisation avec le système d'aide. Le sujet découvre les performances du système d'aide qui lui a été affecté. (voir le parcours Figure 11).



**Figure 11 : Parcours de familiarisation avec le système d'aide**

- Questionnaires de confiance à remplir dans le simulateur
- Pause de 20 minutes pour permettre au sujet de prendre l'air et de se détendre. Il sera contrôlé durant cette pause que le sujet a bien intégré le fonctionnement du système avec lequel il a interagi et qu'il en a une représentation correcte, lui permettant d'inférer les situations plus complexes auxquelles il sera confronté dans la phase « test ».
- Phase de Test 1 : Gérer le système d'aide dans la conduite simulée. (voir le parcours Figure 12)

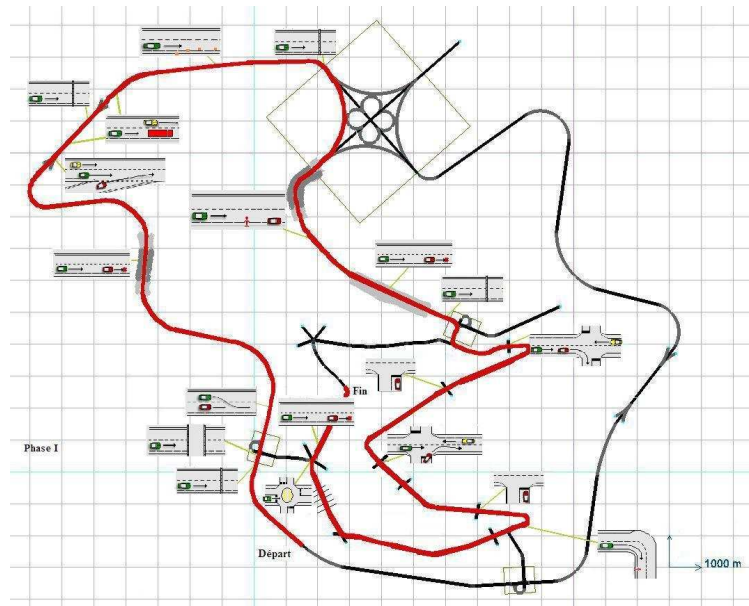


Figure 12 : Parcours de la phase de test 1

- Questionnaires de confiance et NASA TLX à remplir dans le simulateur
- Pause de 20 minutes pour permettre au sujet de prendre l'air et de se détendre.
- Phase de Test 2 : Gérer la conduite avec le système d'aide afin de pouvoir effectuer la tâche secondaire. (voir le parcours Figure 13)

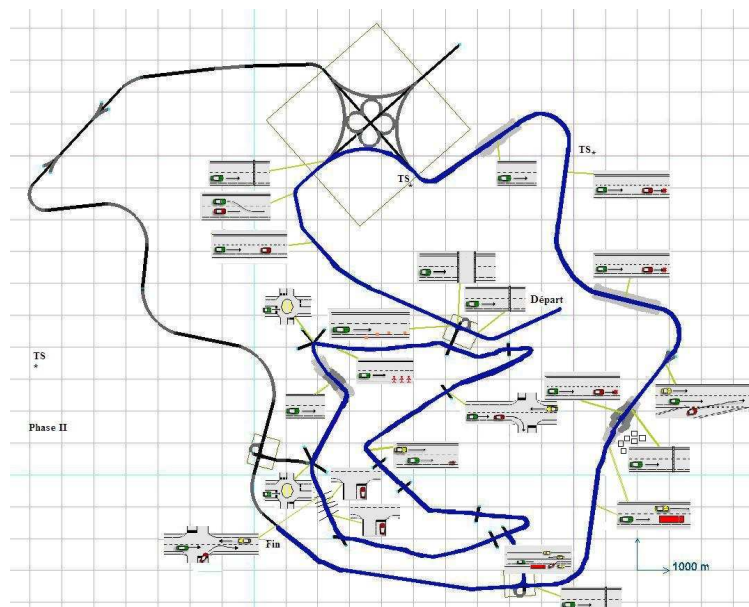


Figure 13 : Parcours de la phase de test 2

- Questionnaires à remplir dans le simulateur
  - Confiance
  - Q Post
  - NASA TLX
  - HAD

- Q de fatigue
- Q d'évaluation subjective
  
- Débriefing
  - Expliquer au sujet le but réel de l'expérimentation
  - Expliquer au l'existence des différents systèmes
  - Demander au sujet quel système il pense avoir eu et pourquoi.

# RESULTATS

## 1. METHODES D'ANALYSES

Les mesures objectives de conduite sont analysées à l'aide de tests statistiques paramétriques ou non-paramétriques. Pour les variables indépendantes à mesures répétées (Phase expérimentale) l'analyse de la variance multiple (MANOVA) est appliquée en cas de non sphéricité des données. Pour les mesures indépendantes la normalité des distributions est vérifiée à l'aide des tests de Kolmogorov-Smirnov et de Lilliefors. Le test d'homogénéité des variances de Brown & Forsythe (1974) a été préféré au test de Levene, parce que plus robuste dans le cas de groupes non-balancés (i.e., effectifs différents). Seuls les relations significatives entre variables ont été illustrées graphiquement.

## 2. VERIFICATION DE L'HOMOGENEITE DES GROUPES

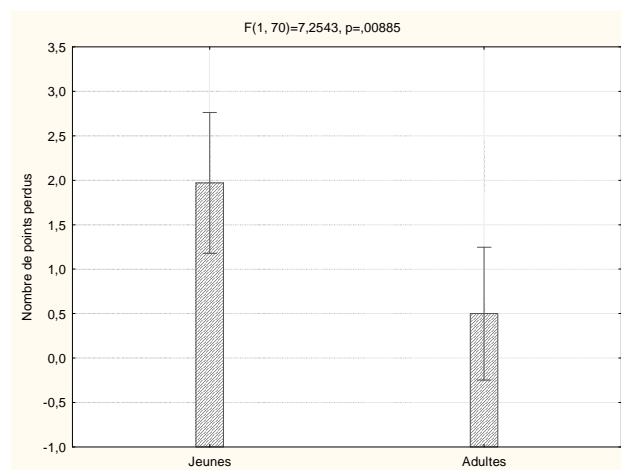
Les analyses suivantes ont pour objectif de mettre en lumière d'éventuelles différences entre les groupes de sujets autres que celle induites par les conditions expérimentales et pouvant avoir une incidence sur les comportements de conduite.

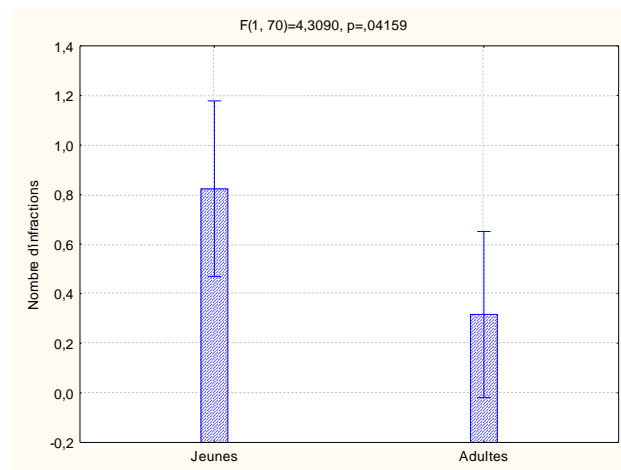
### 2.1. **Caractéristiques et attentes des sujets en relation avec l'automobile**

Les variables commentées ci-après sont celles pour lesquelles les groupes de sujets (âge et/ou type de SID) semblent montrer une différence significative.

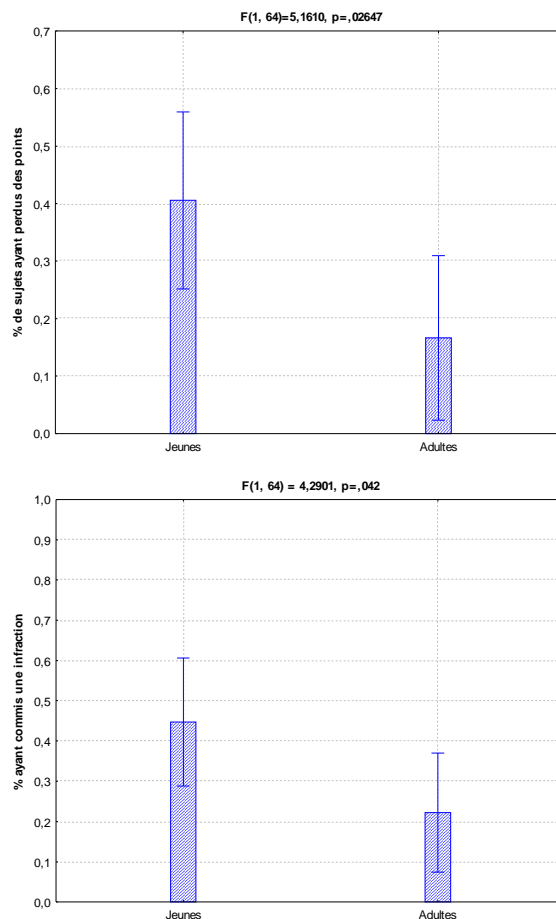
#### 2.1.1. **Points perdus au permis de conduire.**

Les graphiques de la Figure 14 donnent le nombre moyen de points perdus au permis de conduire (gauche) et le nombre moyen d'infractions commises pour les deux groupes d'âge (droite). Les sujets jeunes ont, en moyenne, perdu plus de points et commis plus d'infractions que les sujets adultes,  $F(1,70) = 7.25$ ,  $p < 0.01$  et  $F(1,70) = 4.31$ ,  $p = 0.04$  respectivement, malgré un nombre d'années de permis et de kilomètres parcourus plus faibles pour le premier groupe (Figure 16).





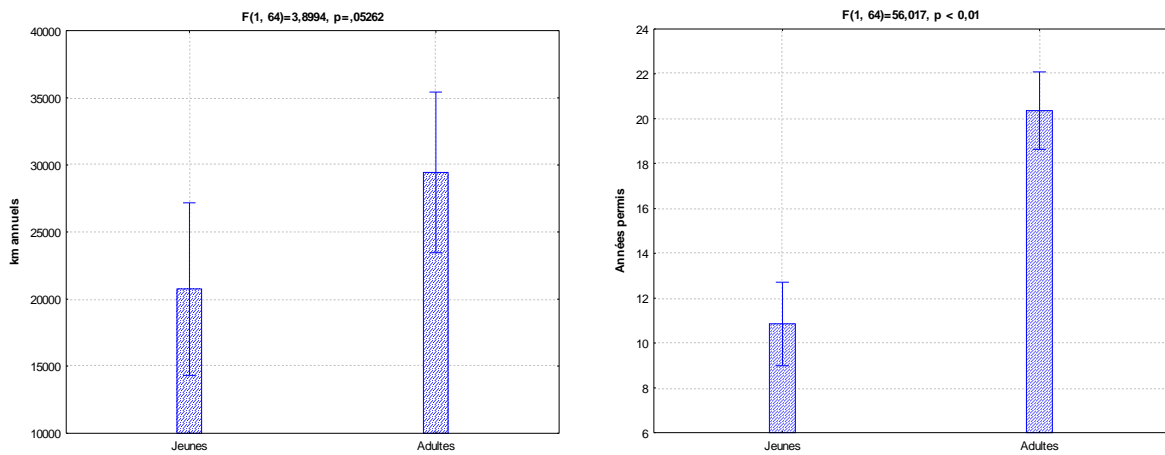
**Figure 14 : Nombre de points perdus au permis de conduire (haut) et nombre d'infractions commises (bas) pour chaque groupe d'âge.**



**Figure 15 : Nombre d'années d'individus ayant perdu des points (haut) et ayant commis une infraction (bas).**

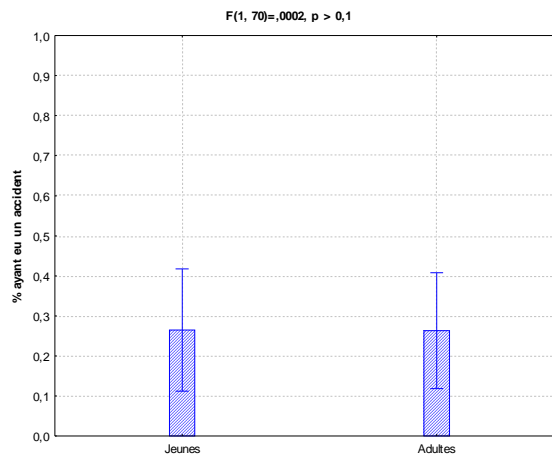
Le nombre d'individus ayant perdu des points et ayant commis une infraction est donné dans les graphiques de la Figure 15. Il y a significativement plus d'individus parmi les jeunes qui ont perdu des points au permis de conduire que parmi les personnes adultes,  $F(1, 64) = 5.16$ ,  $p = 0.04$ . Cette différence est d'autant plus remarquable que les sujets jeunes, inclus dans cette étude, parcourent en moyenne moins de kilomètres sur l'année,  $F(1, 64) = 3.89$ ,  $p = 0.05$ , et affichent un nombre d'années de possession du permis de conduire inférieur aux sujets adultes,  $F(1, 64) = 56.02$ ,  $p < 0.01$ , comme l'indique les graphiques de la Figure 16.





**Figure 16 : Nombre d’années de permis de conduire (gauche) et de kilomètres parcourus annuellement (droite).**

Le graphique de la Figure 17 montre que la proportion de sujets ayant eu un accident durant les 3 dernières années est la même pour les deux groupes d’âge.



**Figure 17 : Proportion de sujets ayant eu un accident durant les 3 dernières années.**

### 2.1.2. Vitesses déclarées et respect des limitations

Il n’y pas de différence significative dans les vitesses déclarées par les sujets entre les groupes d’âge et les groupes expérimentaux. Par ailleurs, la matrice de corrélation du Tableau 6 montre un lien significatif entre les vitesses déclarées sur les différents types de route, ce qui atteste d’une bonne fiabilité des réponses aux questionnaires. La vitesse maximale à laquelle les sujets ont déclaré avoir roulé ne diffère pas significativement entre les groupes expérimentaux. Le nombre de personnes qui ont déclaré s’être senties à l’aise et être prêtes à recommencer ne diffère pas entre les groupes non plus.

	Autoroute	Nationale	Ville	Maximale
Autoroute		0,61	0,32	0,51
Nationale	0,61		0,50	0,43
Ville	0,32	0,50		0,43
Maximale	0,51	0,43	0,43	

**Tableau 6 : Coefficients de corrélation entre vitesse déclarées sur les différents types de route.**

Le respect de la limitation de vitesse (ville, campagne et autoroute) ne semble pas varier selon les groupes. La réponse à la question se situe en moyenne entre « toujours » et « le plus souvent » pour l'ensemble des groupes d'âge et des groupes expérimentaux.

### 2.1.3. Attentes des sujets quant aux qualités du véhicule

Afin d'évaluer la cohérence dans les réponses aux différentes questions et le lien éventuel entre elles, nous avons procédé à une classification hiérarchique des réponses aux questions. Cette méthode permet de mettre en évidence des distances d'agrégation entre les variables. Le dendrogramme de la Figure 18 montre les distances pour l'ensemble des caractéristiques du véhicule évaluées comme importantes par chacun des sujets (groupes d'âges et groupes expérimentaux confondus). Le type de véhicule (marque & type) conduit habituellement par les sujets ont été recodés en 3 catégories (1 : véhicule de petite taille, e.g. Clio, 206 ; 2 : véhicule de taille moyenne, e.g. Mégane, 307 ; et 3 : véhicule de grande taille, e.g. 607, Velsatis).

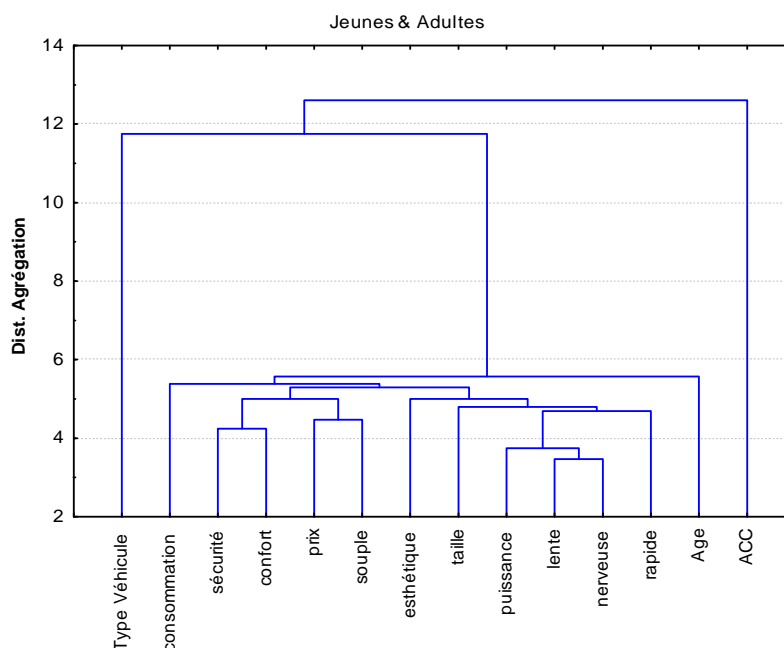
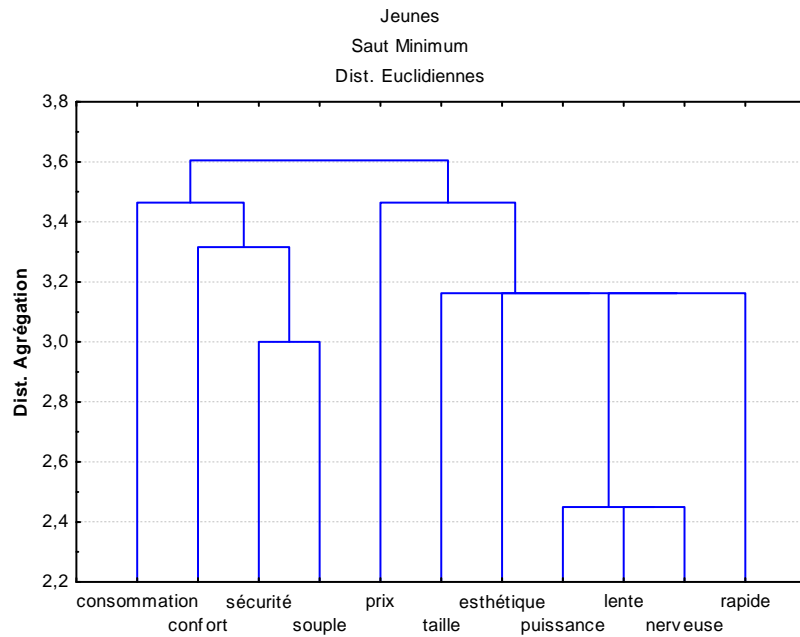
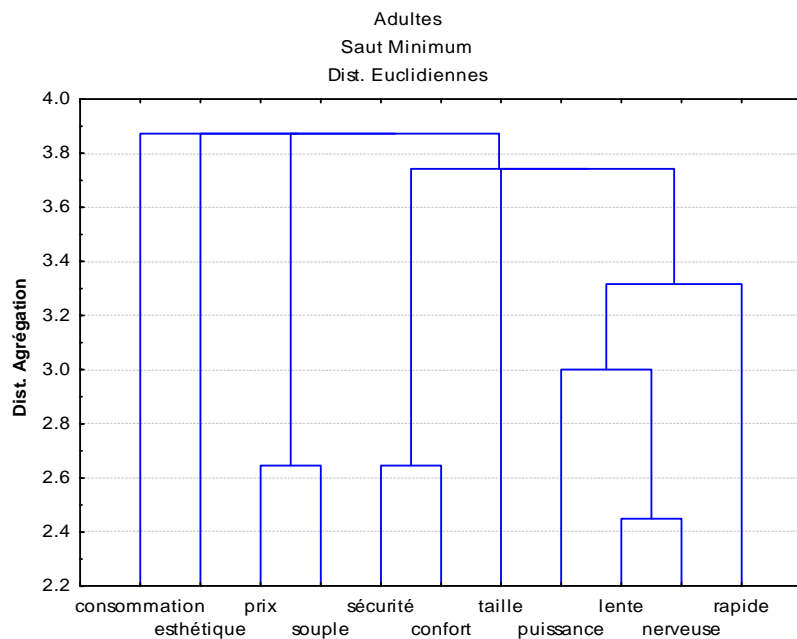


Figure 18 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des réponses au questionnaire individuel.

Plus les distances d'agrégation entre deux variables sont faibles plus la manière dont se répartissent les réponses aux questions est semblable entre les questions correspondantes. On remarque que globalement les attentes relatives aux caractéristiques d'un véhicule ne sont ni proches du type de véhicule que les sujets conduisent habituellement ni de la condition expérimentale (type de SID). Les deux dendrogrammes suivants donnent les distances d'agrégation entre les réponses aux questions pour les jeunes et les adultes respectivement. Le type de SID et le type de véhicule conduit habituellement par les sujets ont été écartés de l'analyse.

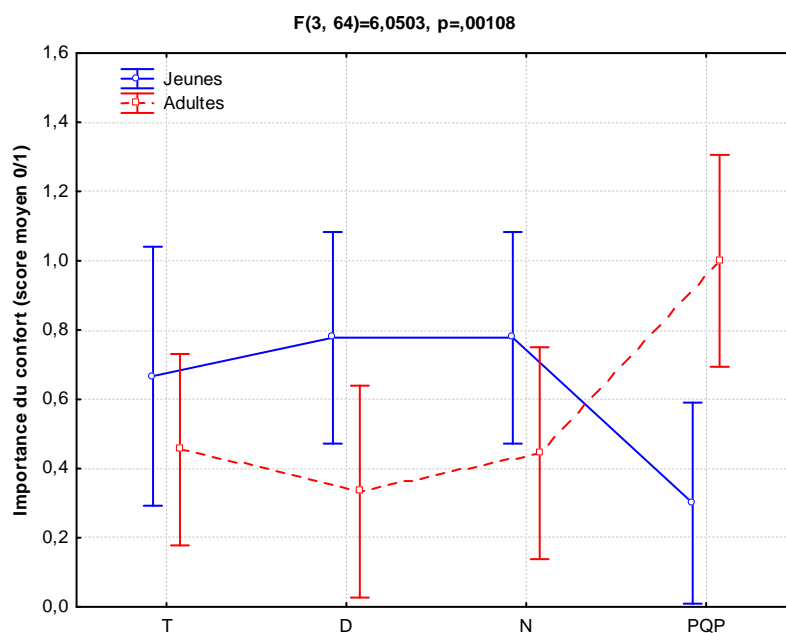


**Figure 19 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des réponses au questionnaire individuel des jeunes conducteurs**



**Figure 20 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des réponses au questionnaire individuel des conducteurs adultes**

Dans les deux groupes d'âge, la plus faible distance est observée entre les réponses aux questions relatives au type de conduite et les caractéristiques de vitesse et de puissance du véhicule. L'exigence en terme de 'confort' et de 'sécurité' ne semble pas être proche chez les jeunes, alors que chez les adultes ces deux questions suscitent des réponses similaires. Le graphique de la Figure 21 montre l'importance de la question du 'confort' dans la différenciation des groupes d'âge.



**Figure 21 : Importance du confort du véhicule exprimé par les 2 groupes d'âges dans chaque condition expérimentale.**

Parmi toutes les caractéristiques du véhicule évoquées dans le questionnaire, seul le confort du véhicule semble distinguer les groupes de sujets. L'interaction entre le facteur âge et le facteur SID,  $F(3, 64) = 6.05, p = 0.001$ , se traduit par une différence significative entre les jeunes et les adultes pour la condition « Plus que parfait » du SID. De plus, le groupe d'adultes ayant conduit avec le système « Plus que parfait » tend à exprimer de manière plus importante (test de Newman-Keuls,  $p < 0.05$ ) l'importance du confort que les adultes des autres groupes. Il sera important de tenir compte de cette différence entre les groupes d'âges et les groupes expérimentaux dans les interprétations qui seront faites des éventuelles différences entre ces groupes au niveau des indices de conduite faisant intervenir l'utilisation du SID.

## Conclusion

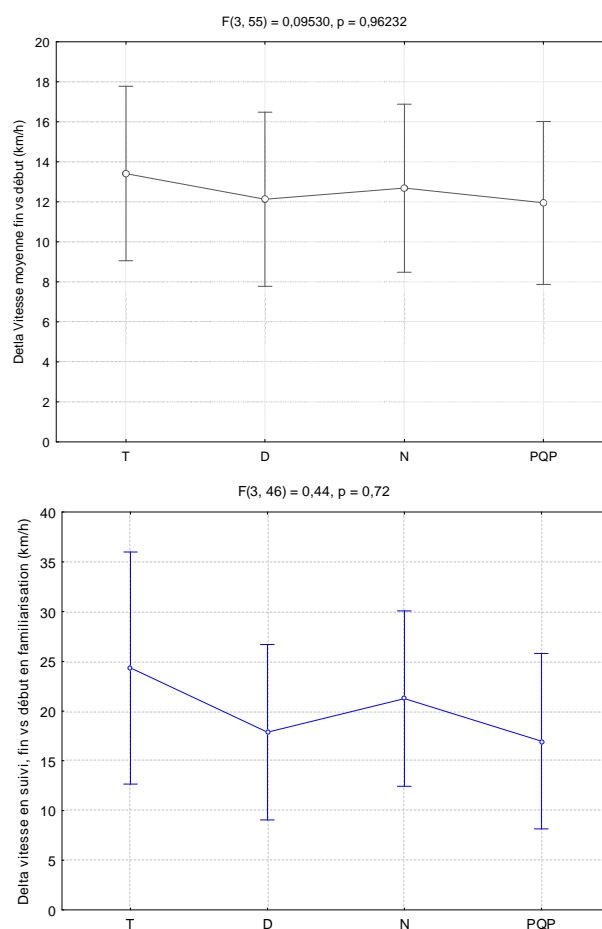
En conclusion, les caractéristiques relatives aux habitudes de conduite des sujets semblent assez représentatives des populations parentes pour permettre une généralisation relativement fiable des comportements de conduite qui pourront être observés dans cette étude. Seule l'importance que donnent les sujets au confort du véhicule semble être différente entre les personnes adultes ayant conduit avec le SID « Plus que parfait » et les autres groupes. Si le SID est considéré comme une source de confort ou d'inconfort, les éventuels effets observés chez ce groupe devront être interprétés avec précaution. Par contre, étant donné que les deux groupes d'âge ont été constitués de manière à respecter les caractéristiques des populations parentes, il ne serait pas judicieux d'équilibrer les groupes d'âge selon des caractéristiques d'habitude de conduite tels que le nombre de points perdus au permis de conduire, le nombre d'infractions, etc.

## 2.2. Equivalence des conditions contrôles

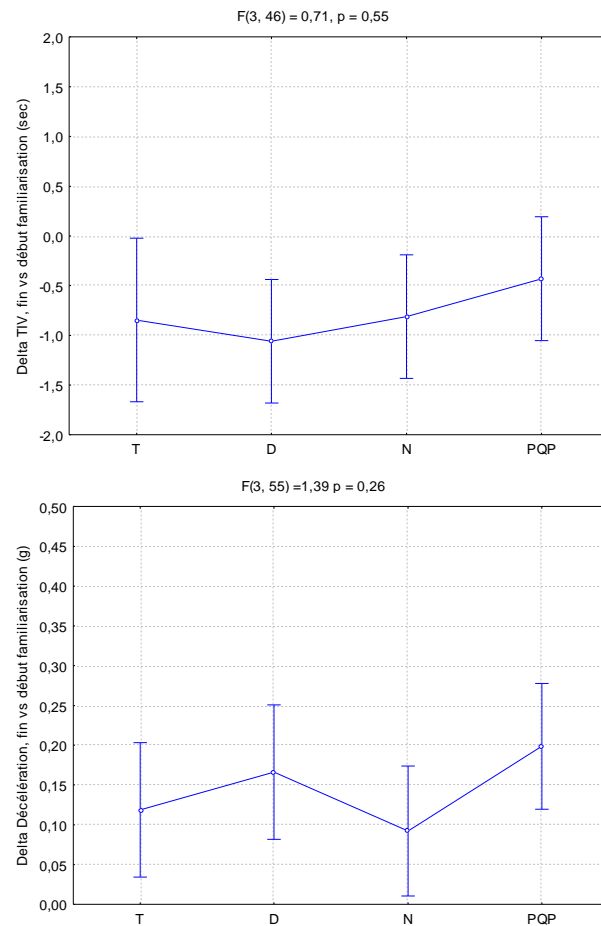
Pour une évaluation de l'évolution du comportement de conduite, chaque sujet a parcouru la totalité du circuit pendant la phase dite de familiarisation (condition contrôle). Toutefois, les sujets ayant conduit avec un SID devaient simultanément se familiariser avec ce système

et avec le simulateur de conduite, alors que les sujets témoin (sans SID) ne devaient se familiariser qu'avec le simulateur de conduite. Il n'est donc pas exclu que la maîtrise du simulateur, à l'issue de cette première phase, ne soit pas équivalente entre les groupes de sujets. La familiarisation avec le simulateur de conduite se traduit en général par une modification des paramètres de conduite dans le temps (e.g., augmentation de la vitesse moyenne, diminution des distances inter véhicules). Il est donc important de pouvoir déterminer si la différence de modification de ces paramètres entre le groupe témoin et les groupes expérimentaux est liée aux SID ou à une moindre expertise des groupes expérimentaux avec le simulateur, à l'issue de la phase de familiarisation.

Pour cela, nous avons comparé les modifications des paramètres de conduite entre le début et la fin de la phase de familiarisation pour chaque groupe de sujets. Les graphiques ci-dessous montrent qu'aucun des indices de conduite (i.e., vitesse moyenne, vitesse en suivi, temps inter véhicule et décélération moyenne) ne suit une évolution différente entre le début et la fin de la phase de familiarisation pour les 4 groupes expérimentaux.



**Figure 22 : Delta de la vitesse moyenne (haut) et en suivi (bas) entre le début et fin de phase de familiarisation.**

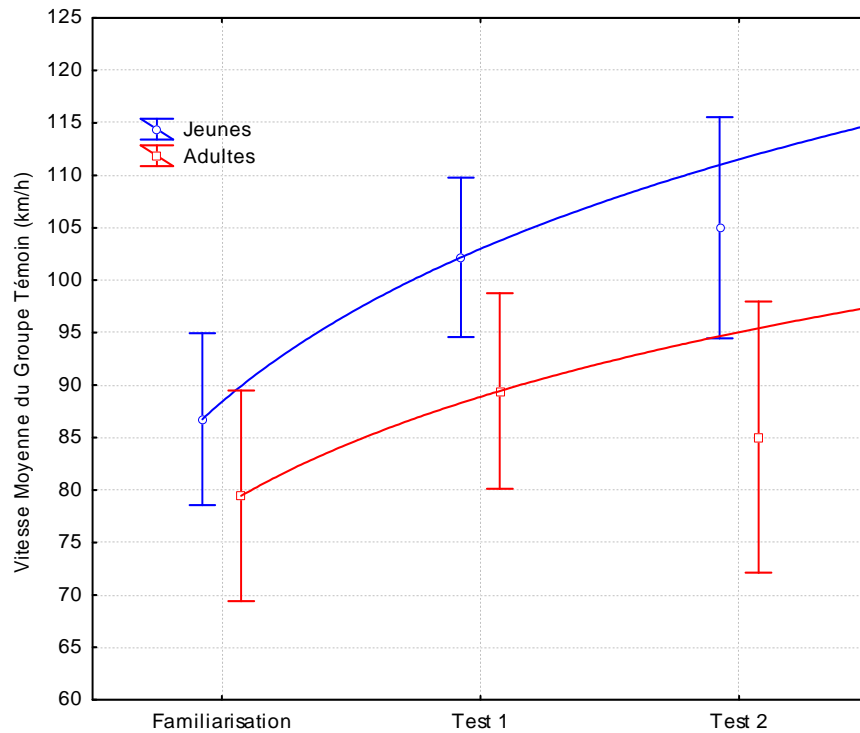


**Figure 23 : Delta du TIV médian (haut) et de la décélération (bas) entre le début et fin de phase de familiarisation.**

Les groupes ne semblant pas montrer de différences d'expertise à l'issue de la phase de familiarisation, il s'avère inutile d'entrer en covariants les évolutions des indices entre début et fin de familiarisation dans l'analyse des performances de conduite durant les phases de tests.

### Phases de tests et familiarisation avec le simulateur de conduite

Le problème de l'apprentissage ne concerne pas uniquement la phase de familiarisation mais la totalité de l'expérience. Les sujets modifient leurs comportements de conduite durant toute l'expérience et l'évolution des indices de conduite doit intégrer cet apprentissage. La graphique de la Figure 24 donne, à titre d'illustration, la vitesse moyenne pour les 3 phases de conduite chez le groupe témoin. Pour ce groupe, la phase de familiarisation et la première phase de test sont en tout point identiques, alors que la phase de test 2 comprenait une tâche secondaire pouvant affecter les performances de conduite.



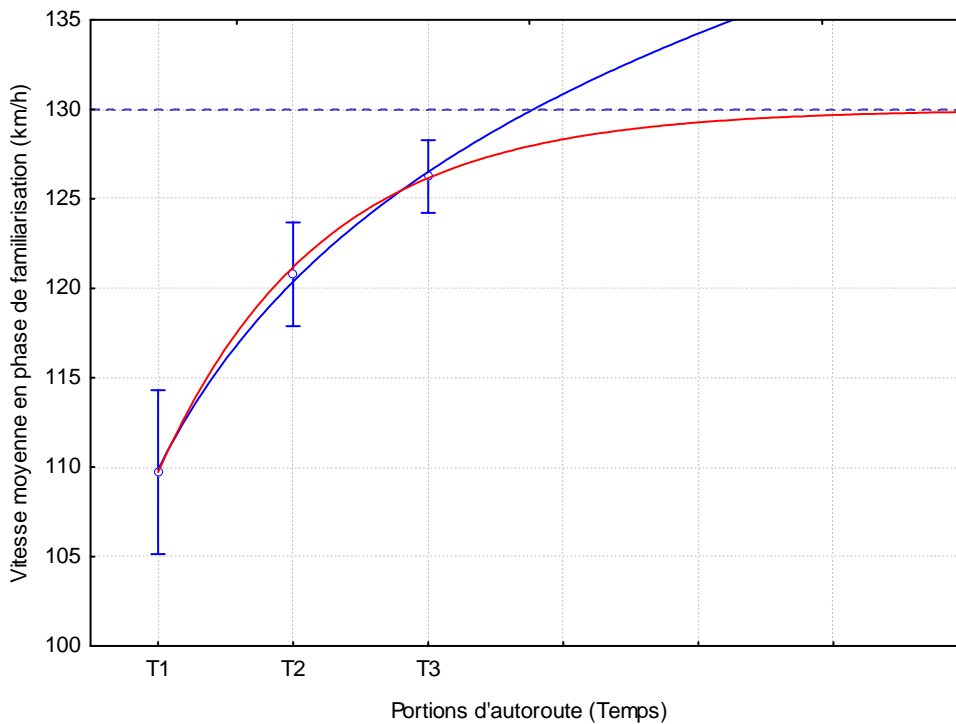
**Figure 24 : Vitesse moyenne du groupe Témoin durant chaque phase expérimentale**

Un ajustement par une fonction logarithmique montre que la différence de vitesse entre les phases de test 1 et 2 doit prendre en compte la diminution de la vitesse en test 2 non pas par rapport à la vitesse en test 1, mais par rapport à la vitesse théorique, liée à la familiarisation avec le simulateur de conduite, qu'auraient adoptée les sujets s'ils n'avaient pas effectué la tâche secondaire. L'effet de la tâche secondaire devra donc être évaluée par rapport à la vitesse théoriquement atteinte par les sujets si le modèle d'apprentissage se révèle suffisamment fiable. Ainsi, on voit que la vitesse moyenne des sujets jeunes, n'est pas restée stable en phase de test 2 mais a diminué par rapport à la vitesse théorique prédite par le modèle d'apprentissage.

### Modèle d'apprentissage

La difficulté majeure reste dans le choix du modèle mathématique d'apprentissage et dans le choix de la vitesse plafond (asymptote) que les sujets atteindraient en fin d'apprentissage. Nous ferons l'hypothèse que, en moyenne, cette vitesse plafond correspondra aux limitations imposées sur le type de route emprunté (i.e., 130 km/h sur autoroute et 90 km/h sur route nationale). Plusieurs arguments sont en faveur de cette hypothèse :

- La consigne donnée aux sujets était effectivement de conduire en respectant les règles du code de la route.
- Les données montrent que, durant la phase de familiarisation, la vitesse moyenne maximale sur autoroute est effectivement proche de 130 km/h. Le graphique de la Figure 25 montre l'évolution de la vitesse moyenne en fonction du temps sur 3 portions d'autoroute sans obstacle et permettant donc une vitesse maximale.



**Figure 25 : Ajustement par une fonction logarithmique (bleu) et une fonction de premier ordre (rouge) sur la vitesse moyenne**

On remarque que la vitesse n'augmente pas linéairement. Une fonction logarithmique (en bleu) donne un bon ajustement des premiers points empiriques mais une telle fonction croît à l'infini et ne représente pas un modèle d'apprentissage réaliste. La fonction ajustée (en rouge) est une fonction de premier ordre avec une asymptote imposée à 130 km/h. Ce type de fonction reflète relativement bien les comportements d'apprentissages dans le sens où la variation au temps  $t$  est fonction de la variation au temps  $t-1$ . De plus, ce type de fonction présente l'avantage de pouvoir imposer une asymptote :

$$y = \alpha \exp(-x/\tau)$$

avec  $y$  = vitesse moyenne,  $\alpha$  = asymptote (ici 130 km/h),  $x$  = temps et  $\tau$  = constante d'ajustement.

L'évaluation des effets liés à la 2<sup>ème</sup> phase de test, notamment l'exécution d'une tâche secondaire, sera donc faite en relation avec ce modèle d'apprentissage.

### 2.3. Hypothèse 1 : Impact du SID sur les performances de conduite

*Quel est l'impact de la performance du SID sur les comportements de conduite (stratégies d'approche, suivi d'un véhicule et attention allouée à la conduite) ?*

#### Age

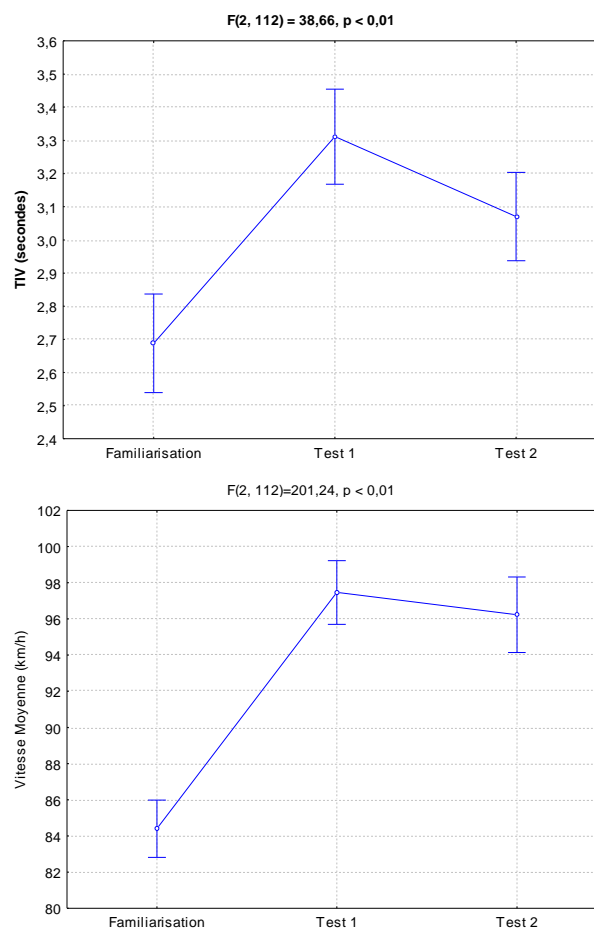
L'effet de l'âge sera systématiquement exploré sur l'ensemble des variables analysées.



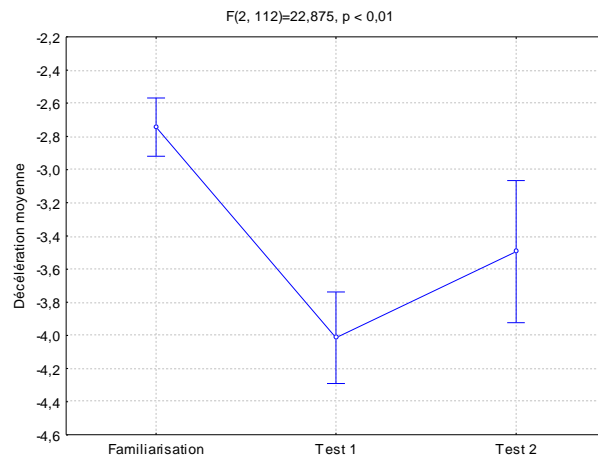
Indices de conduite :

Il semble raisonnable de penser que l'effet du SID proprement dit ne peut être évalué de manière précise en phase de familiarisation ou en phase de test 2. En effet, dans la première phase, les sujets avaient pour consigne de se familiariser avec le SID afin de comprendre et d'apprendre ses modes de fonctionnement (conditions de déclenchement...). Dans la seconde phase de test, les sujets effectuaient une tâche secondaire dont l'interférence avec le SID a été montrée.

Les graphiques de la Figure 26 et de la Figure 27 montrent un effet significatif de la phase de conduite, avec une différence significative entre les trois phases de conduite sur la TIV médian, la vitesse moyenne et la décélération moyenne. De plus, on observe une différence significative entre les deux phases de test pour le TIV médian et la décélération moyenne. Ceci montre bien que la tâche secondaire, accomplie pendant la seconde phase de test, avait un impact sur les indices de conduite.



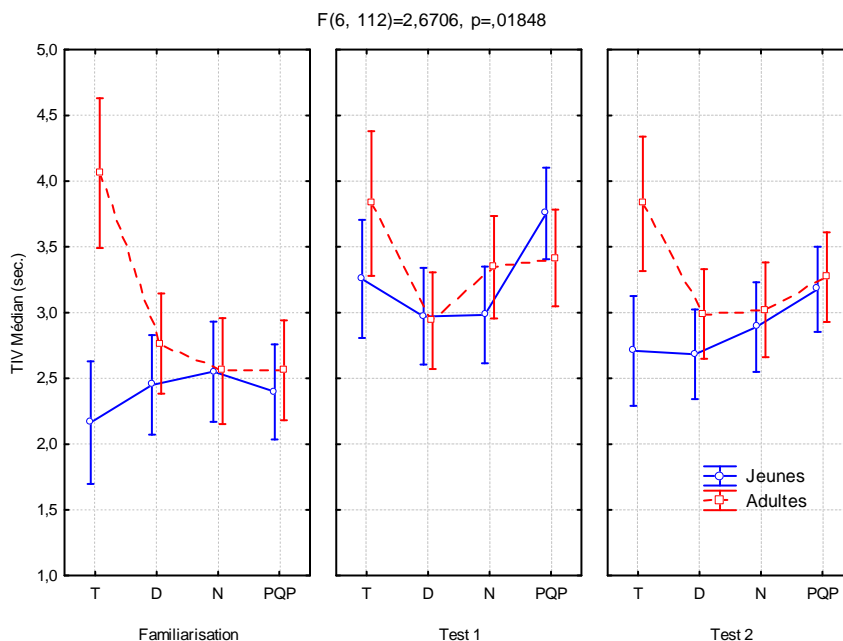
**Figure 26 : TIV médian (haut) et vitesse moyenne (bas) pour chaque phase expérimentale.**



**Figure 27 : Décélération moyenne durant chaque phase expérimentale.**

Par conséquent, seule les effets sur les indices de conduite en phase de Test 1 pourront être considérés comme indicateurs d’une modification de la conduite liée au système d’aide à la conduite. Cependant, il n’est pas exclu que les effets du SID soient en interaction avec le temps d’utilisation du simulateur de conduite pendant cette phase. Lors de la phase de Test 2, les modifications des paramètres de conduite seront à évaluer en interaction double entre le SID, la familiarisation avec le simulateur et la tâche secondaire effectuée durant cette phase.

- *Le temps inter-véhicules médian (TIV)*



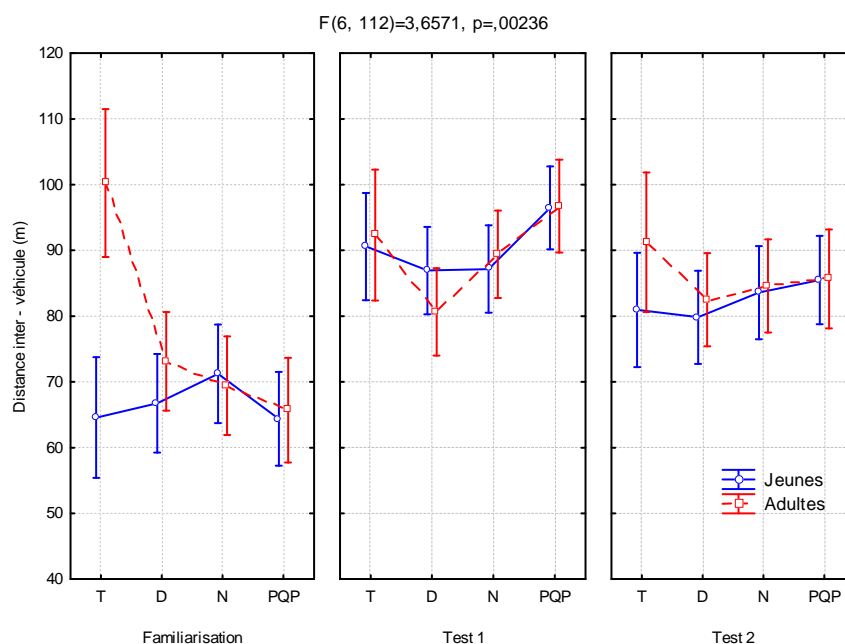
**Figure 28 : TIV médian pour chaque groupe expérimental et chaque phase expérimentale.**

Le TIV médian a été préféré au TIV moyen, le premier étant moins sensible aux TIV extrêmes. Les conducteurs adultes ont en moyenne un TIV plus long que les conducteurs jeunes,  $F(1, 56) = 11.07, p = 0.001$ . L’évolution du TIV sous l’influence du SID est totalement différente, voire opposée, entre les conducteurs jeunes et les conducteurs adultes. L’effet de régulation du TIV induit par le SID a pour conséquence de diminuer le TIV des adultes et d’augmenter le TIV des jeunes.

En phase de test 1, on n'observe pas de différence significative ni entre les groupes d'âge, ni entre les groupes expérimentaux. Ce résultat peut paraître surprenant au regard des effets observés en phase de familiarisation où le TIV médian est significativement plus élevé chez les sujets témoins adultes que chez les adultes des autres conditions expérimentales. Par ailleurs, la différence significative entre adultes et jeunes témoins, en phase de familiarisation, ne se retrouve pas en phase de test 1. Il est fort probable qu'une interaction entre l'expertise augmentée avec le simulateur en phase de test 1, d'une part, et l'action du SID, d'autre part, soit à l'origine de ces différences. En effet, on remarque chez le groupe témoin jeune, une augmentation du TIV entre la phase de familiarisation et la phase de test 1, laissant supposer que l'apprentissage chez les sujets jeunes se traduit par une augmentation du TIV ; alors que chez les témoins adultes le TIV, plus élevé que chez les jeunes, reste relativement stable. Pour les groupes ayant conduit avec un SID, les changements de conduite (TIV) liés à l'apprentissage semblent être limités par l'utilisation du SID qui semble « réguler » tous les sujets à un TIV compris entre 3 et 3.5 secondes (seuil de déclenchement du SID).

- *Distance inter véhicules*

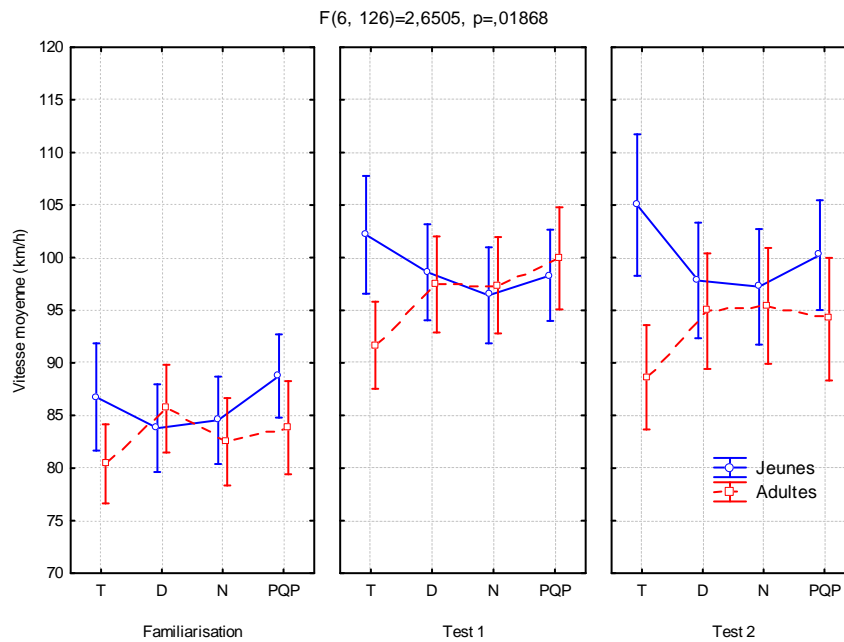
Une question importante est relative à la validité subjective du temps inter – véhicules. Il semble important de se demander si les conducteurs intègrent consciemment ou inconsciemment leur vitesse dans le choix de la distance qu'ils laissent entre leur véhicule et le véhicule suivi. Dans l'affirmative le TIV peut-être considéré comme un indice reflétant correctement le comportement de conduite. Par contre, si les conducteurs n'intègrent pas suffisamment leur vitesse dans la distance qu'ils laissent entre leur véhicule et le véhicule suivi, la distance inter – véhicule (DIV) sera plus représentative du comportement et de la modification de comportement du conducteur. Le graphique ci-dessous donne la distance inter – véhicule. On remarque que les jeunes et les adultes présentent des DIV très similaires exceptés pour les groupes témoins en phase de familiarisation. La différence entre groupes témoins adultes et jeunes en phase de Test 2 n'est pas significative contrairement à ce qui avait été observé pour les TIV. Ceci pourrait signifier que les deux groupes ne se différencient que sur le plan de la vitesse, les jeunes roulant globalement plus vite que les adultes. On ne note aucun effet significatif lié à la différence entre les 3 types de SID.



**Figure 29 : Distance inter véhicule pour chaque groupe et session expérimental.**

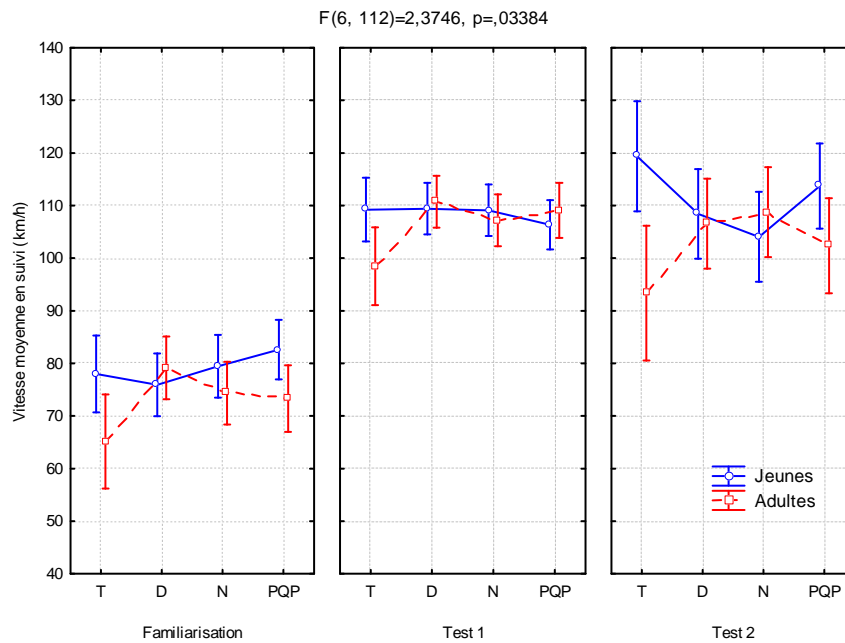
- *Vitesse moyenne & vitesse en suivi*

Le graphique ci-dessous montre une interaction entre les groupes d'âge et les groupes expérimentaux. Cette interaction est exclusivement due à une différence significative (test de Newman-Keuls,  $p = 0.04$ ) entre les sujets jeunes et les adultes du groupe témoin. Bien que les différences entre les 4 groupes expérimentaux dans une même classe d'âge ne soient pas statistiquement significatives (i.e., effet du SID chez les jeunes et les adultes), il est vraisemblable que l'effet, certes faible, entre groupes témoins et groupes avec SID existe puisqu'on observe une différence significative entre les jeunes témoins et les témoins adultes alors qu'il n'y a pas de différence entre ces deux populations dans les groupes avec SID.



**Figure 30 : Vitesse moyenne durant chaque session expérimentale et pour chaque groupe expérimental.**

Le graphique de la Figure 30 donne la vitesse moyenne en suivie de véhicule pour l'ensemble des groupes expérimentaux et les groupes d'âge. Les différences entre témoin jeunes et adultes ne sont pas significatives en phase de Test 1. Cependant, lorsqu'on observe les effets des conditions expérimentales et des groupes d'âge pour chacune des trois phases on observe que les différences entre les témoins jeunes et les témoins adultes sont présentes dans chacune des trois phases avec une différences significative (Newman-Keuls,  $p = 0.028$ ) uniquement pour la phase de Test 2. Les différences entre ces deux groupes (jeunes et adultes témoins) sont donc trop faibles dans les 2 autres phases de conduite pour atteindre le seuil de significativité.

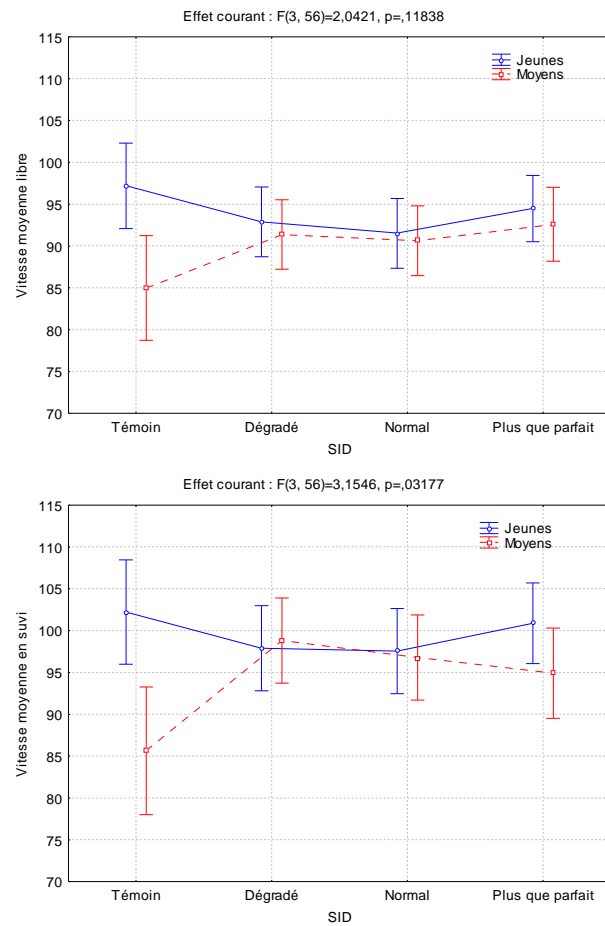


**Figure 31 : Vitesse moyenne en suivi durant les 3 sessions expérimentales et pour chaque groupe.**

Les graphiques de la vitesse moyenne et de la vitesse en suivi montrent que les variances des groupes ne sont pas homogènes avec une différence significative entre la variance des groupes témoins et des groupes avec SID. Toutefois, l'ANOVA reste robuste dans le cas d'une non homogénéité des variances pour des facteurs inter-groupes, surtout si les variances ne sont pas corrélées aux moyennes ce qui n'est pas le cas ici. Il est donc inutile de procéder à une transformation des données qui, dans le cas présent, ne modifierait pas les conclusions.

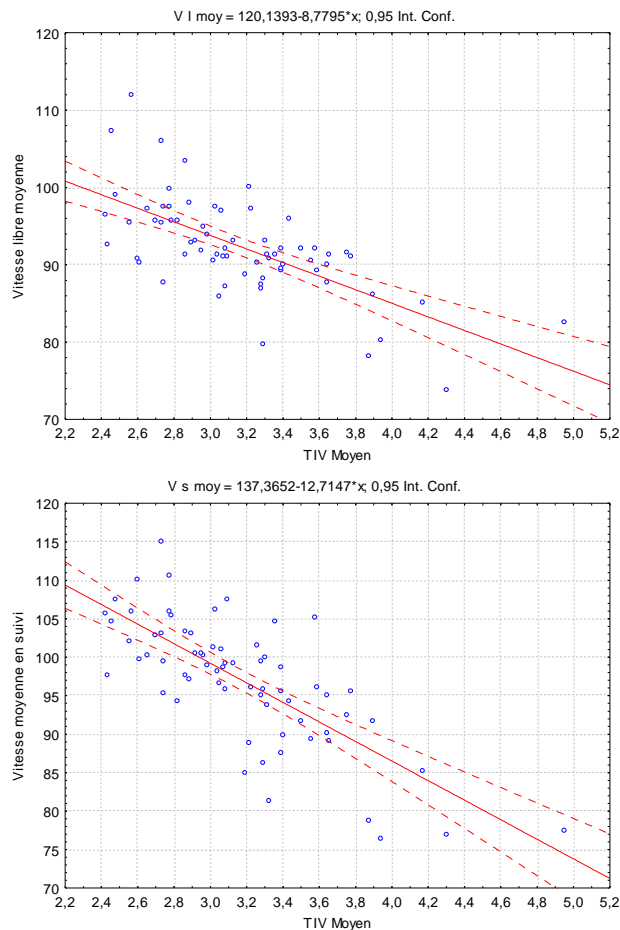
Néanmoins, cette observation d'une plus grande variabilité (significative) entre les sujets dans les groupes témoin est une information importante qui peut témoigner d'un effet d'homogénéisation des sujets en terme de distances inter-véhicules par le SID.

Les graphiques de la Figure 32 montrent que l'effet des SID sur la vitesse est le même lorsqu'on tient compte uniquement des phases de suivi d'un véhicule ou des phases dites libres (non suivi de véhicule).



**Figure 32 : Vitesse moyenne en suivi (haut) et vitesse moyenne libre (bas) pour chaque groupe expérimental.**

Les suivis de véhicules ayant majoritairement eu lieu sur circuit autoroutier, la vitesse moyenne en suivi est plus importante que la vitesse moyenne libre. Par ailleurs, notons que la vitesse moyenne en suivi de véhicule englobe la vitesse constante qu’adoptaient les sujets en suivi de véhicule (i.e., la vitesse du véhicule suivi) et la vitesse d’approche du véhicule suivi. Il semble raisonnable de penser que les effets observés sur les groupes de sujets traduisent essentiellement des effets sur la vitesse d’approche. Cette hypothèse est confirmée par les corrélations qui sont observées entre le TIV et la vitesse moyenne libre et la vitesse moyenne en suivi :



**Figure 33 : TIV Moyen en fonction de la vitesse libre (haut) et de la vitesse en suivi (bas).**

On remarque que le TIV est corrélé négativement à la vitesse moyenne libre et la vitesse moyenne en suivi : plus le sujet va vite plus son TIV est court. Puisque cette relation ne peut être expliquée par la vitesse constante de suivi qui doit rester constante et, par conséquent, sans relation avec le TIV, nous pouvons conclure que les variations de vitesse en suivi reflètent bien la vitesse d'approche du véhicule suivi.

Un second argument en faveur de cette hypothèse est que la corrélation entre le TIV et la vitesse de suivi est plus forte lorsque la part de corrélation entre TIV et vitesse libre est écartée, que la corrélation entre TIV et vitesse libre lorsque la corrélation avec la vitesse en suivi est écartée (corrélations partielles ci-dessous, avec une différence quasi significative entre les 2 coefficients de corrélations :  $p = 0.07$ ).

	Bêta ds	R	Tolérance	R <sup>2</sup> (modèle complet)	t(65)	Niveau p
<b>Vitesse libre</b>	-0,301867	-0,329957	0,531952	0,468048	-2,81802	0,006395
<b>Vitesse en suivi</b>	-0,538308	-0,528967	0,531952	0,468048	-5,02528	0,000004

#### Tâche secondaire : Attention allouée à la conduite

Le but de l'introduction d'une tâche secondaire en phase de Test 2 était d'évaluer l'impact du SID sur l'attention que les sujets alloueraient à la conduite. L'hypothèse étant que les sujets conduisant avec un SID, s'ils ont confiance dans l'information donnée par celui-ci, dirigeront plus volontiers leur attention vers la tâche secondaire que les sujets conduisant sans SID. Ceci se traduirait par des performances pour la tâche secondaire plus élevées pour les groupes avec SID que pour les groupes témoins. Les meilleures performances entre les

groupes témoins et groupes avec SID constituent une hypothèse a priori et sera donc testée pour chaque groupe d'âge selon le contraste linéaire suivant

$$L : -3\mu_{\text{Témoins}} + (1)\mu_{\text{Dégradé}} + (1)\mu_{\text{Normal}} + (1)\mu_{\text{Plus-Que-Parfait}}$$

Le pourcentage de bonnes réponses à la tâche de calcul mental diffère significativement entre les sujets jeunes et les adultes, mais les groupes témoins (jeunes ou âgés) n'ont pas de performances significativement inférieures aux trois autres groupes.

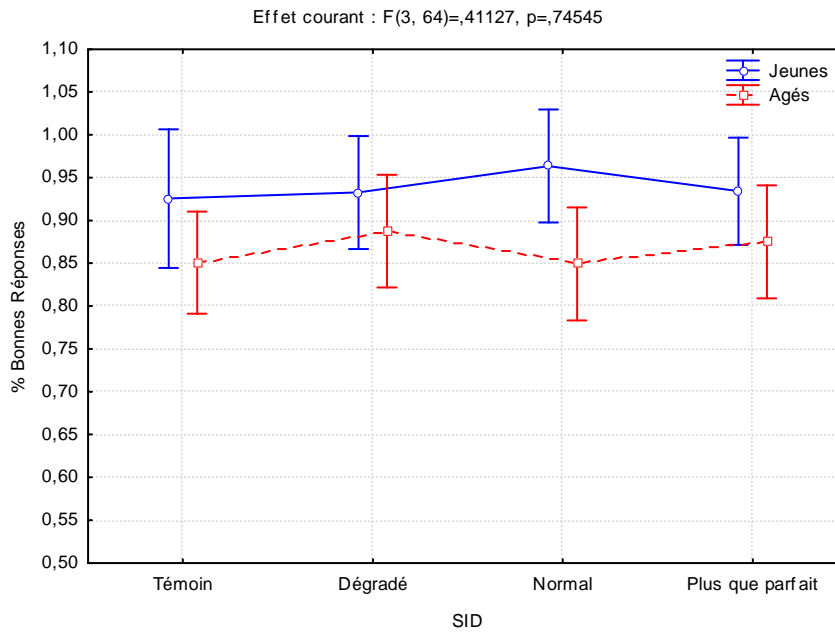


Figure 34 : Pourcentage de bonnes réponses à la tâche secondaire.

Le temps d'exécution de la tâche est significativement plus élevé pour le groupe ayant conduit avec un SID dégradé que pour les 3 autres groupes. L'effet est le même dans les deux groupes d'âge.

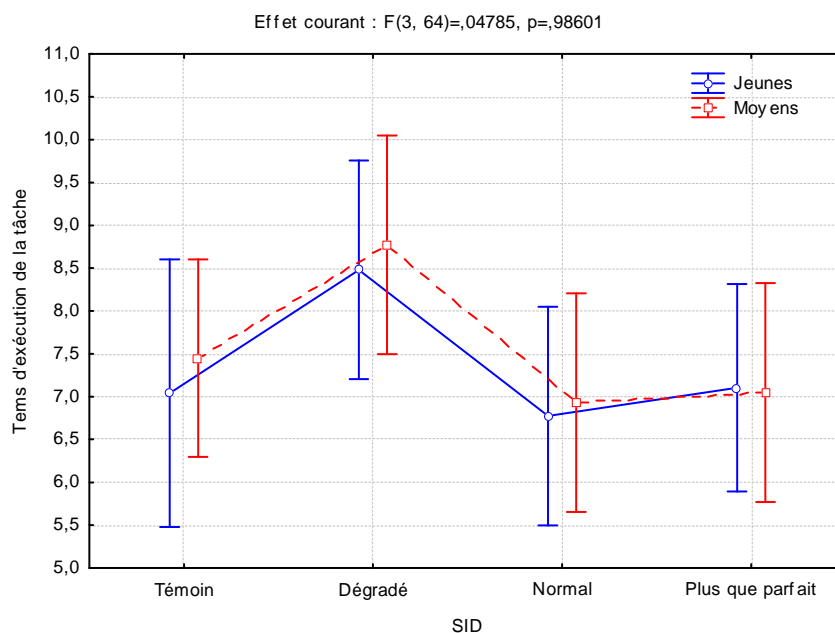


Figure 35 : Temps d'exécution de la tâche secondaire.

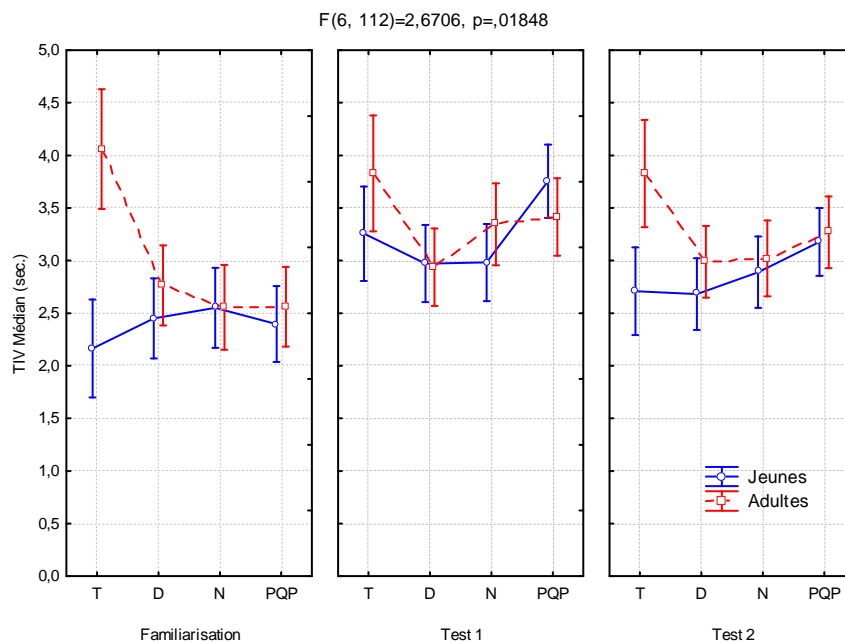


Une explication plausible est que les sujets qui ont conduit avec le SID dégradé ont focalisé leur regard & attention plus fréquemment vers la scène routière que les autres groupes en raison des fausses alarmes données par le SID dégradé, obligeant ainsi les sujets à différer l'exécution de la tâche secondaire un plus grand nombre de fois. On pourrait s'attendre à observer un effet identique chez le groupe ayant utilisé le SID Plus que Parfait, mais il est probable qu'en raison du trop grand nombre d'alarmes, et donc de son manque de «réalisme», les sujets y ont moins prêté attention.

### Tâche secondaire et indices de conduite

Nous avons expliqué plus haut que l'effet de la tâche secondaire en phase de Test 2 sur les indices de conduite devra être évalué en interaction avec la familiarisation avec le simulateur de conduite. En effet, il est fort probable qu'en phase de Test 2 les indices de conduite continuent d'évoluer avec l'utilisation du simulateur de conduite. Les valeurs moyennes des indices en phase de Test 2 ne devront donc pas être comparées aux valeurs moyennes de ces indices en phase de Test 1 pour évaluer l'effet de la tâche secondaire, mais aux valeurs théoriques qu'auraient atteint ces indices sans tâche secondaire sous l'effet de l'expertise avec le simulateur.

- *Le temps inter - véhicules médian (TIV)*

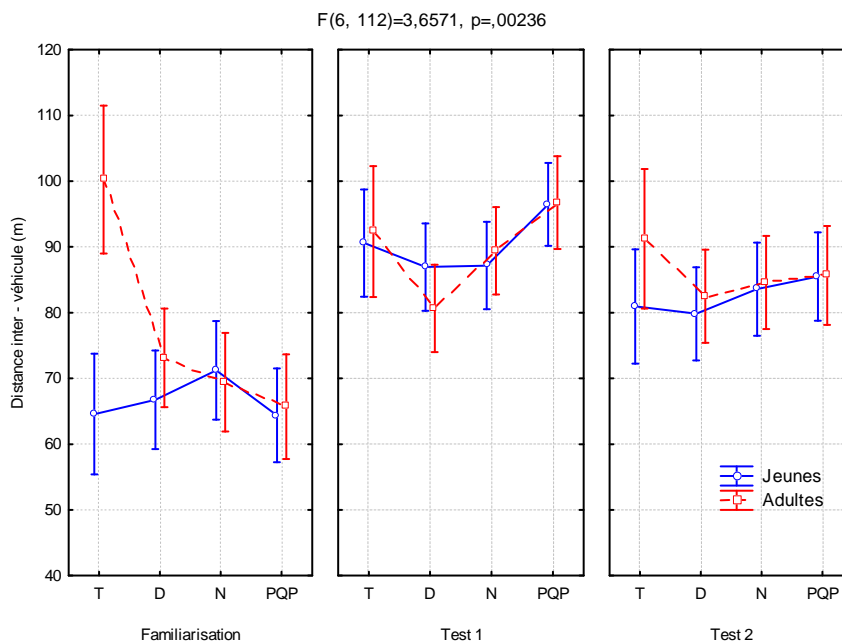


**Figure 36 : TIV médian pour chaque phase de conduite et chaque groupe expérimental.**

Les analyses précédentes du TIV ont montré que son évolution sous l'influence du SID est différente, voire opposée, entre les conducteurs jeunes et les conducteurs adultes. Ces derniers ont un TIV significativement supérieur aux conducteurs jeunes lorsqu'ils n'utilisent pas de SID. L'effet de régulation du TIV induit par le SID a donc pour conséquence de diminuer le TIV des adultes et d'augmenter le TIV des jeunes. Par ailleurs, on remarque dans le graphique ci-dessus que l'évolution du TIV liée à la familiarisation avec le simulateur (groupes témoins de la phase de familiarisation à la phase de Test 1) n'est pas comparable entre les deux groupes d'âge. La prise en compte de la familiarisation avec le simulateur dans l'effet de la tâche secondaire n'est ici pas possible. En effet, comme nous l'avons déjà expliqué plus haut, l'évolution du TIV, sous l'effet de l'expertise avec le simulateur, est limitée par le SID qui

régule le TIV des groupes expérimentaux dans un intervalle compris entre 3 et 3.5 secondes environ. Toutefois, on observe un phénomène intéressant chez les jeunes témoins dont le TIV augmente de manière significative avec l'utilisation du simulateur (phase de familiarisation vs phase de Test 1, test de Newman-Keuls :  $p < 0.01$ ) alors que le TIV diminue à nouveau en phase de Test 2 sous l'effet de la tâche secondaire pour ne plus différer de manière significative avec le TIV de la phase de familiarisation. L'augmentation du TIV entre les 2 premières phases de conduite, pour ce groupe de sujets, est de plus d'une seconde (2.16 sec vs 3.25) ce qui équivaut à une distance inter – véhicules quasi doublée (51 m vs 92 m) en tenant compte de l'augmentation de vitesse entre les deux phases (i.e., 85 km/h vs 102 km/h). Il semblerait donc que les jeunes conducteurs auraient tendance à adopter des TIV relativement courts en début d'apprentissage. Avec l'expertise, leur TIV augmentent et devient plus proches de ceux des adultes. Par contre, une baisse de leurs capacités attentionnelles semble affecter de manière importante la régulation de leur TIV qui devient plus court avec l'exécution d'une tâche secondaire par exemple. Ces effets ne semblent pas se différencier d'un SID à l'autre.

Le TIV moyen chez les adultes ne semble pas affecté par la tâche secondaire pour aucun des groupes expérimentaux. Ce TIV est d'environ 4 secondes pour les adultes témoins et reste dans un intervalle de 3 à 3.5 secondes (seuil de déclenchement des SID) pour les 3 types de SID, que les sujets aient à effectuer une tâche secondaire ou non. Les adultes semblent présenter une plus grande capacité à auto – réguler leur TIV lorsque leurs capacités attentionnelles sont diminuées par une tâche secondaires. Le graphique ci-dessous montre que les effets de la tâche secondaire sont similaires sur la distance inter – véhicules.



**Figure 37 : Distance inter véhicule pour chaque phase de conduite et chaque groupe expérimental.**

- *Vitesse moyenne*

Il est fort probable que la vitesse moyenne et la vitesse en suivi de véhicule soient affectées par l'expertise dans l'utilisation du simulateur. Le graphique ci-dessous montre que la vitesse moyenne augmente sensiblement chez les sujets témoins entre la phase de familiarisation et la phase de test 1. Nous avons ajustée une fonction d'apprentissage aux données des groupes témoins pour les 2 premières phases de conduite avec une asymptote à 110 Km/h (moyenne de 90 Km/h sur nationale et 130 Km/h sur autoroute). L'effet de la tâche secondaire a été évalué en comparant la vitesse des sujets durant la phase de test 2 à la vitesse prédite par la fonction d'apprentissage durant cette phase (Test de comparaison à une norme). Les analyses

montrent que parmi les sujets jeunes, seuls les groupes ayant conduit avec le SID Normal et le SID Dégéré affichent une vitesse significativement inférieure à la vitesse théorique prédite par le modèle d'apprentissage,  $t_{18j} = -2.48$ ,  $p = 0.038$  et  $t_{19j} = -5.95$ ,  $p < 0.01$  respectivement. Les jeunes témoins et les jeunes ayant conduit avec le SID Plus que parfait ne présentent pas des vitesses moyennes significativement inférieures aux vitesses prédites par les modèles d'apprentissage,  $t_{16j} = -0.56$ ,  $p > 0.05$  et  $t_{10j} = -1.37$ ,  $p > 0.05$  respectivement.

Chez les adultes, seul le groupe ayant conduit avec le SID Normal ne semble pas diminuer sa vitesse en phase de test 2,  $t_{18j} = -1.68$ ,  $p > 0.05$ . Les 3 autres groupes affichent une vitesse significativement inférieure à la vitesse prédite par le modèle d'apprentissage,  $t_{110j} = -2.93$ ,  $p < 0.01$ ,  $t_{18j} = -4.84$ ,  $p < 0.01$ ,  $t_{17j} = -3.03$ ,  $p = 0.02$  pour les groupes Témoin, Dégéré et Plus que Parfait respectivement.

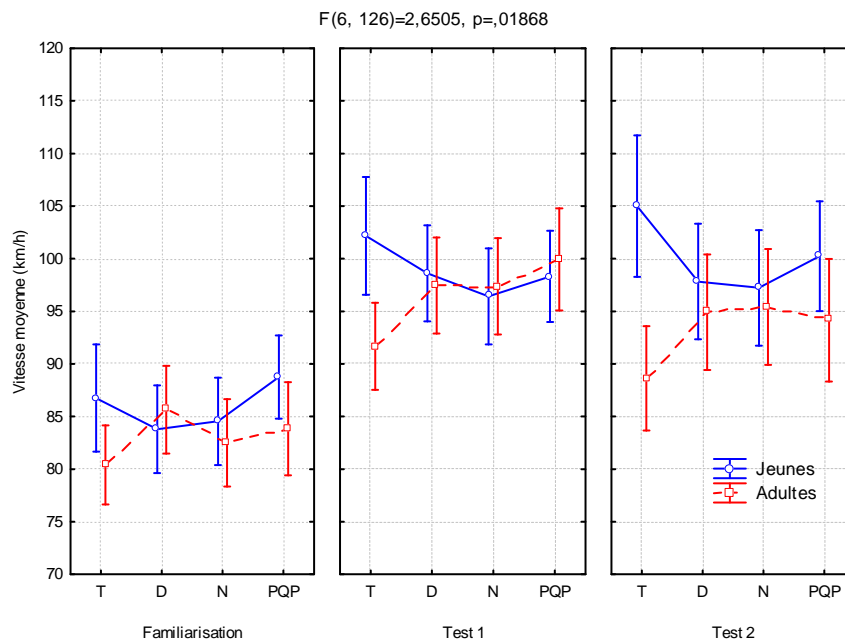


Figure 38 : Vitesse moyenne pour chaque phase de conduite et chaque groupe expérimental.

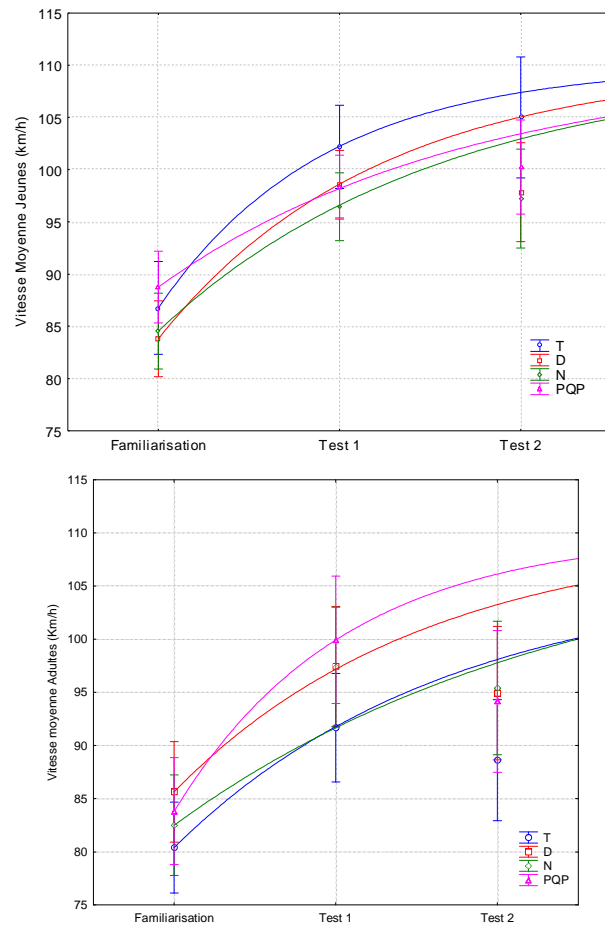


Figure 39 : Ajustement de fonctions de premier ordre sur les vitesse moyennes aux trois phases de conduite.

- *Vitesse en suivi*

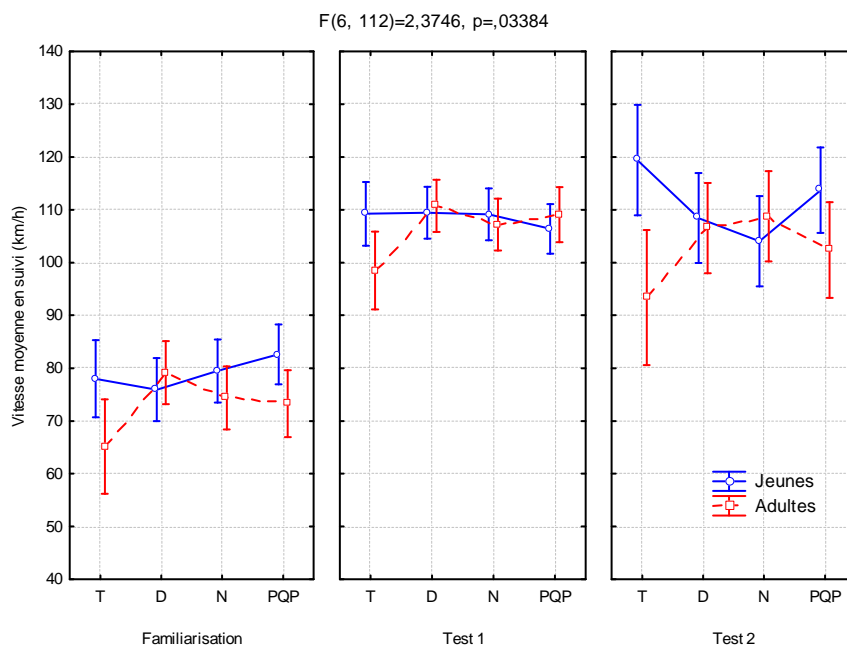
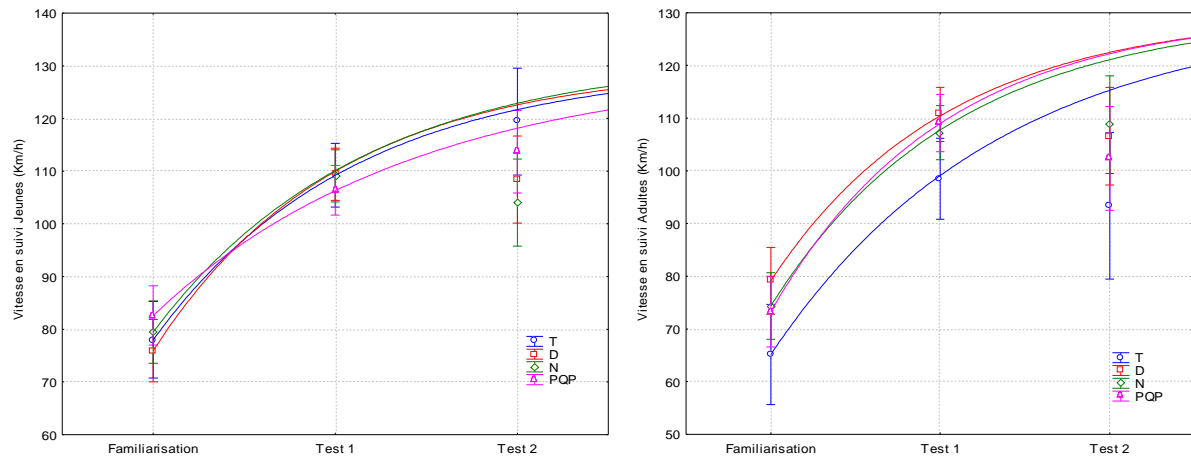


Figure 40 : Vitesse moyenne en suivi pour chaque phase de test et chaque groupe expérimental.



**Figure 41 : Ajustement de fonctions de premier ordre à la vitesse en suivi durant chaque phase de conduite.**

Nous avons montré plus haut que la variation de la vitesse en suivi reflétait essentiellement la variation de la vitesse d'approche du véhicule à suivre. Les graphiques ci-dessus montrent qu'en phase de test 2, la vitesse en suivi semble réduite par rapport à la vitesse théorique prédite par le modèle d'apprentissage. Les analyses montrent que chez les jeunes conducteurs les effets sont similaires à ceux observés pour la vitesse moyenne, à savoir une différence significative pour les groupes qui ont conduit avec le SID Normal et le SID Dégradé,  $t_{18j} = -3.05$ ,  $p = 0.016$  et  $t_{19j} = -4.57$ ,  $p < 0.01$  respectivement ; et une différence non significative pour les groupes témoins et ceux ayant conduit avec le SID Plus que Parfait,  $t_{15j} = -0.68$ ,  $p > 0.05$ ,  $t_{19j} = -2.28$ ,  $p = 0.09$  respectivement. Chez les sujets adultes tous les groupes semblent avoir une vitesse de suivi inférieure à la valeur prédite par le modèle d'apprentissage en phase de test 2 :  $t_{13j} = -2.57$ ,  $p = 0.08$ ,  $t_{18j} = -5.1$ ,  $p < 0.01$ ,  $t_{18j} = -2.66$ ,  $p = 0.03$  et

$t_{17j} = -3.54$ ,  $p < 0.01$  pour les groupes Témoin, Dégradé, Normal et Plus que Parfait respectivement.

- *L'écart latéral comme mesure d'interférence avec la conduite automobile*

Plusieurs des études menées au LAB ont permis de montrer que la position latérale du véhicule sur la chaussée semble être un bon indice du coût que représente une tâche effectuée en plus de la conduite automobile. En effet, les conducteurs semblent avoir tendance à s'éloigner des bords de la chaussée lorsqu'une tâche secondaire ou un événement les empêche de focaliser 100% de leur attention sur la route. Un sentiment d'insécurité liée à la vitesse semble également avoir un impact sur la position latérale qu'adoptent les sujets. La Figure 43 montre, par exemple, que l'écart latéral gauche augmente linéairement avec la vitesse (trajet sur autoroute).

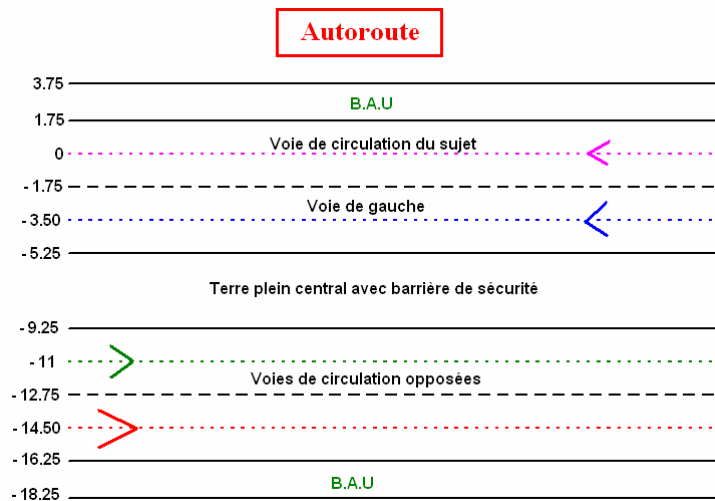


Figure 42 : Schéma de la chaussée sur circuit autoroutier.

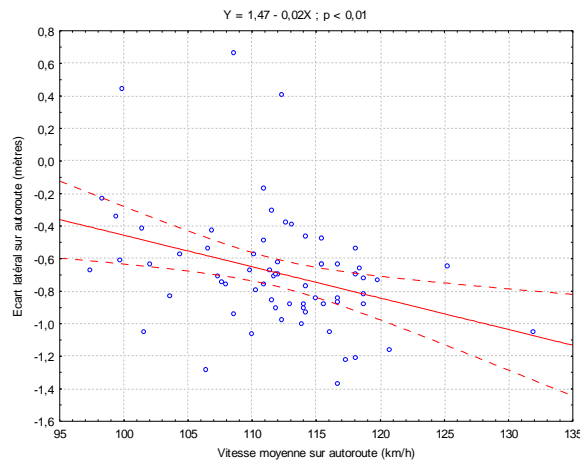


Figure 43 : Ecart latéral moyen sur autoroute en fonction de la vitesse moyenne sur autoroute.

La sensibilité de cet indice est maximale sur circuit autoroutier, vraisemblablement en raison de son lien avec la vitesse adoptée par le conducteur et d'une plus grande latitude dans le déport latéral comparativement aux routes nationales. Le graphique de la Figure 44 montre l'écart latéral moyen sur circuit autoroutier en phase de Test 2.

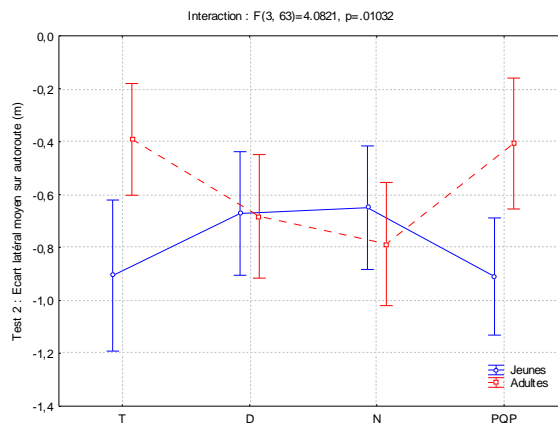


Figure 44 : Ecart latéral moyen pour chaque groupe expérimental en phase de test 2.

On observe des effets des groupes expérimentaux opposés entre sujets adultes et jeunes. L'écart latéral moyen semble être le même pour les témoins et le groupe ayant conduit avec le SID plus que parfait. L'utilisation simultanée du SID (Normal et Dégradé) et l'exécution de la tâche secondaire semble entraîner des écarts latéraux plus élevés chez les adultes, alors que les jeunes semblent tirer profit du SID par rapport aux groupes témoins et PQP. Ces différences ne sont pas significatives au sein d'un même groupe d'âge mais étant donné les différences significatives entre les deux groupes d'âge pour les groupes témoin et PQP, on peut raisonnablement penser que ces deux groupes diffèrent du groupe Normal et Dégradé en sein de chaque groupe d'âge.

L'ensemble de ces résultats semble montrer un effet significatif de la tâche secondaire sur les comportements de conduite (TIV & Vitesse) des sujets jeunes et adultes. La tâche secondaire semble avoir un impact plus important sur la vitesse des adultes que sur celle des jeunes. Bien que le groupe de sujets jeunes qui a conduit avec le SID PQP semble modifier sa vitesse moyenne et de suivi de la même manière que le groupe témoin, il est difficile de conclure que les différents SID ont eu des impacts distincts sur les comportements de conduite. Ceci d'autant plus qu'on ne note aucune différence chez les sujets adultes en fonction du SID utilisé. L'écart latéral moyen qui s'est révélé être un indice particulièrement sensible à la charge attentionnelle lors de la conduite automobile, semble cependant montrer une similitude entre les groupes témoin et les groupes ayant conduit avec le SID Plus que Parfait. Il semblerait que les sujets qui ont conduit avec ce SID, présentent des similarités avec les sujets qui n'ont pas eu de SID à utiliser, du moins sur certains aspects de la conduite automobile.

### Scénarii

- *Accident*

Le Tableau 7 donne la répartition des sujets qui n'ont pu éviter une collision dans le scénario de l'accident. Le test du  $\chi^2$  montre que cette répartition diffère significativement d'une répartition aléatoire,  $\chi^2_{[3]} = 9.08$ ,  $p < 0.05$ .

ACC	Collision Evitée	Collision	Totaux
T	15	1	16
D	12	6	18
N	17	1	18
PQP	17	1	18
Ts Grpes	61	9	70

**Tableau 7 : Nombre de sujets ayant pu éviter une collision ou non.**

Le groupe ayant conduit avec le SID dégradé comporte donc significativement plus de sujets n'ayant pas pu éviter la collision que les 3 autres groupes. Ce groupe est composé de 4 sujets jeunes et de 2 sujets adultes. Il importe de savoir si le SID dégradé est une cause possible de ce plus grand nombre de collision ou si le groupe ayant conduit avec ce SID comportait par hasard plus de personnes dont la conduite augmentait le risque d'une collision.

Pour répondre à cette question, nous avons comparé au sein de ce même groupe (SID dégradé) les comportements de conduite des personnes ayant évité la collision et ceux n'ayant pas pu l'éviter. En raison de la grande disparité des effectifs entre les 2 groupes et l'inégalité

des variances, nous avons utilisé des tests non paramétriques pour la comparaison des deux sous-groupes. Le Tableau 8 donne les différences entre les 2 sous-groupes pour différents indices de conduite :

	Collision Evitée (N = 12)	Collision (N = 6)	U Mann-Whitney	P
Temps Réaction	2.61 s	3.31 s	16	0.087
Vitesse Moyenne	71.61	86.47	1	0.001
Vitesse Approche	67.32	83.87	4	0.003
TIV	1	0.1	0	< 0.001
Vitesse Freinage	3.35	4.63	23	0.22

**Tableau 8 : Tests (Mann-Whitney) des différences sur indicateurs de conduite entre collision et non collision**

On remarque qu'en sein du même groupe (SID Dégradé), les sujets ayant eu une collision se distinguent nettement des sujets qui ont pu éviter la collision. Cette distinction s'exprime surtout au niveau de la vitesse moyenne et de la vitesse d'approche (les deux étant vraisemblablement liées) qui sont nettement plus élevées chez les sujets ayant eu une collision.

Ces résultats suggèrent que ce sont bien les comportements de conduite des 6 sujets du groupe SID Dégradé qui sont à l'origine de la collision et non l'impact du SID lui-même comparativement aux autres groupes de sujets (autres types de SID et groupe témoin).

- *Présence d'un piéton en bord de chaussée (arrêt de bus)*

Dans ce scénario, qui a eu lieu en phase de Test 2, les sujets voyaient un piéton sur le bord de la chaussée à un arrêt de bus. Ils recevaient au même moment la consigne d'effectuer la tâche secondaire. Seuls les sujets ayant conduit avec le SID Dégradé et le groupe Témoin n'ont pas été avertis de la présence du piéton. Seuls les indicateurs qui sont significativement affectés par les conditions expérimentales sont reportés dans les graphiques ci-après. Le graphique de la Figure 45 montre une différence significative entre les groupes d'âge,  $F_{[1,63]} = 12.89$ ,  $p < 0.01$ , et une interaction significative entre l'âge et les types de SID conduits,  $F_{[3,63]} = 2.69$ ,  $p = 0.054$ , sur la variable temps passé avant que les sujets passent devant l'homme.



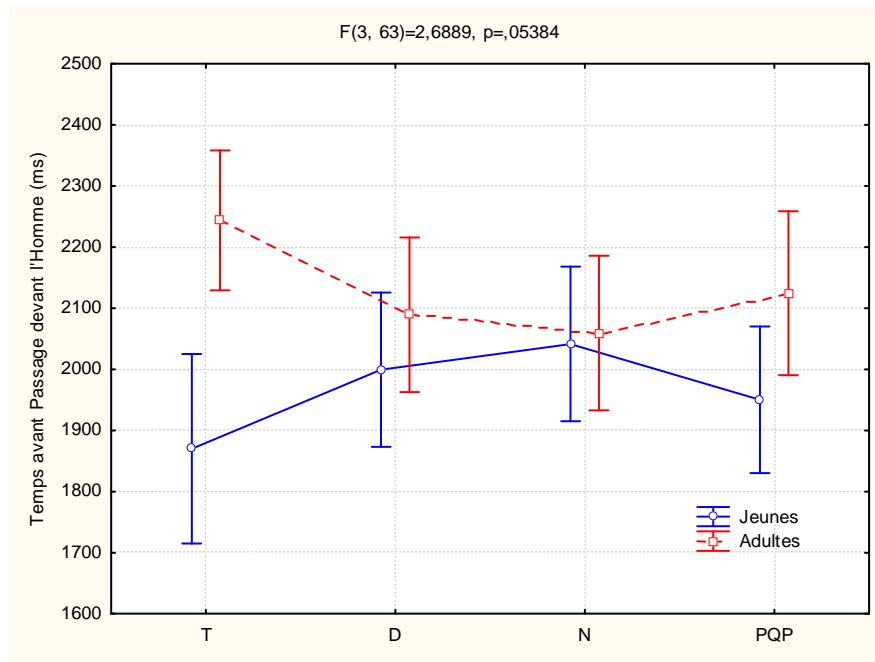


Figure 45 : Temps avant passage devant la personne sur la chaussée.

De même le graphique de la Figure 46 montre une différence significative entre les groupes d'âge dans le temps de lâcher de la pédale d'accélération, et une interaction entre l'âge et le type de SID conduit,  $F_{[1,63]} = 12,7$ ,  $p < 0.01$  et  $F_{[3,63]} = 2.67$ ,  $p = 0.055$  respectivement.

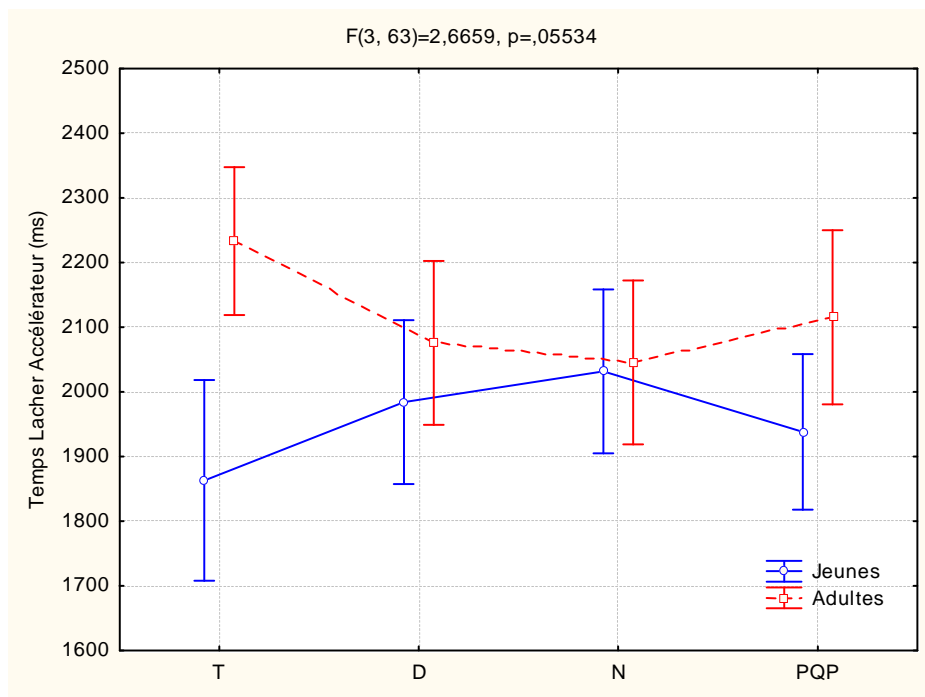


Figure 46 : Temps avant lâcher de l'accélérateur

Les interactions décrites pour les deux indicateurs ci-dessus se traduisent essentiellement par une différence significative entre les deux groupes d'âge témoins alors qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux groupes d'âge lorsqu'ils utilisaient un SID.

Le temps de freinage est significativement plus court chez les conducteurs jeunes que chez les conducteurs adultes,  $F_{[1,63]} = 4.6$ ,  $p = 0.04$  (Figure 47).

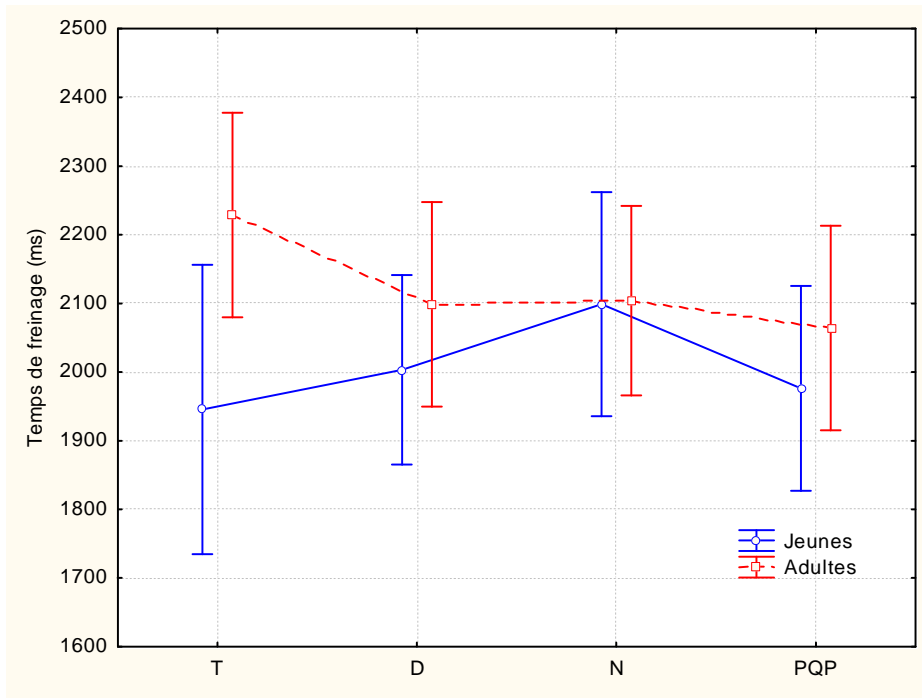
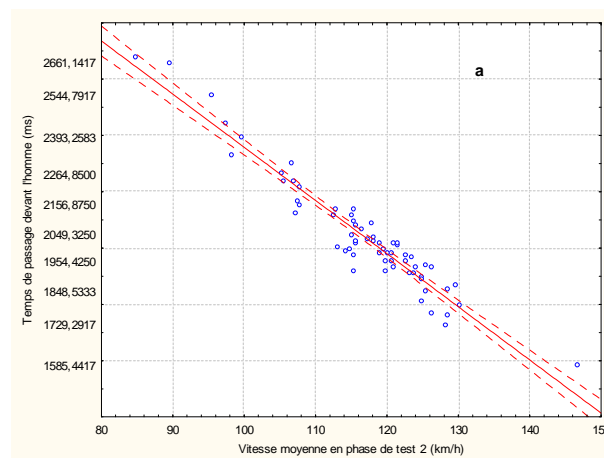
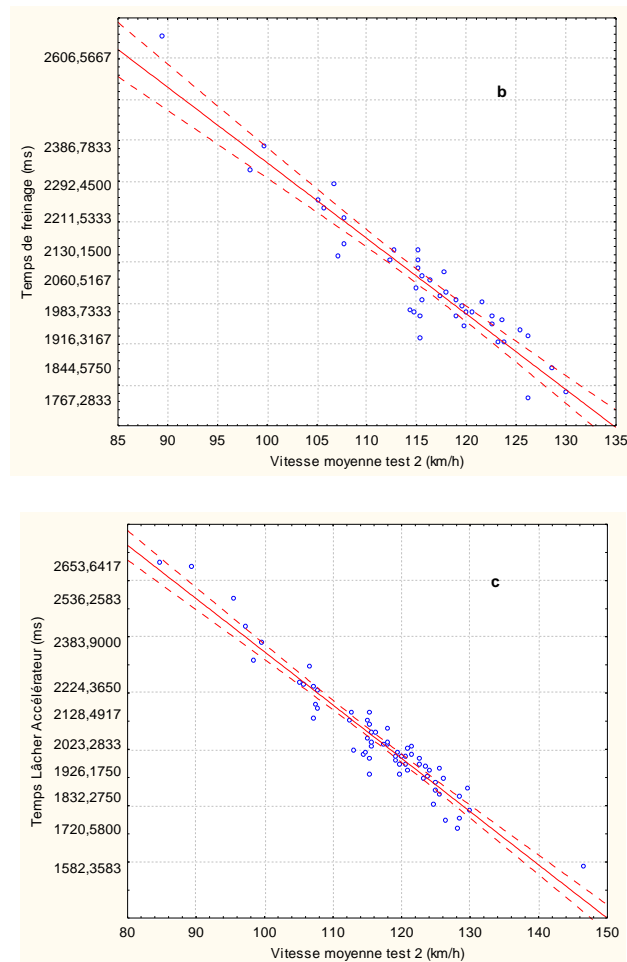


Figure 47 : Temps de freinage pour chaque groupe expérimental.

Le type de SID qu'utilisaient les sujets ne semble pas avoir eu d'influence sur les 3 indicateurs décrits ci-dessus. L'interaction entre le facteur âge et le facteur type de SID ne semble concerner que des différences entre les groupes témoins et les groupes ayant conduit avec un SID. De plus, les différences dans les temps de réactions à l'obstacle semblent plus être en lien indirect avec l'utilisation du SID dont nous avons montré l'impact sur la vitesse des sujets. En effet, nous pouvons observer dans les graphiques de la Figure 48 que les temps de passage devant l'homme à l'arrêt de bus, le temps de lâcher de l'accélérateur et le temps de freinage sont fortement corrélés à la vitesse moyenne des sujets en phase de Test 2. Ainsi, les temps de latence (freinage, lâcher d'accélérateur, passage devant l'homme) plus ou moins long seraient liés à la vitesse qui elle est influencée par l'utilisation d'un SID ou non.





**Figure 48 : Vitesse moyenne en phase de Test 2 en fonction du temps avant passage devant l'homme (a), du temps de freinage (b) et du temps avant lâcher de l'accélérateur (c).**

- *Présence d'un animal en bord de chaussée*

Ce scénario a été élaboré pour évaluer la confiance des sujets dans la capacité du SID à détecter un objet non métallique. Tous les sujets ayant conduit avec SID ont été avertis par le système : le SID Normal et Plus que Parfait détectant l'animal et le SID Dégradé détectant le pont sous lequel se trouvait l'animal.

La Figure 49 montre que les sujets jeunes commencent la tâche secondaire plus rapidement après la consigne pendant cet évènement que les sujets adultes,  $F_{[1,62]} = 5.92$ ,  $p = 0.02$ . Cependant, on n'observe aucun effet des différents SID. Les deux graphiques suivants montrent des effets similaires à ceux observés dans le scénario précédent, à savoir un temps avant passage devant l'animal et un temps de latence avant le lâcher de l'accélérateur plus courts chez les jeunes conducteurs que chez les conducteurs adultes,  $F_{[1,62]} = 5.92$ ,  $p = 0.02$  et  $F_{[1,44]} = 3.22$ ,  $p = 0.08$  respectivement. La proportion de sujets ayant lâché l'accélérateur étant significativement plus faible chez les jeunes que chez les adultes,  $F_{[1,63]} = 7.59$ ,  $p < 0.01$ . Ici encore, aucune différence est à noter entre les trois types de SID utilisés.

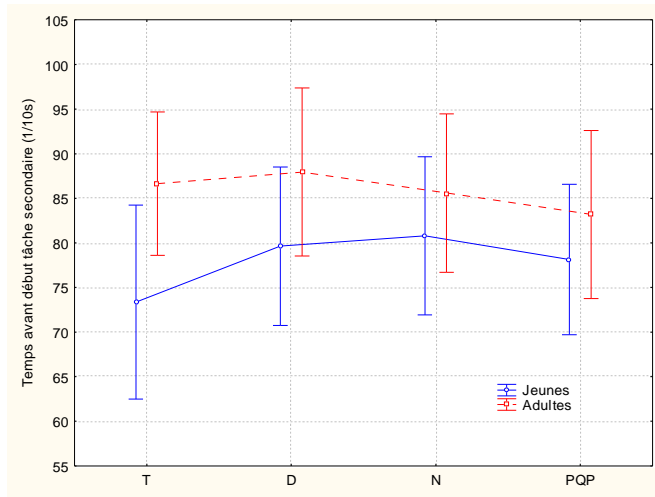


Figure 49 : Temps avant le début de la tâche secondaire.

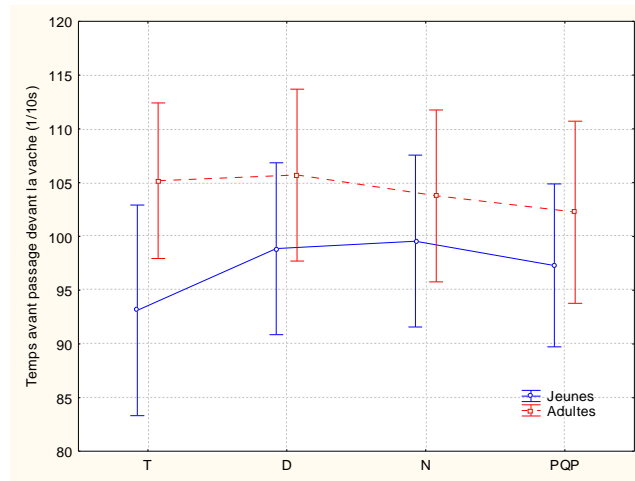


Figure 50 : Temps avant le passage devant la vache.

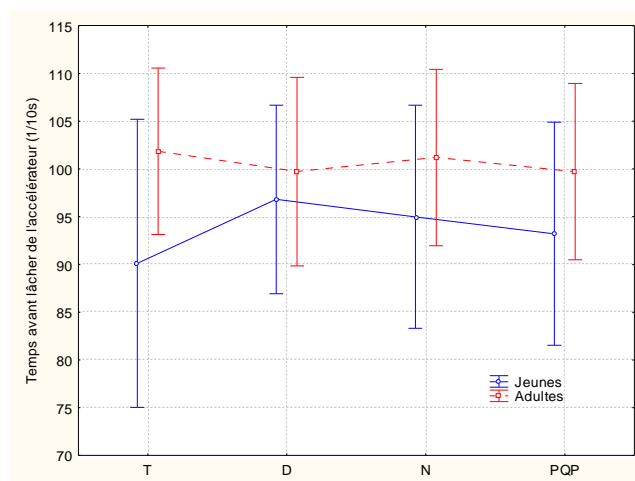


Figure 51 : Temps avant le lâcher de l'accélérateur.

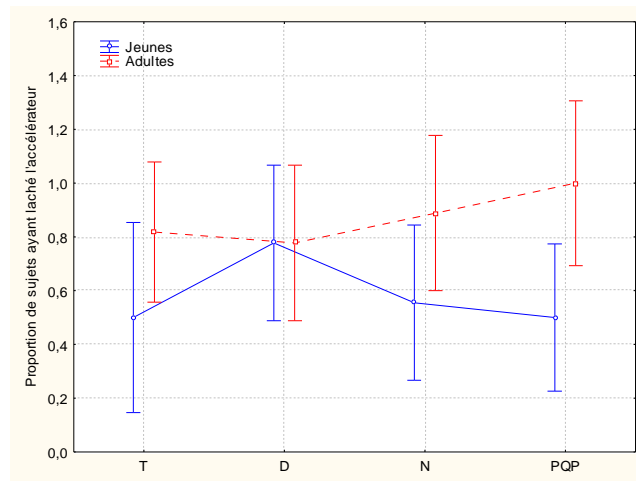


Figure 52 : Proportion des sujets ayant lâché l'accélérateur.

L'effet indirect du SID sur le comportement des sujets durant ce scénario semble ici encore se confirmer. En effet, les résultats semblent plus montrer une influence de la vitesse des sujets, qui est sous l'influence des SID, que d'une utilisation directe des SID pour appréhender la situation d'urgence.

- *Suivi de véhicule en brouillard dense*

Le graphique ci-dessous donne le TIV médian pour les 2 phases de test, les 2 groupes d'âge et les groupes expérimentaux.

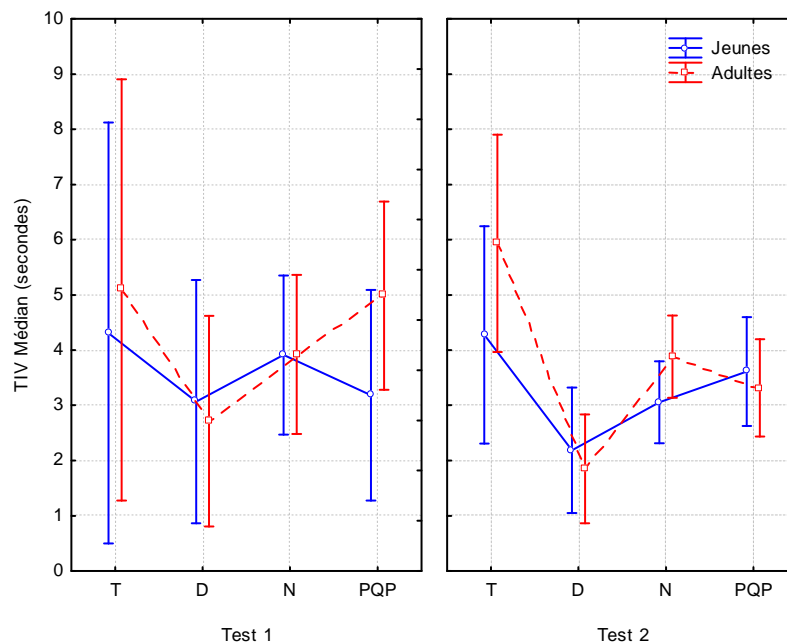


Figure 53 : TIV médian en fonction des phases de conduites et des groupes d'âge.

La très grande variabilité inter-groupe associé à une absence d'homogénéité des variances nous a conduit à évaluer les différences entre les groupes expérimentaux à l'aide de tests non paramétriques. Ces tests (Anova de Kruskal-Wallis) révèle une absence de différence entre les groupes d'âge et une différence significative entre les groupes expérimentaux, pour la phase de test 2 uniquement,  $\chi^2_{[3]} = 11.23$ ,  $p = 0.01$ . Les comparaisons non paramétriques a posteriori entre les groupes expérimentaux devront être évaluées au seuil  $\alpha'$  tel que  $\alpha = 0.05$  :

$$\alpha' = 1 - (1 - \alpha)^{1/C}$$

avec  $c$  = nombre de paires de comparaisons potentielles. D'où  $\alpha' = 1 - (1 - 0.05)^{1/6} = 0.009$ . Le tableau ci-dessous donne les différentes probabilités obtenues par comparaisons non paramétriques (Test de Mann-Whitney).

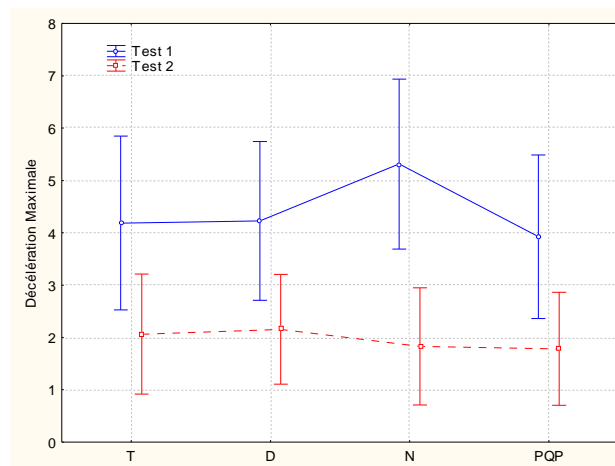
	T	D	N	PQP
T		0.017	0.023	0.08
D			0.006	0.005
N				0.95

**Tableau 9 : Différentes probabilités obtenues par comparaisons non paramétriques**

On remarque que les groupes ayant conduit avec le SID Dégradé présentent un TIV médian significativement inférieur aux groupes ayant conduit avec les 2 autres types de SID, au seuil  $\alpha'$ . Bien que le groupe témoin ne se différencie pas des autres groupes au seuil  $\alpha' = 0.009$ , certainement en raison de sa grande variabilité inter individuelle, les différences sont proches de la significativité.

Ces résultats suggèrent que les sujets des groupes avec SID se servent de ce système pour se maintenir au plus proche de la voiture suivie à distance constante, alors que le groupe sans SID garde une plus grande distance de sécurité. Les sujets semblent adopter un comportement similaire à celui décrit généralement en situation de brouillard dense : ils cherchent des repères visuels (feux arrières de la voiture suivie en situation réelle) pour se guider. Les plus faibles TIV observés chez les sujets sur SID dégradé pourrait être lié à une stratégie compensant les fausses alertes plus fréquentes de ce système. Deux autres arguments sont en faveur d'une stratégie d'utilisation du SID pour suivre le véhicule en brouillard dense : a) la variabilité inter individuelle est considérablement réduite en phase de test 2 par rapport à la phase de test 1, les sujets auraient optimisé cette stratégie en phase de test 2 et, b) l'effet du SID est le même sur le TIV pour les deux groupes d'âge lors d'un suivi de véhicule en brouillard dense alors que les effets étaient différents entre ces deux groupes d'âge sur route normale.

Le graphique ci-dessous (gauche) montrent une différence significative entre les phases de test pour la décélération maximale dans la zone de brouillard dense,  $F_{[1,59]} = 32.22$ ,  $p < 0.01$ , sans différence marquée entre les différents types de SID utilisés. La vitesse à l'entrée en zone de brouillard ne varie pas significativement en fonction du type de SID utilisé. Toutefois, on note une interaction significative entre le facteur âge et la phase de conduite,  $F_{[1,59]} = 14.20$ ,  $p < 0.01$ , se traduisant par une augmentation de la vitesse d'une phase à l'autre chez les jeunes alors que la vitesse diminue entre les deux phases chez les conducteurs adultes.



**Figure 54 : Décélération maximale en fonction du système d'aide et de la phase de conduite**

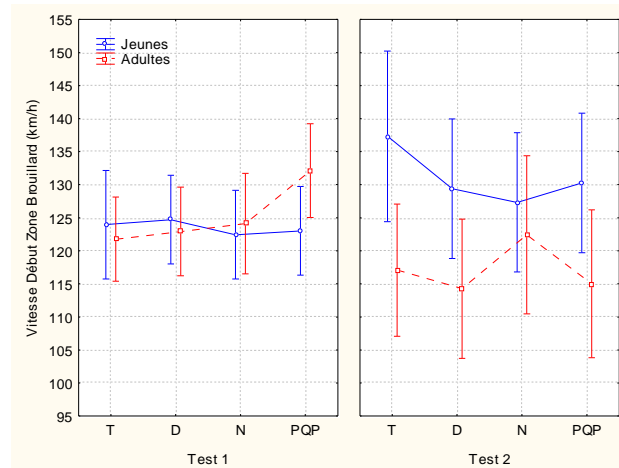


Figure 55 : Vitesse de début de zone de brouillard en fonction de l'âge et du système utilisé

L'effet sur l'écart latéral maximal (graphique ci-dessous) dans la zone de brouillard est comparable à ce que nous avons observé sur l'ensemble du circuit, à savoir une interaction entre le facteur âge et le facteur SID,  $F_{[3,59]} = 6.47$ ,  $p < 0.01$ . Cette interaction se traduit essentiellement par une position à gauche de la voie de circulation chez le groupe de jeunes conducteurs témoins.

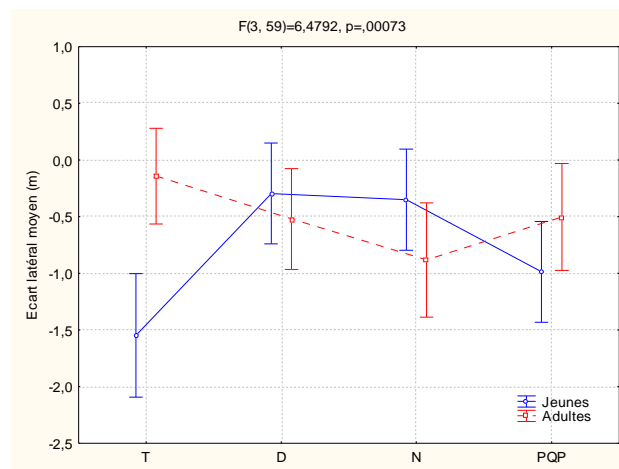
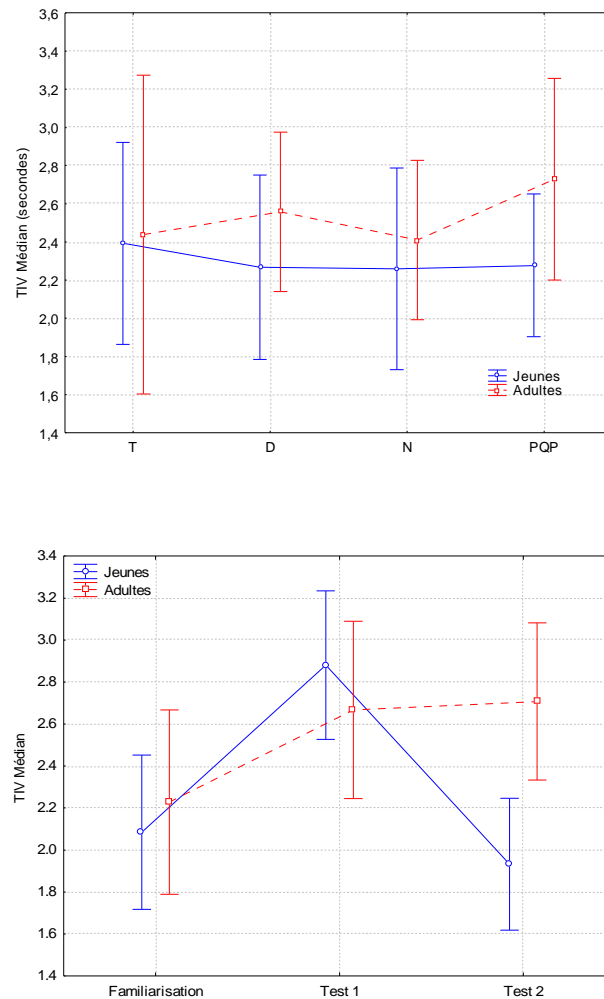


Figure 56 : Ecart latéral moyen en fonction du système d'aide et de l'âge

- *Suivi de véhicule lent*

Les graphiques ci-dessous montrent le TIV médian pour chaque groupe expérimental (Témoin et SIDs) ainsi que TIV médian en fonction de la phase de test pour chaque groupe d'âge. Le TIV médian ne diffère pas significativement d'un groupe expérimental à l'autre. Par contre l'analyse montre un effet significatif (MANOVA) de la phase de test,  $F_{[2,40]} = 7.28$ ,  $p = 0.002$ , et une interaction entre la phase de test et le facteur âge,  $F_{[2,40]} = 3.40$ ,  $p = 0.03$ .



**Figure 57 : TIV médian en fonction de l'âge et du système ou de la phase de conduite**

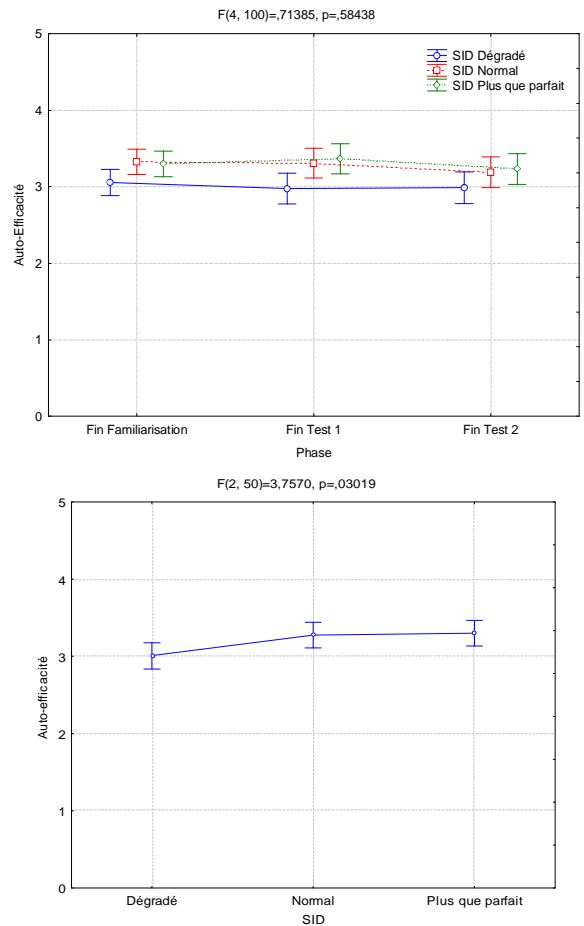
Cette interaction est essentiellement due à une différence à tendance significative ( $p = 0.068$ ) entre les adultes et les jeunes en phase de test 2. Alors que les jeunes diminuent significativement ( $p < 0.01$ ) leur TIV médian en phase de test 2 (tâche secondaire) par rapport à la phase de test 1 pour revenir au niveau de la phase de familiarisation, les adultes gardent un TIV médian inchangé entre les phases de tests 1 et 2. \*

## 2.4. Hypothèse 2 : Performance du SID et Auto-Efficacité

*Quelle est l'influence de la performance du SID sur la confiance en soi à utiliser le SID (Auto-efficacité) ?*

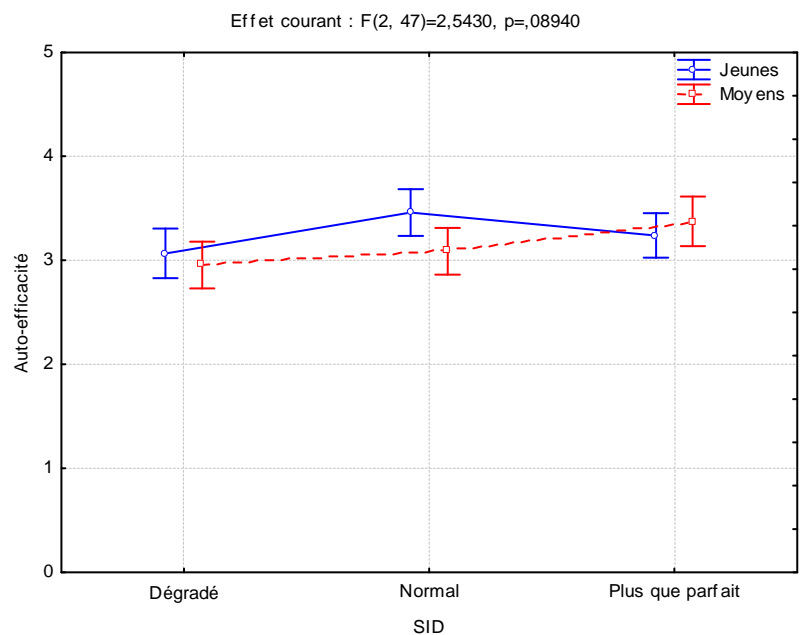
La confiance dans sa propre capacité à utiliser le SID est évaluée par le questionnaire d'auto efficacité dans l'utilisation du SID. Les graphiques ci-dessous montrent que cet indice n'évolue pas significativement au cours des 3 phases de conduite pour aucun des 3 SID. Par contre, l'indice d'auto-efficacité est significativement plus faible (test de Newman-Keuls :  $p < 0.05$ ) pour les groupes qui ont conduit avec le SID dégradé que pour les autres groupes.





**Figure 58 : Auto efficacité en fonction du système d'aide**

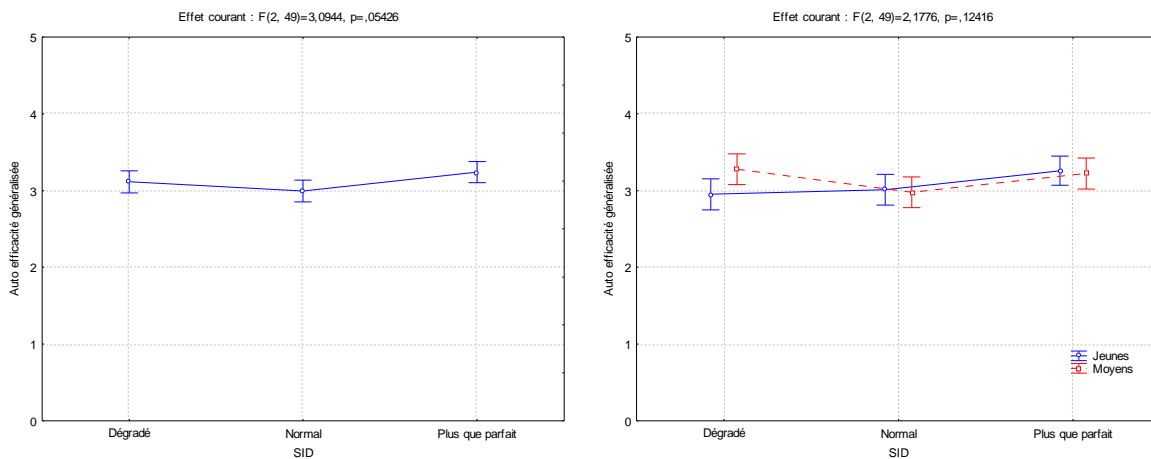
Le graphique ci-dessous montre l'indice d'auto efficacité pour chaque groupe d'âge et chaque type de SID utilisé. Les analyses révèlent une interaction à tendance significative entre l'âge et le type de SID utilisé. Cette interaction semble surtout s'exprimer par une différence entre les conducteurs jeunes et âgés ayant utilisé le SID Normal alors que les deux autres groupes ne semble pas révéler d'effet de l'âge.



**Figure 59 : Auto efficacité en fonction de l'âge et du système d'aide**

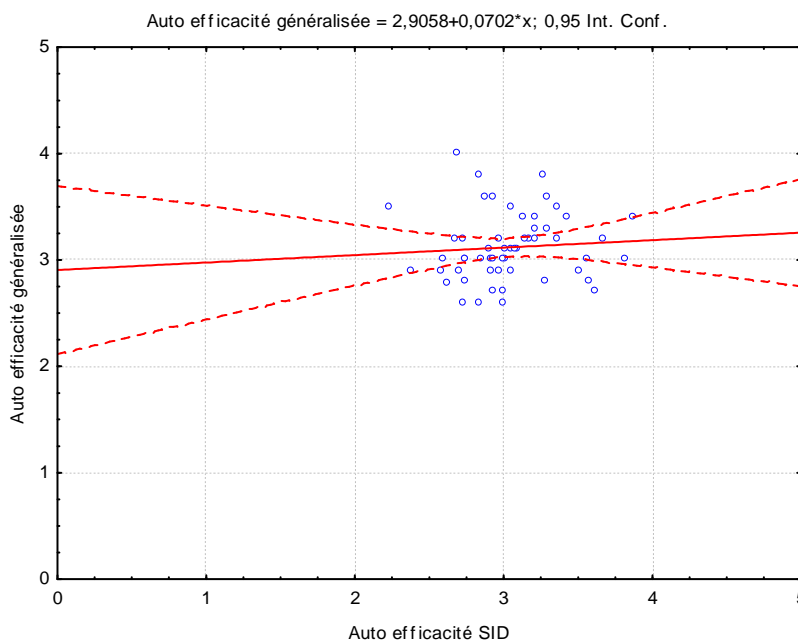
Dans l'évaluation des performances du SID sur la confiance (auto efficacité) dans son utilisation, il importe de tenir compte du degré d'auto efficacité généralisée exprimée par les sujets. Une part de l'auto efficacité relative au SID est-elle attribuable à une auto efficacité chronique indépendante du domaine ?

L'échelle d'auto efficacité généralisée a été remplie avant la distribution des participants dans les groupes expérimentaux. Les graphiques ci-dessous montrent cependant un effet de groupe sur le questionnaire d'auto efficacité généralisée. Les comparaisons post hoc montrent une différence significative entre les conditions SID normal et plus que parfait.



**Figure 60 : Auto efficacité généralisée en fonction du système d'aide et de l'âge**

Toutefois, le graphique ci-dessous montre qu'il n'y a pas de corrélation directe entre l'auto efficacité généralisée et le jugement d'auto efficacité à utiliser le SID.

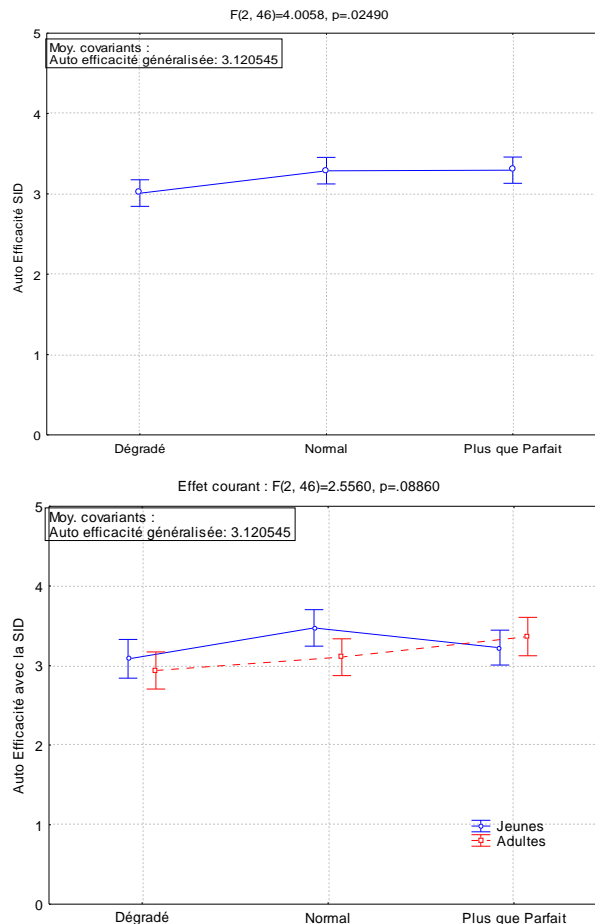


**Figure 61 : Corrélation entre l'auto efficacité généralisée et l'auto efficacité du système**

Cette absence apparente de lien, conforme au modèle de l'auto efficacité (Brandura, 2002), entre l'auto efficacité généralisée et l'auto efficacité dans l'utilisation du SID, suggère que l'effet groupe dans l'auto efficacité généralisée n'aura que peu d'incidence sur les effets d'auto efficacité dans l'utilisation du SID. En effet, on voit que les effets observés plus haut ne sont pas modifiés lorsque l'indice d'auto efficacité est neutralisé par une analyse de la

covariance. Le graphique ci-dessous montre les effets discutés plus haut avec les moyennes ajustées par la covariance.

L'effet du type de SID utilisé sur l'auto efficacité avec le SID ne change pas avec la prise en compte (analyse de la covariance) de l'auto efficacité généralisée (graphique ci-dessous). L'interaction entre l'âge et le type de SID affiche la même tendance significative.



**Figure 62 : Auto efficacité avec le SID en fonction du système et de l'âge**

Cette différence entre jeunes et adultes dans le groupe du SID Normal se maintient sur l'ensemble des 3 phases de test comme le montre le graphique ci-dessous. De plus, on observe la même tendance avec l'indice d'auto efficacité avec le simulateur, interaction :  $F(2, 46) = 4.14, p = 0.02$ .

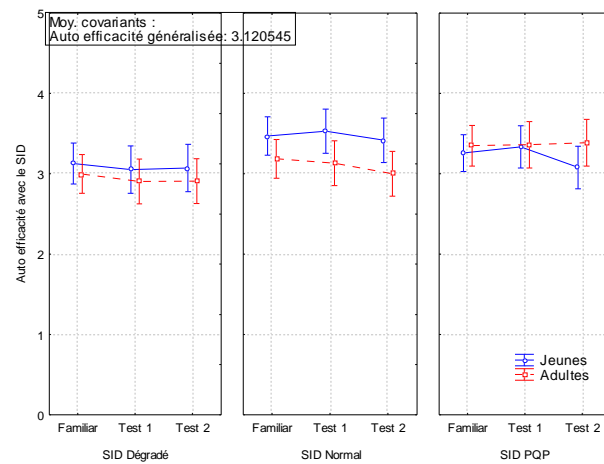


Figure 63 : Auto efficacité avec le SID en fonction des phases de conduite, du système d'aide et de l'âge

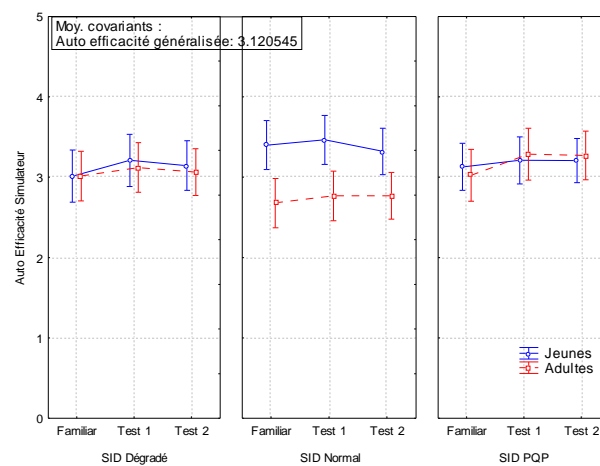


Figure 64 : Auto efficacité du simulateur en fonction des phases de conduite, du système d'aide et de l'âge

## 2.5. Hypothèse 3 : Confiance dans le SID et modification du comportement de conduite

*Est-ce que la confiance dans le SID est un facteur pondérant majeur de la modification du comportement de conduite ?*

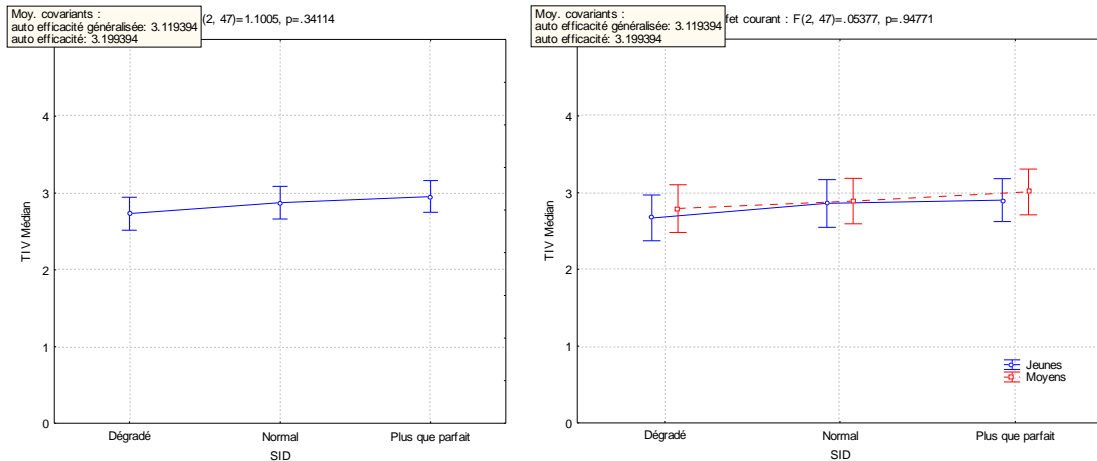
Nous avons vu plus haut (Hypothèse 1) que le type de SID utilisé ne semble pas avoir de conséquences directes sur les comportements de conduite tels que la distance inter véhicules ou la vitesse ou même la performance à la tâche de conduite.

L'ensemble des analyses ci-après dans lesquelles l'auto efficacité généralisée et l'auto efficacité du SID ont été neutralisées (analyse de la covariance) confirme l'absence d'impact du facteur « confiance » sur les comportements de conduite dans la présent étude.

### Remarque :

La confiance dans le SID (auto efficacité SID) et la confiance en soi (auto efficacité généralisée) étant les variables à neutraliser (covariance), les groupes témoins ne peuvent être inclus dans le modèle.

- *TIV Médian*

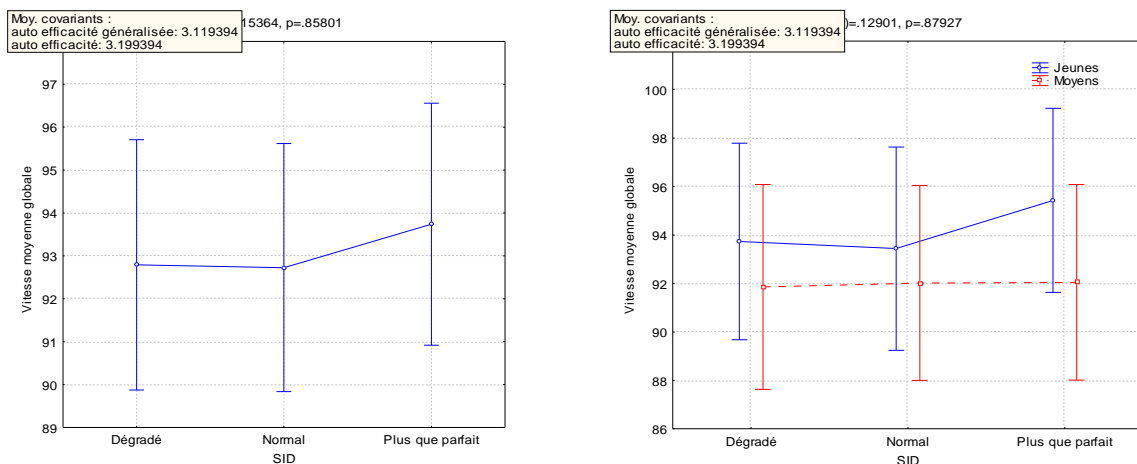


**Figure 65 : TIV médian en fonction du système d'aide et de l'âge**

Lorsque le jugement d'auto efficacité dans l'utilisation du SID et l'auto efficacité généralisée sont neutralisées (analyse de la covariance) l'effet du type du SID sur le temps inter véhicule médian n'est pas différent de ce qu'on observe lorsque ces deux facteurs ne sont pas pris comme facteurs pondérant dans le modèle de score (voir graphiques p.1). Le TIV médian ne diffère pas significativement d'un type de SID à l'autre.

- *Vitesse moyenne*

Les graphiques ci-dessous montrent que ni la vitesse moyenne ni la vitesse en suivi ou libre n'est pas modifiée lorsque l'auto efficacité généralisée et l'auto efficacité du SID sont maintenues constantes.



**Figure 66 : Vitesse moyenne globale en fonction du système d'aide et de l'âge**

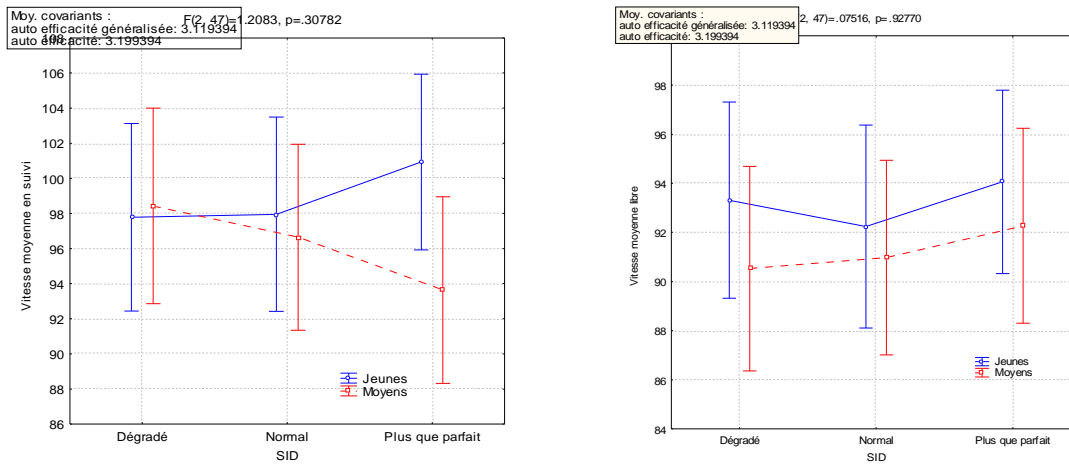


Figure 67 : Vitesse moyenne en suivi et libre en fonction du système d'aide et de l'âge

- *Tâche secondaire : Attention allouée à la conduite*

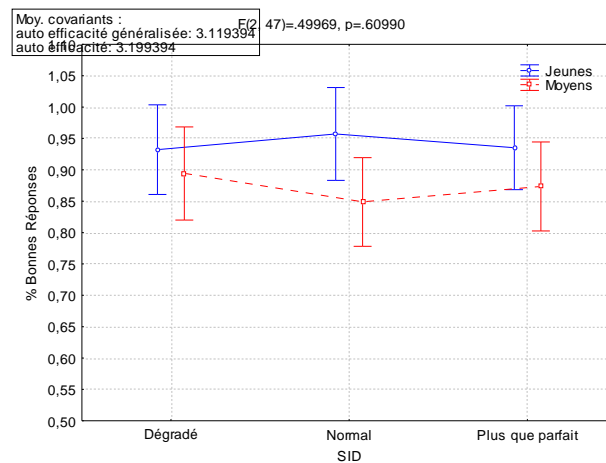
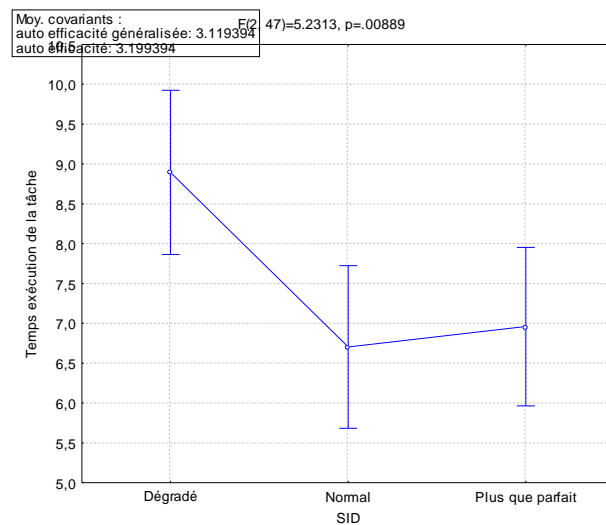
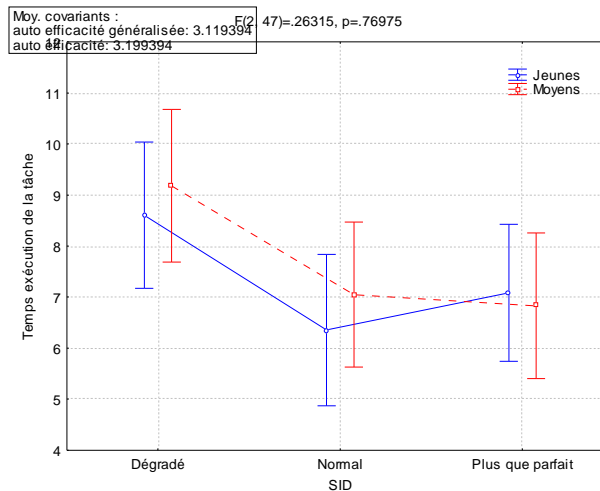


Figure 68 : Pourcentage de bonne réponse à la tâche secondaire





**Figure 69 : Temps d'exécution de la tâche secondaire en fonction du système d'aide et de l'âge**

Les performances à la tâche secondaire pour chacun des groupes expérimentaux ne sont pas non plus modulées par l'auto efficacité généralisée ou l'auto efficacité liée au SID. Le pourcentage de bonnes réponses ne présente qu'un effet significatif de l'âge avec de meilleures performances pour les sujets jeunes mais pas d'effet du type de SID. Le temps d'exécution de la tâche est significativement plus long pour les groupes (moyens et jeunes) qui ont conduit avec le SID dégradé qu'avec les deux autres types de SID (voir interprétation plus haut).

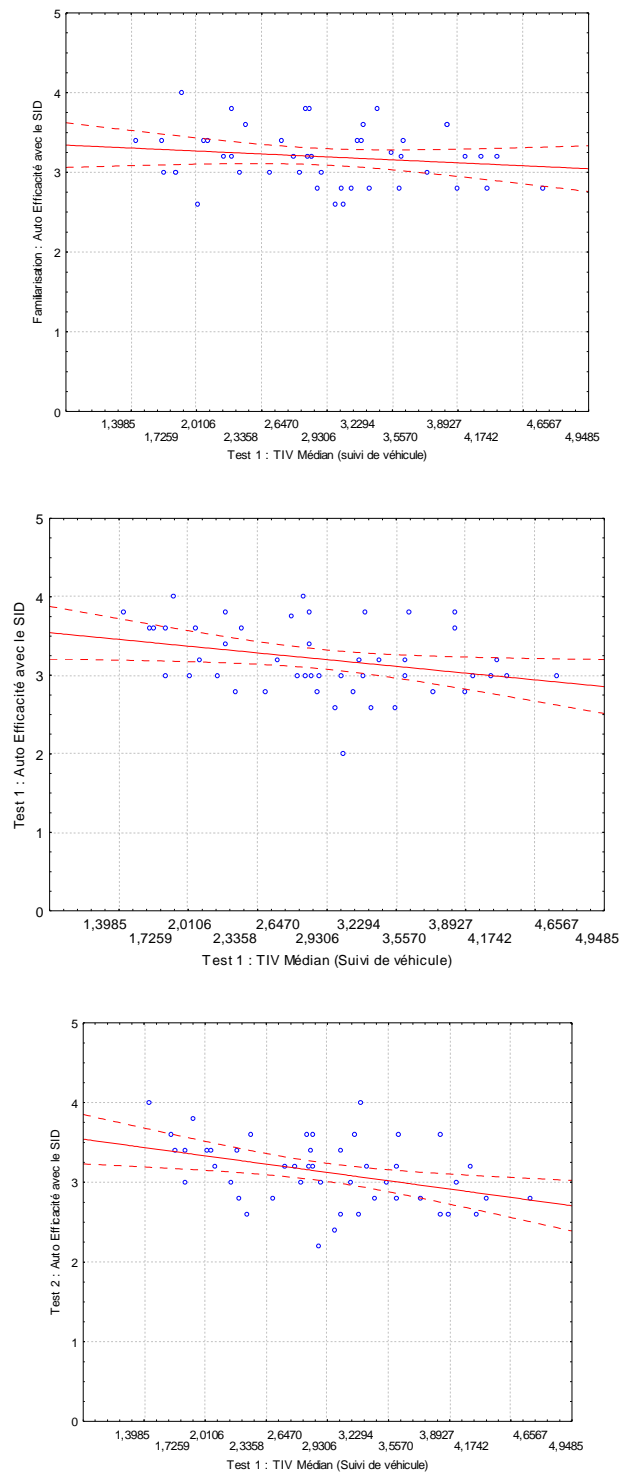
- *Confiance et indices de conduite*

La variation des différents indices de conduite (TIV, Vitesse moyenne, Vitesse en suivi...) ne semble pas être lié à la confiance des sujets dans leurs propres capacités à utiliser le simulateur de conduite ou le SID. Aucune des corrélations effectuées ne révèle un lien linéaire significatif.

Cependant, ces mêmes indices sont significativement corrélés à la confiance dans l'utilisation du SID lorsqu'ils sont extraits des scénarii (suivi de véhicule lent, suivi de véhicule par brouillard intense, accident), c'est-à-dire les zones au cours desquelles nous avons pu montrer que les sujets utilisaient le SID de manière stratégique.

- *Suivi de véhicule lent*

Les graphiques ci-dessous montrent le lien linéaire entre le TIV Médian en suivi de véhicule lent et le jugement d'auto efficacité avec le SID : plus les conducteurs expriment un jugement d'auto efficacité élevé plus leur TIV médian est court. Seules les données de la phase de test 1 étaient suffisamment complètes pour permettre une analyse de régression simple avec les jugements d'auto efficacité à l'issue de chacune des 3 phases. Les corrélations sont significatives entre TIV Médian et jugement d'auto efficacité pour les phases de test 1 et 2, mais non pour la phase de familiarisation :  $r = -0.16$ ,  $p > 0.05$  ;  $r = -0.31$ ,  $p = 0.03$  et  $r = -0.39$ ,  $p < 0.006$  pour les phases de familiarisation, test 1 et test 2 respectivement. Les corrélations semblent être d'importance croissante avec les phases de conduite mais les coefficients ne diffèrent pas significativement entre eux.



**Figure 70 : Corrélation entre le TIV médian en phase de Test 1 et l'auto efficacité avec le SID des autres phases de conduite**

Les corrélations entre le jugement d'auto efficacité dans l'utilisation du simulateur et le TIV médian en suivi de véhicule lent ne sont pas significatives. Par ailleurs, on ne trouve pas de différences entre les différents types de SID dans l'intensité de la corrélation ( $R$  &  $R^2$ ) entre les indices de conduite et les jugements d'auto efficacité. Les corrélations ont dues être réalisées avec les 2 groupes d'âge confondus pour augmenter la puissance. En effet, les corrélations ne sont plus significatives lorsqu'elles sont effectuées indépendamment avec chacun des groupes d'âge.

Il est également intéressant de noter que les TIV médians sont significativement corrélés au jugement d'auto efficacité dans l'utilisation du SID et qu'ils ne sont pas corrélés au jugement d'auto efficacité dans l'utilisation du simulateur, alors que ces deux types de



jugements sont fortement corrélés :  $r = 0.33$ ,  $p = 0.01$  ;  $r = 0.46$   $p < 0.01$  et  $r = 0.48$ ,  $p < 0.01$  pour les phases de familiarisation, test 1 et test 2 respectivement. Ce résultat montre que les questionnaires d'auto efficacité concernant le SID, d'une part, et le simulateur, d'autre part, expriment bien leur spécificité.

- *Accident*

L'analyse des données issues de la zone comprenant un scénario d'accident montre que les personnes qui n'ont pu éviter la collision en phase de test 2 affichent un indice de confiance dans leur capacité à utiliser le simulateur inférieur aux sujets qui ont pu éviter la collision (Test de Mann-Whithney :  $U = 94$ ,  $p = 0.002$ ) alors que durant les 2 phases précédentes les jugements ne différaient pas entre ces deux groupes de personnes. Le jugement sur leur propre capacité à utiliser le SID ne semble pas avoir été affecté par la collision.

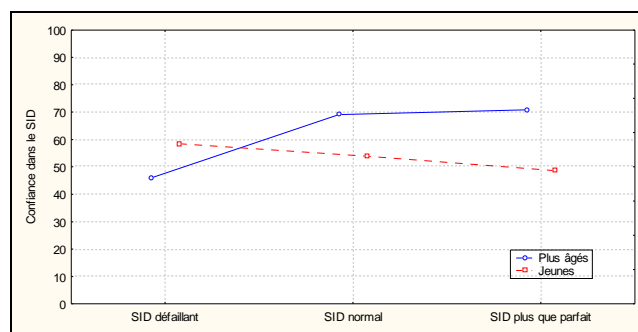
- *Suivi de véhicule dans brouillard dense*

On observe aucune corrélation significative entre les différents indices de conduite relevés durant ce scénario et les jugements d'auto efficacité (SID ou Simulateur) des sujets.

## 2.6. Questionnaire post-conduite à propos du SID

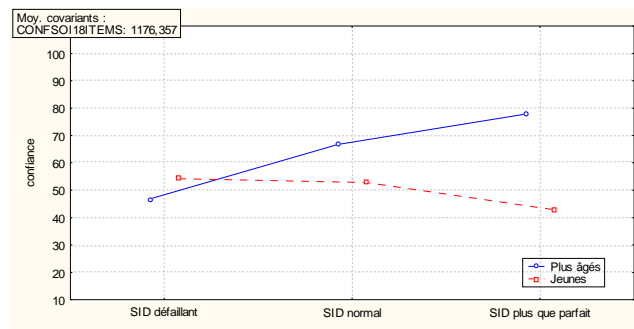
### 2.6.1. Mesure directe de la confiance envers le SID

Nous avons demandé dans quelle mesure les conducteurs avaient « confiance » dans le SID. En moyenne les conducteurs donnent une évaluation au-delà de la valeur centrale de l'échelle ( $M = 57.67$ ). Il n'existe pas d'effet des conditions de fiabilité du SID ni d'effet de l'âge sur le plan de la confiance dans le SID. Cependant chez les plus âgés, ceux qui ont interagi avec le SID « Normal » ou « Plus que parfait » signalent avoir davantage confiance dans le SID que ceux de la condition SID « Défaillant », ( $F(1,48) = 4,85$ ,  $p < .033$ ) alors qu'aucune différence significative ne s'observe sur ce plan chez les jeunes, cf. Figure 71.



**Figure 71 : Confiance dans le SID selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge**

Si l'on met en covariance la confiance en soi (indépendante du domaine de la conduite), on observe que l'âge ( $F(1,41) = 3,19$ ,  $p < .08$ ) et l'interaction entre les conditions de fiabilité du SID et l'âge ( $F(2,41) = 2,51$ ,  $p < .09$ ) s'approchent du seuil de significativité, cf. Figure X. L'écart entre jeunes et plus âgés est d'autant plus grand que le SID est fiable.



**Figure 72 : Confiance dans le SID selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge avec la confiance en soi en co-variance**

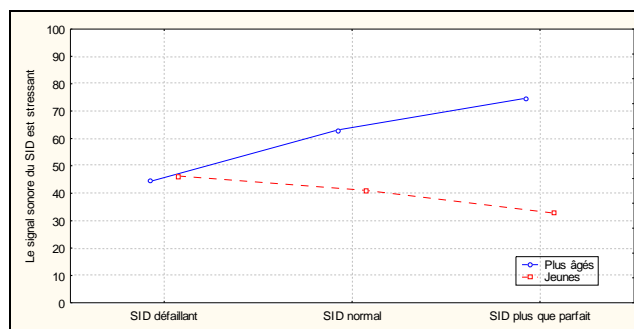
### Perception du signal visuel et signal sonore du SID

Les participants estiment que l'échelle lumineuse du SID est très lisible ( $M = 84,87$ ). Il existe un effet des conditions de fiabilité du SID sur le plan de la lisibilité des couleurs de l'échelle lumineuse du SID ( $F(1,48) = 4,83$ ,  $p = .012$ ) : ils estiment que les couleurs du SID sont plus lisibles lorsqu'ils ont interagi avec le SID « Plus que parfait » ( $M = 93,16$ ) plutôt que « Défaillant » ( $M = 77,59$ ) ou « Normal » ( $M = 83$ ), ( $F(1,48) = .005$ ).

Le passage du vert au rouge du SID est considéré ni trop lent, ni trop rapide ( $M = 52,03$ ). On n'observe aucune différence significative entre les conditions de fiabilité du SID, l'âge ou l'interaction entre les deux variables sur ce plan.

Le signal sonore du SID apparaît être très audible ( $M = 86,11$ ). On n'observe aucune différence significative entre les conditions de fiabilité du SID, l'âge ou l'interaction entre les deux variables sur ce plan.

Le signal sonore du SID est considéré être moyennement stressant ( $M = 50,15$ ). Les plus âgés le considèrent plus stressant comparés aux jeunes (respectivement, 60,70 et 39,59,  $F(1,48) = 6,77$ ,  $p < .013$ ), et ce d'autant qu'ils ont interagi avec le SID « Normal » ou « Plus que parfait » plutôt que « Défaillant » ( $F(1, 48) = 4,29$ ,  $p < .044$ ), cf. Figure X.



**Figure 73 : Perception du stress engendré par le signal sonore du SID selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge**

### Attitude envers l'usage du SID

Les participants déclarent avoir plutôt suivi les informations indiquées par le SID ( $M = 58,41$ ). On n'observe aucune différence significative entre les conditions de fiabilité du SID, l'âge ou l'interaction entre les deux variables sur ce plan.

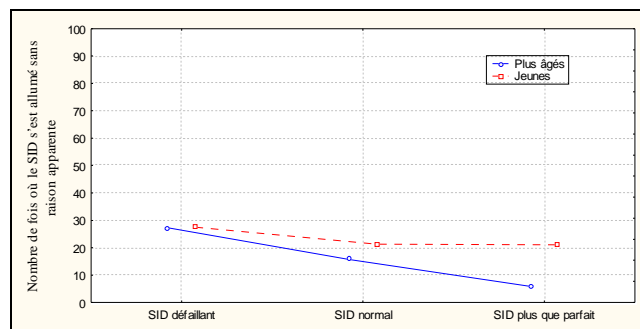
Les participants estiment, à l'issue des premiers essais, que le SID est passé au vert en moyenne 25 fois ( $M = 25,06$ ). Il existe un effet des conditions de fiabilité du SID sous forme

de tendance ( $F(2,47) = 2,67, p < .08$ ). A l'appui des différents niveaux de fiabilité du SID : les participants qui ont interagi avec le SID « Défaillant » estiment qu'il est plus souvent passé au vert ( $M = 33,94$ ) comparés à ceux des conditions SID « Normal » ( $M = 22,5$ ) et « Plus que parfait » ( $M = 19,22$ ), ( $F(1,47) = 5,07, p < .029$ ).

Les participants estiment, à l'issue des premiers essais, que le SID est passé au rouge en moyenne 15 fois ( $M = 15,15$ ). Il existe un effet des conditions de fiabilité du SID ( $F(2,47) = 6,31, p < .004$ ) : ceux qui ont interagi avec le SID « Défaillant » estiment qu'il est plus souvent passé au rouge ( $M = 26,12$ ) comparés à ceux des conditions SID « Normal » ( $M = 10,06$ ) et « Plus que parfait » ( $M = 9,89$ ), ( $F(1,47) = 12,63, p < .0009$ ). Même si à nouveau ces résultats vont dans le sens des différents niveaux de fiabilité du SID, nous constatons que l'écart entre les conditions SID « Normal » et « Plus que parfait » est très faible.

Les participants considèrent que l'information donnée par le SID a été plutôt utile ( $M = 58,09$ ). Chez les plus âgés seulement, il existe un effet des conditions de fiabilité du SID : ils jugent que l'information a été d'autant plus utile que le SID croit en fiabilité ( $F(2,48) = 4,008, p < .051$ ), lorsque les participants ont interagi avec le SID « Défaillant » ( $M = 43,56$ ), « Normal » ( $M = 61,11$ ) et enfin « Plus que parfait » ( $M = 82,78$ ).

Les participants estiment que le SID s'est allumé en moyenne 20 fois sans raison apparente ( $M = 19,74$ ). Les plus âgés signalent que le SID s'est d'autant plus souvent allumé sans raison apparente qu'il est moins fiable ( $F(1,47) = 5,08, p < .029$ ) alors qu'aucun effet significatif ne s'observe chez les jeunes.

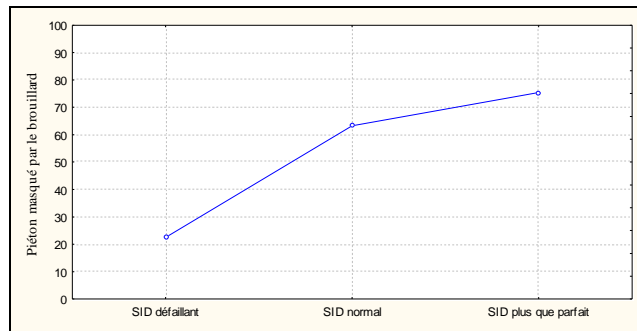


**Figure 74 : Nombre de fois où le SID s'est allumé sans raison apparente selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge**

## Confiance dans l'efficacité du SID à signaler différents obstacles

### Piéton masqué par le brouillard

Les participants estiment que le SID est moyennement capable de signaler un piéton masqué par le brouillard ( $M = 53$ ). Il existe un effet des conditions de fiabilité du SID ( $F(2,44) = 11,01, p < .0002$ ) : les participants estiment que le SID est d'autant plus capable de signaler un piéton masqué par le brouillard que ce système croit en fiabilité ( $F(1,44) = 75,47, p < .00001$ ), cf. Figure 75.



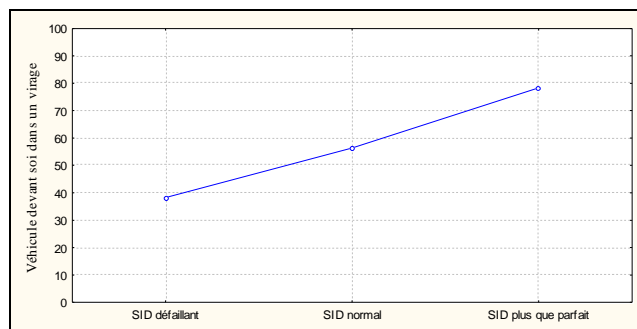
**Figure 75 : Capacité perçue du SID à signaler un piéton masqué par le brouillard selon les conditions de fiabilité du SID**

### Véhicule arrivant de droite

Les participants estiment que le SID n'est plutôt pas capable de signaler un véhicule arrivant de droite à un carrefour ( $M = 45,74$ ). On n'observe aucune différence significative entre les conditions de fiabilité du SID, l'âge ou l'interaction entre les deux variables sur ce plan.

### Véhicule devant soi dans un virage

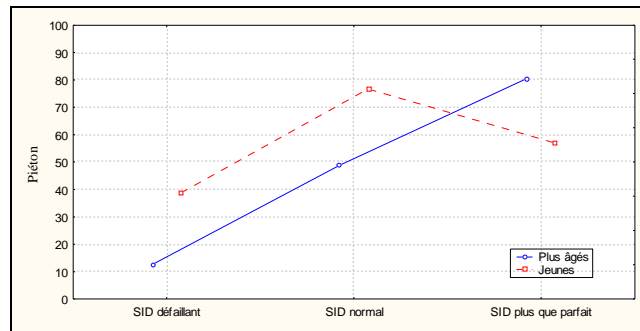
Les participants estiment que le SID est plutôt capable de signaler un véhicule devant soi dans un virage ( $M = 58,11$ ). Il existe un effet des conditions de fiabilité du SID ( $F(2,47) = 5,12$ ,  $p < .01$ ) : les participants estiment que le SID est d'autant plus capable de signaler un véhicule devant soi dans un virage que ce système croit en fiabilité ( $F(1,47) = 8,69$ ,  $p < .005$ ), cf. Figure 76.



**Figure 76 : Capacité perçue du SID à signaler un véhicule devant soi dans un virage selon les conditions de fiabilité du SID**

### Piéton

Les participants considèrent que le SID est plutôt capable de signaler la présence d'un piéton ( $M = 58,11$ ). Il existe un effet des conditions de fiabilité du SID ( $F(2,48) = 8,61$ ,  $p < .0007$ ) : les participants estiment que le SID est d'autant plus capable de signaler la présence d'un piéton qu'ils ont interagi avec le SID « Normal » ou « Plus que parfait » plutôt que « Défaillant » ( $F(1,48) = 16,85$ ,  $p < .0002$ ). Il existe aussi un effet d'interaction entre les conditions de fiabilité du SID et l'âge ( $F(2,48) = 3,54$ ,  $p < .037$ ) : cet effet s'observe chez les jeunes ( $F(1,48) = 4,01$ ,  $p < .051$ ) tandis que chez les plus âgés, ils estiment que le SID est d'autant plus capable de signaler la présence d'un piéton que ce système croit en fiabilité ( $F(1,48) = 4,79$ ,  $p < .034$ ), cf. Figure 77.



**Figure 77 : Capacité perçue du SID à signaler un piéton selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge**

### Botte de paille

Les participants estiment que le SID n'est pas capable de signaler la présence d'une botte de paille ( $M = 21,33$ ), et ce quels que soient les conditions de fiabilité du SID, l'âge ou l'interaction entre ces deux variables.

### Véhicule devant masqué par une côte

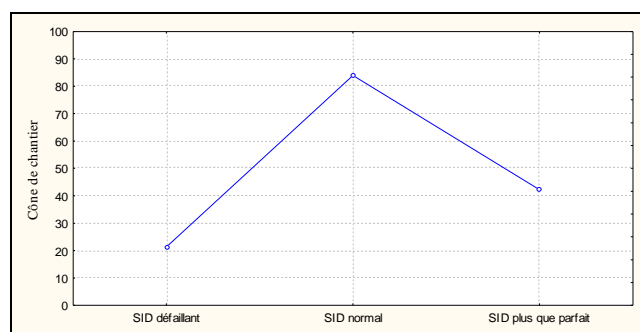
Les participants estiment que le SID est plutôt peu capable de signaler la présence devant d'un véhicule masqué par une côte ( $M = 40,91$ ), et ce quels que soient les conditions de fiabilité du SID, l'âge ou l'interaction entre ces deux variables.

### Véhicule devant masqué par le brouillard

Les participants estiment que le SID est capable de signaler la présence devant d'un véhicule masqué par le brouillard ( $M = 73,04$ ), et ce quels que soient les conditions de fiabilité du SID, l'âge ou l'interaction entre ces deux variables.

### Cône de chantier

Les participants estiment que le SID est moyennement capable de signaler la présence d'un cône de chantier ( $M = 49,62$ ). Il existe un effet des conditions de fiabilité du SID ( $F(2,47) = 15,73$ ,  $p < .00001$ ) : ceux qui ont interagi avec le SID « Normal » reconnaissent davantage cette capacité au SID comparés à ceux de la condition SID « Plus que parfait » (Test de Scheffé,  $p < .002$ ), et encore davantage que ceux de la condition SID « Défaillant » (Test de Scheffé,  $p < .00002$ ), cf. Figure 78.



**Figure 78 : Capacité perçue du SID à signaler la présence d'un cône de chantier selon les conditions de fiabilité du SID**

### Véhicule devant visible de loin

Les participants estiment que le SID est plutôt peu capable de signaler la présence d'un véhicule devant visible de loin ( $M = 46,42$ ), et ce quels que soient les conditions de fiabilité du SID, l'âge ou l'interaction entre ces deux variables.

### Véhicule devant débouchant par surprise

Les participants estiment que le SID est plutôt capable de signaler la présence d'un véhicule devant débouchant par surprise ( $M = 63,21$ ). Il existe un effet d'interaction entre les conditions de fiabilité du SID et l'âge ( $F(2,47) = 3,95$ ,  $p < .03$ ) : chez les jeunes, la croyance en l'efficacité du SID à signaler la présence d'un véhicule devant débouchant par surprise diminue comme l'efficacité du SID croît ( $F(1,47) = 5,02$ ,  $p < .03$ ) alors que chez les plus âgés, cette croyance est plus grande lorsqu'ils ont interagi avec le SID « Normal » ou « Plus que parfait » plutôt qu'avec le SID « Défaillant », toutefois cette différence n'est pas significative ( $F(1,47) = 3,28$ ,  $p < .077$ ), cf. Figure 79.

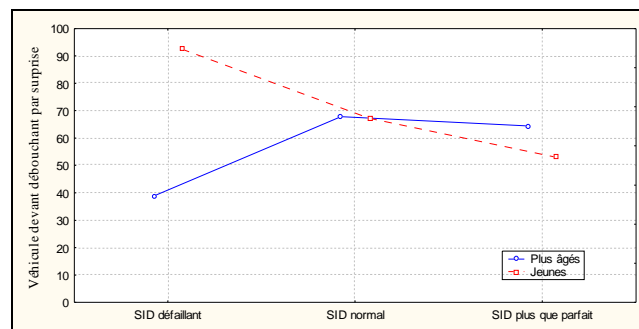


Figure 79 : Capacité perçue du SID à signaler un véhicule devant débouchant par surprise selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge

### Croyance en la fiabilité du SID

A partir de l'expérience que les participants ont eu sur le simulateur, ils considèrent que le SID est moins fiable qu'eux-mêmes ( $M = 32,37$ ) ou qu'un passager attentif ( $M = 38,02$ ) à détecter les obstacles de jour par temps clair. Ils estiment que le SID est d'autant plus fiable qu'eux-mêmes ou qu'un passager attentif qu'ils ont interagi avec le SID « Plus que parfait » plutôt que « Défaillant » ou « Normal » (respectivement,  $F(1,48) = 4,93$ ,  $p < .032$  ;  $F(1,48) = 5,41$ ,  $p < .024$ ), cf. Figure X, tandis qu'aucun effet significatif n'est observé sur le plan de la plus grande fiabilité du SID par rapport à eux-mêmes ou à un passager attentif à détecter les obstacles par temps de brouillard.

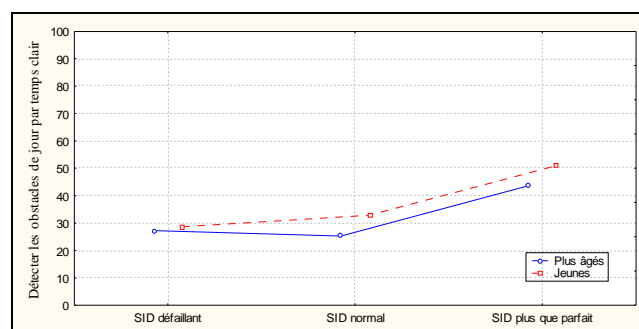
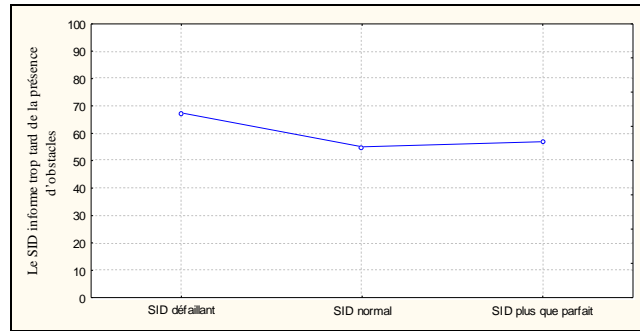


Figure 80 : Capacité perçue du SID à détecter les obstacles de jour par temps clair selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge

Les participants estiment que le SID informe plutôt trop tard de la présence d'obstacles ( $M = 59,70$ ), ce d'autant qu'ils ont interagi avec le SID « Défaillant » plutôt que « Normal » ou « Plus que parfait » ( $F(1,48) = 5,54$ ,  $p < .023$ ), cf. Figure 81.

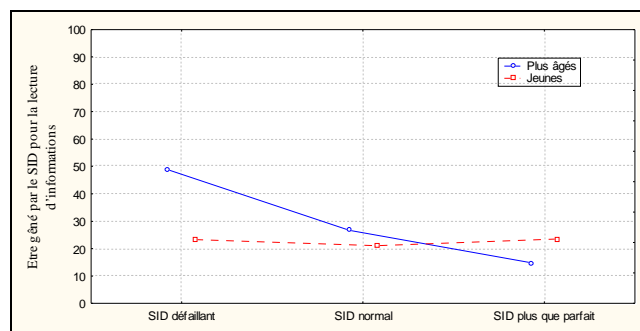


**Figure 81 : Le SID informe trop tard de la présence d'obstacles selon les conditions de fiabilité du SID**

Les participants estiment que vers la fin des essais, ils étaient capables de prévoir la réponse du SID en fonction de la route ( $M = 69,85$ ) et ce quels que soient les conditions de fiabilité du SID, l'âge ou l'interaction entre ces deux variables.

Les participants estiment que si un même événement survenait à deux moments différents, le SID donnerait plutôt la même réponse ( $M = 29,54$ ) et ce quels que soient les conditions de fiabilité du SID, l'âge ou l'interaction entre ces deux variables.

Les participants estiment que le SID gêne peu la lecture d'informations importantes sur le tableau de bord ( $M = 25,59$ ). Chez les plus âgés seulement, plus la fiabilité du SID croît, moins ils estiment que le SID gêne la lecture d'informations importantes sur le tableau de bord ( $F(1,47) = 6,81, p < .013$ ) alors que cet effet n'apparaît pas chez les jeunes, cf. Figure 82.



**Figure 82 : Etre gêné par le SID pour la lecture d'informations importantes sur le tableau de bord selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge**

### Attitudes générales envers le SID dans le contexte du simulateur

Les participants manifestent une attitude plutôt positive vis-à-vis du SID dans le contexte du simulateur ( $M = 62,34$ ) et ce globalement quels que soient les conditions de fiabilité du SID, l'âge ou l'interaction entre ces deux variables sur le plan des quatre items suivants ( $\alpha$  de Cronbach = .89). Plus spécifiquement, ils le jugent utile ( $M = 62,98$ ) plutôt performant ( $59,23$ ), intéressant ( $M = 67,42$ ) et plutôt fiable ( $M = 59,72$ ).

### Intention d'utiliser le SID

Les participants ont plutôt l'intention d'utiliser le SID dans leur véhicule ( $M = 57,47$ ). Chez les plus âgés et ce à titre indicatif car ce résultat n'est pas significatif, ils manifestent d'autant plus l'intention de l'utiliser qu'ils ont interagi avec le SID « Plus que parfait » ( $M =$

78,13) plutôt que « Défaillant » ou « Normal » (respectivement,  $M_s = 54,67 ; 55,22$ ), ( $F(1,47) = 2,70, p < .108$ ).

Comment envisagent-ils leur conduite avec le SID ?

Il estiment que leur conduite serait plutôt meilleure s'ils disposaient du SID ( $M = 62,52$ ) et ce globalement quels que soient les conditions de fiabilité du SID, l'âge ou l'interaction entre ces deux variables sur le plan des quatre items suivants ( $\alpha$  de Cronbach = .54). Plus spécifiquement, ils jugent que leur conduite serait plus sécuritaire ( $M = 69,45$ ), plus facile ( $63,81$ ), plutôt plus agréable ( $M = 54,30$ ) et aussi fatigante ( $M = 48,22$ ). Pour ce dernier item, chez les plus âgés seulement, ceux qui ont interagi avec le SID « normal » ou « Plus que parfait » considèrent que leur conduite serait plus fatigante (respectivement,  $M_s = 43,67 ; 41,88$ ) que ceux de la condition SID « défaillant » ( $M = 65$ ), ( $F(1,47) = 4,64, p < .037$ ) alors qu'il n'y a pas d'effet significatif des conditions de fiabilité du SID sur ce plan chez les jeunes.

Les participants estiment que les autres conducteurs trouveraient plutôt utile d'installer le SID dans leur voiture ( $M = 69,28$ ), ce d'autant que les participants ont interagi avec le SID « Normal » ou « Plus que parfait » (respectivement,  $M_s = 71,11 ; 73,94$ ) plutôt que « Défaillant » ( $M = 60,29$ ), ( $F(1,47) = 5,27, p < .026$ ).



## DISCUSSION

Notre projet était d'aborder la dynamique de la confiance dans un système d'aide (alarme fronto-arrière) au cours d'une séquence significative de conduite simulée.

Rappelons que nous avons abordé la confiance sous deux angles :

- d'une part les comportements associés à la présence d'une aide dont nous avons fait systématiquement varier la fiabilité ainsi que les situations dans lesquelles cette aide était sollicitée (changement du contexte de conduite et tâche secondaire imposée)
- d'autre part la confiance dans le système d'aide abordée sous l'angle de l'auto efficacité (sentiment d'être capable de mettre en œuvre l'assistance à l'inter distance).

### La mesure de la confiance subjective

Selon la revue de question sur la confiance, le concept de confiance comporte des facettes multiples, y compris quand il est appliqué au domaine des interfaces homme-machine et des systèmes d'aide. L'abord comportemental de la confiance demande à ajuster la mesure au contexte de l'action concernée (utilisation de l'aide dans les situations critiques, acceptation de renoncer à la surveillance de l'inter distance, etc.). L'angle subjectif (réponses à des questions explicites sur la confiance) fait l'objet de mesures très nombreuses, peu consensuelles et souvent rudimentaires. Nous avons fait le pari de nous adosser à une approche de la confiance basée sur la régulation de l'action et l'abord métacognitif (évaluation de l'action). Nous avons mis au point une mesure originale d'auto efficacité à utiliser l'aide dans le contexte de la conduite. Cette mesure, appuyée sur une conceptualité forte, s'est avérée présenter des propriétés psychométriques pertinentes qui permettent en particulier de séparer la confiance à propos de la conduite sur simulateur et celle associée à l'aide à la conduite, comme la confiance accordée à ses propres capacités à utiliser le système plutôt que la confiance dans le système lui-même.

Notre démarche impliquait d'examiner en particulier les relations suivantes :

- (a) l'effet du SID et spécialement de sa fiabilité sur le comportement de conduite
- (b) l'effet de la fiabilité du SID sur la confiance
- (c) l'hypothèse que la fiabilité du SID est partiellement ou complètement médiatisée par la confiance dans le système d'aide

Par ailleurs nous avons pris en compte un contraste en terme d'expérience de la conduite et d'âge fortement documenté dans le domaine de la conduite.

### L'effet de la fiabilité du SID sur la confiance

De manière globale, les participants interrogés juste après les phases de conduite ont été capables d'identifier les trois niveaux de performance du SID (« dégradé », « normal », « plus-que-parfait »). Ceci est d'autant plus vrai qu'ils étaient plus expérimentés, et que les questions portaient sur les situations critiques. Globalement bien qu'ils reconnaissent de manière lucide les limites du système, l'intérêt pour un tel système est avéré.

### L'effet du SID sur la tâche de conduite

La situation de test d'un système d'aide à l'inter distance tend à focaliser l'attention des participants vers la composante de l'activité consacrée à la surveillance des obstacles.

L'importante phase de familiarisation, et la durée de l'expérimentation, a permis d'atténuer cet effet.

Les observations montrent que la durée de la simulation est suffisante pour assurer une appropriation du simulateur notamment en terme de vitesse qui se rapproche des vitesses adoptées en situation naturelle. La comparaison avec le groupe témoin (absence d'aide) permet d'observer que le SID n'a pas eu d'effet majeur sur la conduite dans les situations de conduite habituelle (sans incidents ou environnement dégradé). L'alarme est intégrée dans le système de conduite sans affecter la conduite elle-même. Tout au plus la présence du SID tend à rapprocher les différences observées dans le groupe témoin (pas de système d'aide) entre les conducteurs les plus jeunes et les plus âgés. Par exemple il tend plutôt à diminuer l'inter distance chez les conducteurs les plus jeunes mais aussi à diminuer leur vitesse moyenne. L'effet inverse est observé chez les conducteurs plus âgés.

Dans les situations critiques impliquant une décision dans l'urgence (présence obstacle), l'apport du SID est significatif mais renvoie plutôt au même patron de réponse que précédemment. Dans une situation de type brouillard on pourrait s'attendre à ce que le conducteur s'appuie sur le système d'aide, et délègue une partie de la gestion du risque à une alarme qui l'informe sur l'inter distance entre véhicules et la présence d'obstacles. Le seul changement observé est attribuable au SID en condition dégradé qui induit à diminuer la distance intervéhiculaire comme pour compenser les fausses-alertes du système.

### **Les effets du SID sur la régulation de l'activité**

A prendre les indices globaux de l'activité de conduite, ou les performances à la tâche secondaire, nous n'avons pas observé d'effet de la confiance dans le SID sur les comportements en situation de conduite. De manière plus intéressante, c'est seulement dans des situations pertinentes (situations critiques impliquant une régulation de l'interdistance) que les comportements sont corrélés aux mesures de l'auto-efficacité relatives au SID. Cet effet persiste quand on contrôle les dimensions de la confiance plus chroniques indépendante de la conduite automobile (confiance en soi). Il semble donc bien que l'auto-efficacité relative au SID, bien que mesurée en dehors de la conduite elle-même, renseigne sur une composante active de la régulation de la conduite.

Ces premières analyses demandent évidemment à être prolongées par des analyses plus détaillées. En particulier n'avons pas testé l'hypothèse d'une médiation de la confiance que nous avons posée explicitement, et qui est présupposée dans les modèles de la confiance. Les observations disponibles ne vont pas dans le sens d'une telle médiation.



## BIBLIOGRAPHIE

- Abe, G. and Richardson, J. (2004). The effect of alarm timing on driver behaviour: an investigation of differences in driver trust and response to alarms according to alarm timing. *Transportation Research, part F* 7, 307-322.
- Abe, G., Itoh, M. and Tanaka, K. (2002). Dynamics of drivers' trust in warning systems. In *Proceedings of the IFAC 15<sup>th</sup> World Congress. Barcelona, Spain*.
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behaviour*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Armstein, Eystein & Dahl (2001). Hospital Anxiety and Depression (HAD) scale: factor structure, item analyses and internal consistency in a large population. *British Journal of Psychiatry*, 179, 540-544.
- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual Review of Psychology*, 52, 1-26.
- Bandura, A. (2002/1997). *l'auto-efficacité : l'exercice du contrôle*. Liège : De Boeck.
- Baumeister, R.F., Campbell, J.D., Krueger, J.I., & D. Vohs, K.D. (2003). Does high self-esteem cause better performance, interpersonal success, happiness or healthier lifestyles ? *Psychology in the public interest*, 4, 2-44.
- Brauer, M. (2000). L'identification des processus médiateurs dans la recherche en psychologie. *L'Année Psychologique*, 100, 661-681.
- Carton, S.; Jouvent, R., & Wildöcher, D. (1992). Cross-cultural validity of the sensation seeking construct. Development of a French abbreviated form of the scale. *European Psychiatry*, 7, 225-234.
- Chen, G., Casper, W.J., Cortina, J.M. (2001). The Roles of Self-Efficacy and Task Complexity in the Relationships Among Cognitive Ability, Conscientiousness, and Work-Related Performance: A Meta-Analytic *Human Performance*, 14, 209-230.
- de Vries, P., Midden, C., & Don Bouwhuis, D. (2003). The effects of errors on system trust, self-confidence, and the allocation of control in route planning. *International Journal of Human-Computer Studies*. 58(6), 719-735.
- Delhomme, P., & Meyer, T. (2004). Risk taking and self-efficacy among young male drivers: Self-efficacy and changing task demands. In T. Rothengatter & R. D. Huguenin (Eds.), *Traffic and Transport Psychology: Theory and application* (pp. 135-146). Amsterdam: Elsevier.
- Dzindolet, M.T., Peterson, S.A., Pomranky, R.A., Pierce, L.G., & Beck, H.P. (2003). The role of trust in automation reliance. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58, 697-718.
- Ennis, R., & Zanna, M.P. (2000). Attitude function and the automobile. In G.R. Maio & J.M. Olson (Eds.) *Why we evaluate : functions of attitudes* (pp. 395-415). Mahwah, NJ : LEA.
- Follenfant, A., & Meyer, T. (2003) Pratiques déclarées, sentiment d'avoir appris et auto-efficacité au travail. In P. Carré & O. Charbonnier, *Les Apprentissages professionnels informels*, pp. 185-246. Paris : L'Harmattan.
- Fox, J.E., & Boehm-Davis, D.A. (1998). Effects of Age and Congestion Information Accuracy of Advanced Traveller Information Systems on User Trust and Compliance. *Transportation Research Record*, 1621, 43-49.

- Garant, V., Charest, C., Alain, M., & Thomassin, L. (1995). Development and validation of a self-confidence scale. *Perception & Motor Skills*, 81, 401-405.
- Gupta, N., Bisantz, A.M., & Singh, T. (2002). The effects of adverse condition warning system characteristics on driver performance: an investigation of alarm signal type and threshold level. *Behaviour and Information Technology*, 21(4), 235-248.
- Hancock, P.A., & Parasuraman, R. (1992). Human Factors and Safety in the Design of Intelligent Vehicle-Highway Systems (IVHS). *Journal of Safety Research*, 23, 181-198.
- Heggstad, E.D., & Kanfer, R. (2005). The predictive validity of self-efficacy in training performance : little more than past performance. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 11, 84-97.
- Hoc, J.-M. (2000). From human-machine interaction to human-machine cooperation. *Ergonomics*, 43(7), 833-843.
- Hollnagel, E. (2003) (Ed.). *Handbook of cognitive task design*. Mahwah, NJ : Erlbaum.
- Itoh, M., Abe, G., & Tanaka, K. (1999). Trust in and use of automation: Their dependence on occurrence patterns of malfunctions. *Proceedings. IEEE SMC Conference*, 715-720.
- Jonah, B.A. (1997). Sensation seeking and risky driving: A review and synthesis of the literature. *Accident Analysis and Prevention*, 29(5), 661-665.
- Kantowitz, B.H., Hanowski, R.J., & Kantowitz, S.C. (1997) Driver Reliability Requirements for Traffic Advisory Information. In Y. I. Noy (Ed.), *Ergonomics and safety of intelligent driver interfaces* (pp.1-22). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kohring, M., & Kastenholz, H. (2000). Vertrauen in Medien: Forschungsstand, theoretische Einordnung und Schlussfolgerungen für Vertrauen in Technologie. Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Koller, M. (1988). Risk as a determinant of trust. *Basic and applied social psychology*, 9, 265-276.
- Lee, J.D. & Kantowitz, B. (1998). Perceptual and cognitive aspects of intelligent transportation systems. In: *Human Factors in Intelligent Transportation Systems* (Barfield & Dingus Ed.), LEA, 31-54.
- Lee, J.D., & Moray, N. (1992). Trust, control strategies and allocation of function in human-machine systems. *Ergonomics*, 35(10), 1243-1270.
- Lee, J.D., & Moray, N. (1994). Trust, self-confidence, and operator's adaptation to automation. *International Journal of Human-Computer Studies*.40, 153-184.
- Lee, J.D., & See, K.A. (2004). Trust in computer technology: Designing for appropriate reliance. *Human Factors*, 46(1), 50-80.
- Maltz, M., Sun, H., Wu, Q., & Mourant, R. (2004). Use of an in-vehicle alerting system for older and younger drivers: does experience count? *Transportation Research Record* 1899, 64-77.
- Meyer, T., & Rodon, C. (2005). Trouver sur Internet une réponse à une question. *Hermès*, 39, 27-34.
- Moray, N., & Lee, J. (1990). *Trust and allocation of function in the control of automatic systems* (EPRL Technical Report N°5). Urbana-Champaign, IL: University of Illinois, Department of Mechanical and Industrial Engineering.
- Moray, N., Inagaki, T., & Itoh, M. (2000). Adaptive Automation, Trust, and Self-Confidence in Fault Management of Time-Critical Tasks. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, (6)-1, 44-58.

- Morgan, R.M., & Hunt, S.D. (1994). The commitment-trust theory of relationship marketing. *Journal of Marketing*, 58(3), 20-38.
- Muir, B. (1987). Trust between humans and machines, and the design of decision aids. *International journal of Man-Machine Studies*, 27, 527-539.
- Muir, B. (1994). Trust in automation: Part I. Theoretical issues in the study of trust and human intervention in automated systems, *Ergonomics*, 1994, 37(11), 1905-1922.
- Muir, B., & Moray, N. (1996). Trust in automation. Part II. Experimental studies of trust and human intervention in a process control simulation. *Ergonomics*, 39(3), 429-460.
- Muller, G. (1996). Secure communication – Trust in technology or trust with technology? *Interdisciplinary Science Reviews*, 21, 336-347.
- Nyhan, R.C. (2000). Changing the paradigm – Trust and its role in public sector organizations. *American Review of Public Administration*, 30, 87-109.
- Parasuram, R., Sheridan T.B., & Wickens, C.D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics – Part A: Systems and Humans*, 30, 286-197.
- Parasuraman, R., & Miller, C. (2004). Trust and Etiquette in High-criticality automated systems. Communications of the Association for Computing Machinery, Special Issue: Human Computer Etiquette, 47(4), 51-55.
- Parasuraman, R., & Riley, V. (1997). Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse, Abuse. *Human Factors*, 39 (2), 230-253.
- Rajaonah, B., Anceaux, F., Hoc, J.-M., Espié, S., & Vienne, F. (2004). *Etude de la confiance dans l'interaction conducteur-système de régulation de l'interdistance*. Rapport d'expérience Programme ARCOS. LAMIG-PERCOTEC / INREST-CIR-MSIS.
- Rempel, J.K., Holmes, J.G., & Zanna, M.P. (1985). Trust in close relationships. *Journal of Personality and Social Psychology*, 49(1), 95-112.
- Riley, V. (1994). Human use of Automation. Unpublished doctoral dissertation, University of Minnesota, Minneapolis.
- Riley, V. (1996) Operator reliance on automation: theory and data. In: R. Parasuraman & M. Mouloua (Eds), *Automation and Human Performance Theory and Applications* (pp. 19-35). Mahwah NJ: Erlbaum.
- Rotter, J.B. (1967). A new scale for the measurement of interpersonal trust. *Journal of Personality*, 35, 651-665.
- Rotter, J.B. (1980). Interpersonal trust, trustworthiness, and gullibility. *American Psychologist*, 35, 1-7.
- Rudin-Brown, C.M., & Noy, Y.I. (2002). Investigation of behavioural adaptation to lane departure warnings. *Transportation Research Record* 1803, 30-37.
- Rudin-Brown, C.M., & Parker, H.A. (2004). Behavioural adaptation to adaptive cruise control (ACC): implications for preventive strategies. *Transportation Research, part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 7-2, 59-76.
- Scholtz, U., Gutierrez-Dona, B., Sud, S. & Schwarzer, R. (2002). Is General Self-efficacy a universal construct? *European Journal of Psychological Assessment*, 18, 242-251.
- Scholz, U., Gutierrez Dona, B., Sud, S. & Schwarzer, R. (2002). Is general self-efficacy a universal construct? Psychometric findings from 25 countries. *European Journal of Psychological Assessment*, 18, 242-251.

- Sheridan, T.B. (1988). Trustworthiness of command and control systems. In Proceedings of The IFAC/IFIP/IFORS/IEA *Conference on Analysis, Design, and Evaluation of Man-Machine Systems*, Finland, Oulu, pp. 427-431.
- Singh, I.L., Molloy, R., & Parasuraman, R. (1993). Individual differences in monitoring failures of automation. *Journal of General Psychology*, 120, 357-373
- Skita, L.J., Mosier, K., & Burdick, M.D. (2000). Accountability and automation bias. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52, 701-717.
- Stajkovic, A.D., & Lutans, F. (1998). Self-efficacy and work-related performance: a meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 124, 286-299
- Stanton, N.A., & Pinto, M. (2000). Behavioural compensation by drives of a simulator when using a vision enhancement system. *Ergonomics*, 43(9), 1359-1370.
- Stanton, N.A., & Pinto, M. (2001). Will radar-based vision enhancement make driving safer? An experimental study of a hypothetical system on a driving simulator. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. *Journal of Automobile Engineering*. 215(9, Part D) 959-967.
- Stanton, N.A., & Young M.S. (2005). Driver behaviour with adaptative cruise control. *Ergonomics*, 48(10). 1294-1313.
- Tan, H.H., & Tan, C.S. (2000). Toward the differentiation of trust in supervisor and trust in organization. *Genetic, Social, and General Psychological Monographs*, 126, 241-260.
- Valot, C. (2001). Rôles de la métacognition dans la gestion des environnements dynamiques. *Psychologie. Française*, 46, 131-141.
- Wickens, C.D., Gempler, K., & Morphey, M.E. (2000). Workload and reliability of predictor displays in aircraft traffic avoidance. *Transportation Human Factors*, 2(2), 99-126.
- Yuki, M., Maddux, W.M., Brewer, M.B. (2005). Takemura, K. Cross-cultural relationship and group-based trust. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 31, 48-62.
- Zigmond, A.S., & Snaith, R.P. (1983). The Hospital Anxiety and Depression Scale. *Acta Psychiatrica Scandinavia*, 67, 361-371.
- Zuckerman, M. (1979). Sensation seeking: Beyond the optimal level of arousal. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

<b>Figure 1 : Calibrage de la confiance entre surconfiance et défiance exagérée. ....</b>	<b>11</b>
<b>Figure 2: Principe de la distinction entre l'efficacité et l'auto-efficacité (d'après Bandura, 1997) .....</b>	<b>28</b>
<b>Figure 3 : Schéma de principe de la recherche .....</b>	<b>32</b>
<b>Figure 4 : Principe du rôle médiateur de la confiance.....</b>	<b>33</b>
<b>Figure 5 : Principe de la réalité virtuelle .....</b>	<b>36</b>
<b>Figure 6 : Simulateur de conduite SHERPA.....</b>	<b>37</b>
<b>Figure 7 : Description de l'ensemble du circuit .....</b>	<b>38</b>
<b>Figure 8 : Interface visuelle du SID.....</b>	<b>38</b>
<b>Figure 9 : Boîtier de la tâche secondaire.....</b>	<b>41</b>
<b>Figure 10 : Principe de construction du questionnaire d'efficacité et d'auto-efficacité relative au simulateur et au SID .....</b>	<b>50</b>
<b>Figure 11 : Parcours de familiarisation avec le système d'aide .....</b>	<b>52</b>
<b>Figure 12 : Parcours de la phase de test 1 .....</b>	<b>53</b>
<b>Figure 13 : Parcours de la phase de test 2 .....</b>	<b>53</b>
<b>Figure 14 : Nombre de points perdus au permis de conduire (haut) et nombre d'infractions commises (bas) pour chaque groupe d'âge.....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 15 : Nombre d'années d'individus ayant perdu des points (haut) et ayant commis une infraction (bas). .....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 16 : Nombre d'années de permis de conduire (gauche) et de kilomètres parcourus annuellement (droite).....</b>	<b>57</b>
<b>Figure 17 : Proportion de sujets ayant eu un accident durant les 3 dernières années.....</b>	<b>57</b>
<b>Figure 18 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des réponses au questionnaire individuel. ...</b>	<b>58</b>
<b>Figure 19 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des réponses au questionnaire individuel des jeunes conducteurs .....</b>	<b>59</b>
<b>Figure 20 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des réponses au questionnaire individuel des conducteurs adultes.....</b>	<b>59</b>
<b>Figure 21 : Importance du confort du véhicule exprimé par les 2 groupes d'âges dans chaque condition expérimentale.....</b>	<b>60</b>



<b>Figure 22 : Delta de la vitesse moyenne (haut) et en suivi (bas) entre le début et fin de phase de familiarisation. ....</b>	<b>61</b>
<b>Figure 23 : Delta du TIV médian (haut) et de la décélération (bas) entre le début et fin de phase de familiarisation. ....</b>	<b>62</b>
<b>Figure 24 : Vitesse moyenne du groupe Témoin durant chaque phase expérimentale .....</b>	<b>63</b>
<b>Figure 25 : Ajustement par une fonction logarithmique (bleu) et une fonction de premier ordre (rouge) sur la vitesse moyenne .....</b>	<b>64</b>
<b>Figure 26 : TIV médian (haut) et vitesse moyenne (bas) pour chaque phase expérimentale. ....</b>	<b>65</b>
<b>Figure 27 : Décélération moyenne durant chaque phase expérimentale. ....</b>	<b>66</b>
<b>Figure 28 : TIV médian pour chaque groupe expérimental et chaque phase expérimentale. ....</b>	<b>66</b>
<b>Figure 29 : Distance inter véhicule pour chaque groupe et session expérimental.....</b>	<b>67</b>
<b>Figure 30 : Vitesse moyenne durant chaque session expérimentale et pour chaque groupe expérimental. ....</b>	<b>68</b>
<b>Figure 31 : Vitesse moyenne en suivi durant les 3 sessions expérimentales et pour chaque groupe. ....</b>	<b>69</b>
<b>Figure 32 : Vitesse moyenne en suivi (haut) et vitesse moyenne libre (bas) pour chaque groupe expérimental. ....</b>	<b>70</b>
<b>Figure 33 : TIV Moyen en fonction de la vitesse libre (haut) et de la vitesse en suivi (bas). ....</b>	<b>71</b>
<b>Figure 34 : Pourcentage de bonnes réponses à la tâche secondaire. ....</b>	<b>72</b>
<b>Figure 35 : Temps d'exécution de la tâche secondaire. ....</b>	<b>72</b>
<b>Figure 36 : TIV médian pour chaque phase de conduite et chaque groupe expérimental.....</b>	<b>73</b>
<b>Figure 37 : Distance inter véhicule pour chaque phase de conduite et chaque groupe expérimental.....</b>	<b>74</b>
<b>Figure 38 : Vitesse moyenne pour chaque phase de conduite et chaque groupe expérimental. ....</b>	<b>75</b>
<b>Figure 39 : Ajustement de fonctions de premier ordre sur les vitesse moyennes aux trois phases de conduite.....</b>	<b>76</b>
<b>Figure 40 : Vitesse moyenne en suivi pour chaque phase de test et chaque groupe expérimental. ....</b>	<b>76</b>
<b>Figure 41 : Ajustement de fonctions de premier ordre à la vitesse en suivi durant chaque phase de conduite.....</b>	<b>77</b>
<b>Figure 42 : Schéma de la chaussée sur circuit autoroutier. ....</b>	<b>78</b>
<b>Figure 43 : Ecart latéral moyen sur autoroute en fonction de la vitesse moyenne sur autoroute. ....</b>	<b>78</b>
<b>Figure 44 : Ecart latéral moyen pour chaque groupe expérimental en phase de test 2.....</b>	<b>78</b>
<b>Figure 45 : Temps avant passage devant la personne sur la chaussée. ....</b>	<b>81</b>
<b>Figure 46 : Temps avant lâcher de l'accélérateur .....</b>	<b>81</b>
<b>Figure 47 : Temps de freinage pour chaque groupe expérimental.....</b>	<b>82</b>

<b>Figure 48 : Vitesse moyenne en phase de Test 2 en fonction du temps avant passage devant l'homme (a), du temps de freinage (b) et du temps avant lâcher de l'accélérateur (c).....</b>	<b>83</b>
<b>Figure 49 : Temps avant le début de la tâche secondaire.....</b>	<b>84</b>
<b>Figure 50 : Temps avant le passage devant la vache.....</b>	<b>84</b>
<b>Figure 51 : Temps avant le lâcher de l'accélérateur.....</b>	<b>84</b>
<b>Figure 52 : Proportion des sujets ayant lâché l'accélérateur.....</b>	<b>85</b>
<b>Figure 53 : TIV médian en fonction des phases de conduites et des groupes d'âge.....</b>	<b>85</b>
<b>Figure 54 : Décélération maximale en fonction du système d'aide et de la phase de conduite.....</b>	<b>86</b>
<b>Figure 55 : Vitesse de début de zone de brouillard en fonction de l'âge et du système utilisé.....</b>	<b>87</b>
<b>Figure 56 : Ecart latéral moyen en fonction du système d'aide et de l'âge.....</b>	<b>87</b>
<b>Figure 57 : TIV médian en fonction de l'âge et du système ou de la phase de conduite.....</b>	<b>88</b>
<b>Figure 58 : Auto efficacité en fonction du système d'aide.....</b>	<b>89</b>
<b>Figure 59 : Auto efficacité en fonction de l'âge et du système d'aide.....</b>	<b>89</b>
<b>Figure 60 : Auto efficacité généralisé en fonction du système d'aide et de l'âge.....</b>	<b>90</b>
<b>Figure 61 : Corrélacion entre l'auto efficacité généralisé et l'auto efficacité du système.....</b>	<b>90</b>
<b>Figure 62 : Auto efficacité avec le SID en fonction du système et de l'âge.....</b>	<b>91</b>
<b>Figure 63 : Auto efficacité avec le SID en fonction des phases de conduite, du système d'aide et de l'âge..</b>	<b>92</b>
<b>Figure 64 : Auto efficacité du simulateur en fonction des phases de conduite, du système d'aide et de l'âge .....</b>	<b>92</b>
<b>Figure 65 : TIV médian en fonction du système d'aide et de l'âge.....</b>	<b>93</b>
<b>Figure 66 : Vitesse moyenne globale en fonction du système d'aide et de l'âge.....</b>	<b>93</b>
<b>Figure 67 : Vitesse moyenne en suivi et libre en fonction du système d'aide et de l'âge.....</b>	<b>94</b>
<b>Figure 68 : Pourcentage de bonne réponse à la tâche secondaire.....</b>	<b>94</b>
<b>Figure 69 : Temps d'exécution de la tâche secondaire en fonction du système d'aide et de l'âge.....</b>	<b>95</b>
<b>Figure 70 : Corrélacion entre le TIV médian en phase de Test 1 et l'auto efficacité avec le SID des autres phases de conduite.....</b>	<b>96</b>
<b>Figure 71 : Confiance dans le SID selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge.....</b>	<b>97</b>
<b>Figure 72 : Confiance dans le SID selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge avec la confiance en soi en co-variance.....</b>	<b>98</b>
<b>Figure 73 : Perception du stress engendré par le signal sonore du SID selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge.....</b>	<b>98</b>

<b>Figure 74 : Nombre de fois où le SID s'est allumé sans raison apparente selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge .....</b>	<b>99</b>
<b>Figure 75 : Capacité perçue du SID à signaler un piéton masqué par le brouillard selon les conditions de fiabilité du SID .....</b>	<b>100</b>
<b>Figure 76 : Capacité perçue du SID à signaler un véhicule devant soi dans un virage selon les conditions de fiabilité du SID .....</b>	<b>100</b>
<b>Figure 77 : Capacité perçue du SID à signaler un piéton selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge</b>	<b>101</b>
<b>Figure 78 : Capacité perçue du SID à signaler la présence d'un cône de chantier selon les conditions de fiabilité du SID .....</b>	<b>101</b>
<b>Figure 79 : Capacité perçue du SID à signaler un véhicule devant débouchant par surprise selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge.....</b>	<b>102</b>
<b>Figure 80 : Capacité perçue du SID à détecter les obstacles de jour par temps clair selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge .....</b>	<b>102</b>
<b>Figure 81 : Le SID informe trop tard de la présence d'obstacles selon les conditions de fiabilité du SID</b>	<b>103</b>
<b>Figure 82 : Etre gêné par le SID pour la lecture d'informations importantes sur le tableau de bord selon les conditions de fiabilité du SID et l'âge .....</b>	<b>103</b>

## TABLE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 : Modèle de la confiance envers les systèmes automatisés (d'après Muir, 1994).....</b>	<b>14</b>
<b>Tableau 2 : Degré de calibrage de la confiance selon les conditions expérimentales.....</b>	<b>34</b>
<b>Tableau 3 : Mode de fonctionnement du système d'aide en fonction du TIV .....</b>	<b>39</b>
<b>Tableau 4 : Caractérisation des compétences des différents systèmes d'aide .....</b>	<b>40</b>
<b>Tableau 5 : Liste des paramètres enregistrés .....</b>	<b>47</b>
<b>Tableau 6 : Coefficients de corrélation entre vitesse déclarées sur les différents types de route.....</b>	<b>57</b>
<b>Tableau 7 : Nombre de sujets ayant pu éviter une collision ou non. ....</b>	<b>79</b>
<b>Tableau 8 : Tests (Mann-Whitney) des différences sur indicateurs de conduite entre collision et non collision.....</b>	<b>80</b>
<b>Tableau 9 : Différentes probabilités obtenues par comparaisons non paramétriques .....</b>	<b>86</b>

## ANNEXES

<b>Annexe 1 : Questionnaire d'examen médical.....</b>	<b>118</b>
<b>Annexe 2 : Détail de l'infrastructure autoroutière.....</b>	<b>130</b>
<b>Annexe 3 : Détails de l'infrastructure sur nationale.....</b>	<b>131</b>
<b>Annexe 4 : Questionnaire d'anxiété/dépression (HAD).....</b>	<b>132</b>
<b>Annexe 5 : Questionnaire d'évaluation de la charge mentale (NASA-TLX).....</b>	<b>133</b>
<b>Annexe 6 : Définition des adjectifs du NASA – TLX.....</b>	<b>135</b>
<b>Annexe 7 : Questionnaire des 24h.....</b>	<b>136</b>
<b>Annexe 8 : Questionnaire d'évaluation subjectives.....</b>	<b>137</b>
<b>Annexe 9 : Questionnaire de recherche de sensation : « sensation seeking ».....</b>	<b>141</b>

## Annexe 1 : Questionnaire d'examen médical

**QUESTIONNAIRE MEDICAL****Date****NOM****Prénom****Age****Code sujet****INTERROGATOIRE****• Antécédents médicaux****Pathologies*****NEUROLOGIQUES :*****céphalées :****vertiges :****pertes de connaissance :****crises d'épilepsies :****mal des transports :****névralgies :****tremblements :****hallucinations :****fourmillements :****bourdonnements d'oreille :****diplopie :**

***CARDIAQUES :***

***RESPIRATOIRES :***

***ENDOCRINIENNES :***

***DIGESTIVES :***

***URINAIRES :***

***MOTRICITE :***





**Audition : Description des déficits**

**OD**

**OG**

**Vision : (Ergovision)**

**Description des atteintes**

**Vision corrigée**

**• Traitement actuel**

(précisez : la pathologie, le type de produit, le dosage, les heures de prise, la durée du traitement)

**Médicaments réguliers**

**matin :**

**midi :**

**soir :**

**Médicaments occasionnels : (précisez l'heure et le motif des prises)**

• Hygiène de vie
------------------

**Sommeil**

- durée : régulière : oui - non
- heure du coucher : régulière : oui - non
- heure du lever : régulière : oui - non
- endormissement : rapide - lent
  
- réveil nocturne : toujours - souvent - rarement
- causes :
  
- vous réveillez-vous : une fois par nuit - plusieurs fois ?
  
- vous réveillez-vous toujours à la même heure ? (précisez l'heure)
  
- capacité à vous réendormir : facilement – difficilement
  
- ronflements :
  
- avez-vous des difficultés à vous réveiller le matin ?
  
- êtes-vous satisfait de votre sommeil ?

**Quantité :**

pas satisfait

très satisfait

---

**Qualité :**

pas satisfait

très satisfait

---

**Habituellement vous diriez de votre sommeil nocturne qu'il est :**

pas du tout réparateur

très réparateur

---

**Lorsque votre sommeil n'est pas réparateur, précisez qu'elles sont, d'après vous, la (les) causes**

**- prise de somnifères et/ou d'anxiolytiques : régulier – occasionnel  
(précisez à quelles occasions, la fréquence, le type de médicament et la dose)**

**- sieste : fréquence et répartition dans la journée :**

**régulière : oui - non**

**durée :**

**régulière : oui - non**

**- Répartition repas et sommeil sur 24 heures**

**(sommeil : signe bleu ; repas : signe rouge)**

<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

### **Alimentation**

**- appétit : (donner quelques indications : repas cuisinés, complets, habitudes alimentaires, alimentation régulière, dégoûts éventuels...)**

**- Précisez le contenu du petit déjeuner**

**- Quel est le repas le plus important ?**

**- Trouble de la glycémie (précisez au sujet que c'est « le sucre »)**

**- Le sujet a-t-il des sensations de malaise vers 11h ?**

**- Digestion**

**- Régime alimentaire**

**- Consommation d'alcool : (précisez les doses, la répartition/semaine, nature des boissons)**

**- Consommation de café, thé, coca : (précisez la quantité et la répartition dans la journée)**

**Activités : (préciser le rythme/semaine)**

**- sport :**

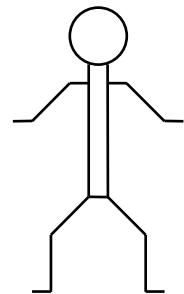
**- membre d'un club :**

**- activités sociales :**

**- activités artistiques :**

**- activités intellectuelles:**

**- autres :**

**EXAMEN MEDICAL****Poids :****Taille :****Tours de cou :****APPAREIL CIRCULATOIRE** (demande d'ECG si problème particulier)**Auscultation****Coeur :****Carotides :****Pouls : Fréquence :****Régularité :****Tension : Droite :****Gauche :****- Pouls périphériques :****0 = non perçu****1 = perception atténuée****2 = bien frappé****APPAREIL RESPIRATOIRE** - Auscultation :

## PALPATION ABDOMINALE

### SYSTEME NERVEUX ET LOCOMOTEUR

- Marche (description)

- Périmètre de sustentation : normal - augmenté

- Tonus musculaire - équilibre - coordination motrice :

Manœuvre bras tendus/yeux fermés : 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5

Manœuvre de Mingazzini (jambes pliées à l'équerre) : 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5

Pointe des pieds/talons :

Avant-bras flexion : 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5

extension : 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5

Inter-digitaux : 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5

Manœuvre de Romberg :

Manœuvre doigt/nez :

Hypertonie :

Spasticité :

Motricité du visage :

**Difficultés motrices autres :**

<b>- Réflexes</b>	<b>Droit</b>	<b>Gauche</b>
-------------------	--------------	---------------

**rotuliens :****achilléens :****bicipitaux :****tricipitaux :****babinski :**

**- Etat des pupilles : symétriques - asymétriques**  
**Cette asymétrie est-elle connue du sujet ?**

**- Sensibilité (précisez la localisation des déficits)**

**profonde (diapason) :**

<b>superficielle épicrotisque (frôlement)</b>	<b>Droite</b>	<b>Gauche</b>
---	---------------	---------------

**front :****joues :****bras :****avant-bras :****cuisses :****jambes :****discriminative (pique/touche)****front :****joues :****bras :****avant-bras :****cuisses :****jambes :****hypoesthésies :****anesthésies :**

<b>• Observations</b>
-----------------------

\* **Appréciation de l'état général du sujet : bon - moyen - médiocre**

\* **Rythme des visites médicales :**

\* **Médecin traitant : (précisez le nom, l'adresse et le numéro de téléphone)**

\* **Le sujet est-il d'accord que nous consultations son médecin traitant ?**

\* **Veillez noter d'autres informations données par le sujet**

\* **Vos observations**



\* **Estimez-vous que le sujet est apte à participer à l'expérimentation prévue ?**

**oui**

**non**

**sous réserve :**

Fait à : le

Nom et signature du médecin ayant effectué la visite médicale

**Investigateur principal de l'étude**

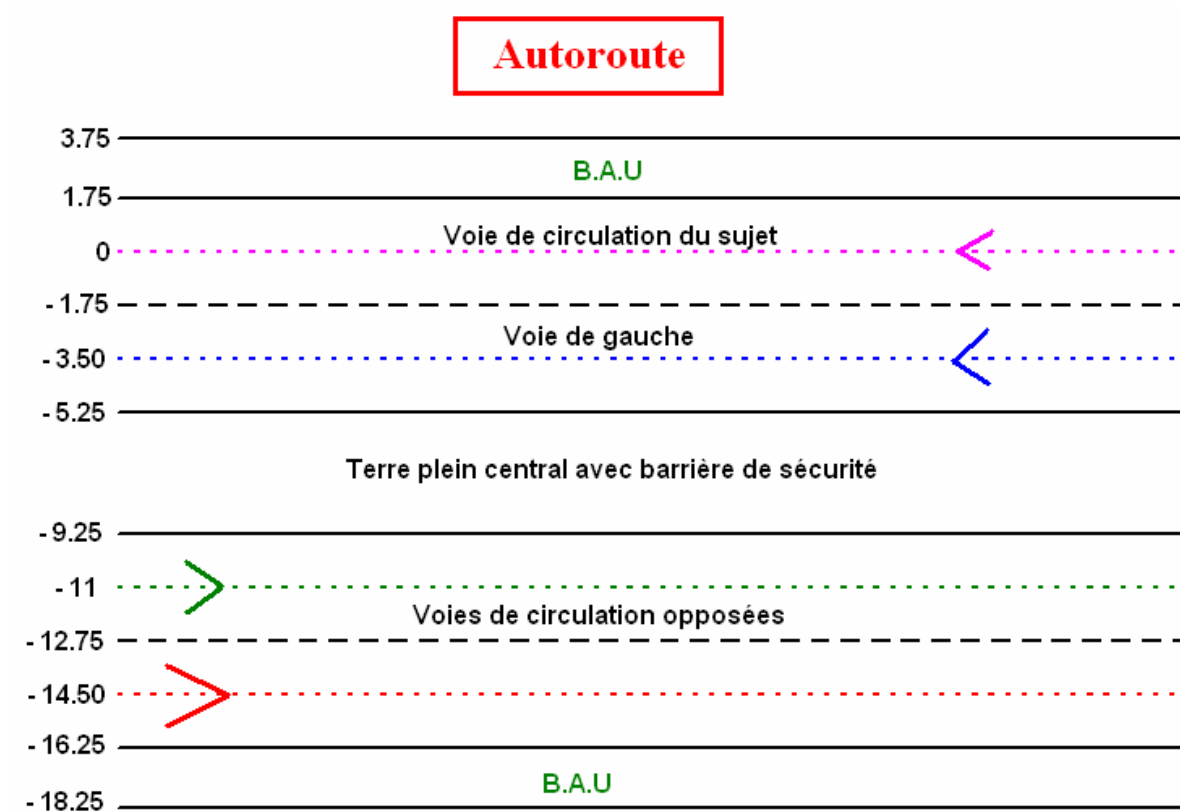
**Dr Hervé GUILLEMOT**  
**Directeur du LAB**

**Etudes ultérieures auxquelles le sujet a participé dans un délai de 6 mois depuis la date de cette visite médicale**

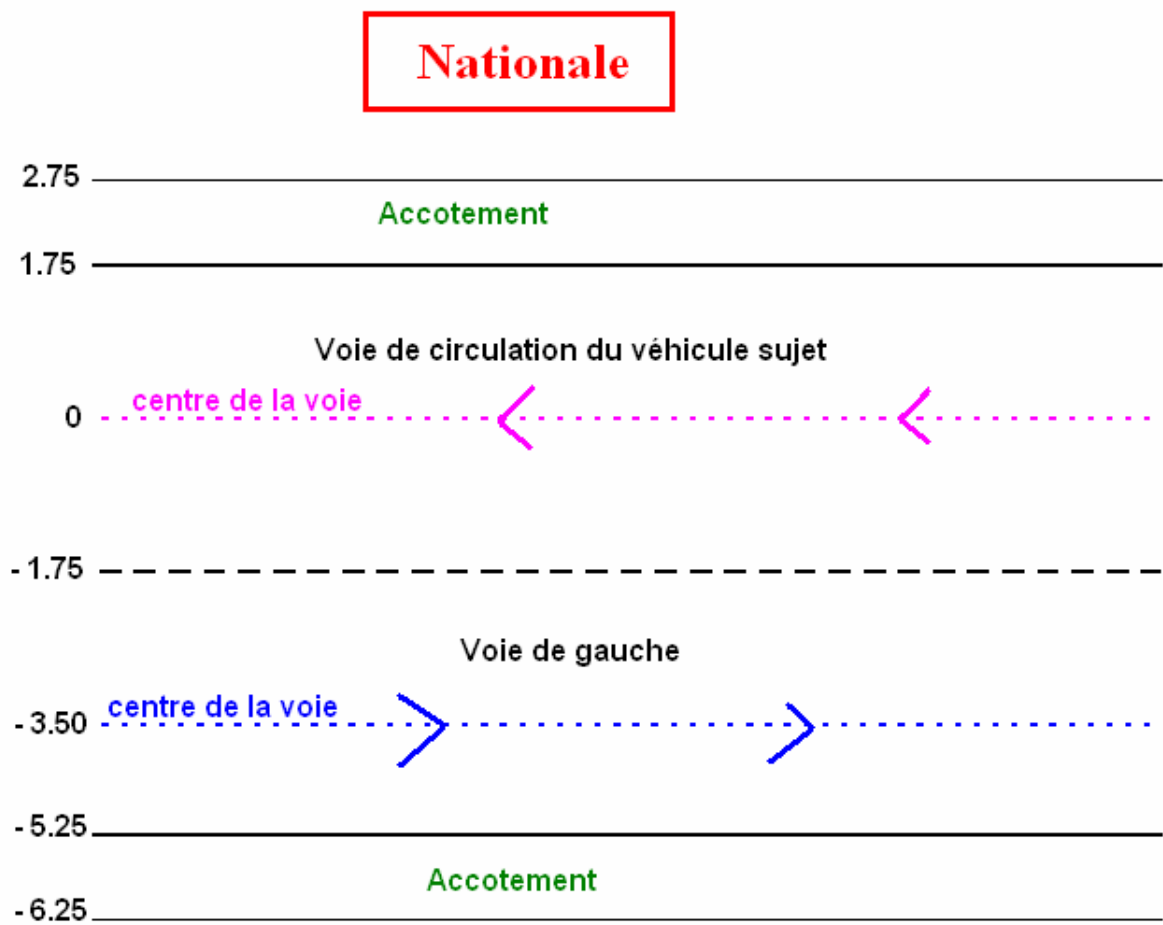
Date Nom de l'étude  
Modification(s) signalée(s) par le sujet de son état de santé

Date Nom de l'étude  
Modification(s) signalée(s) par le sujet de son état de santé

Annexe 2 : Détail de la chaussée lors de la circulation sur autoroute



Annexe 3 : Détails de la chaussée lors de la circulation sur nationale



**Annexe 4 : Questionnaire d'anxiété/dépression (HAD)**

Ce questionnaire nous permettra de mieux comprendre ce que vous éprouvez sur le plan émotif. Lisez chaque question soigneusement et mettez une croix devant la proposition qui correspond le mieux à ce que vous avez éprouvé au cours de la semaine qui vient de s'écouler. Ne vous attardez pas sur la réponse à faire : votre choix immédiat à chaque question fournira probablement une meilleure indication de ce que vous éprouvez qu'une réponse longuement méditée.

<b>Je me sens tendu(e) ou énervé(e) :</b>  La plupart du temps Souvent De temps en temps Jamais	<b>J'ai l'impression de fonctionner au ralenti :</b>  Presque toujours Très souvent Parfois Jamais
<b>Je prends plaisir aux mêmes choses qu'autrefois :</b>  Oui, très nettement Pas autant Un peu seulement Presque plus	<b>J'éprouve des sensations de peur et j'ai l'estomac noué :</b>  Jamais Parfois Assez souvent Très souvent
<b>J'ai une sensation de peur comme si quelque chose d'horrible allait m'arriver :</b>  Oui, très nettement Oui, mais ce n'est pas trop grave Un peu, mais ça ne m'inquiète pas Pas du tout	<b>Je ne m'intéresse plus à mon apparence :</b>  Plus du tout Je n'y accorde pas autant d'attention que j'y devrais Il se peut que je n'y fasse plus autant attention J'y prête autant d'attention que par le passé
<b>Je ris et vois le bon côté des choses :</b>  Autant que par le passé Plus autant qu'avant Vraiment moins qu'avant Plus du tout	<b>J'ai la bougeotte et n'arrive pas à tenir en place :</b>  Oui, c'est tout à fait le cas Un peu Pas tellement Pas du tout
<b>Je me fais du souci :</b>  Très souvent Assez souvent Occasionnellement Très occasionnellement	<b>Je me réjouis d'avance à l'idée de faire certaines choses :</b>  Autant qu'avant Un peu moins qu'avant Bien moins qu'avant Presque jamais
<b>Je suis de bonne humeur :</b>  Jamais Rarement Assez souvent La plupart du temps	<b>J'éprouve des sensations soudaines de panique :</b>  Vraiment très souvent Assez souvent Pas très souvent Jamais
<b>Je peux rester tranquillement assis(e) à ne rien faire et me sentir décontracté(e) :</b>  Oui, quoiqu'il arrive Oui, en général Rarement Jamais	<b>Je peux prendre plaisir à un bon livre ou à une bonne émission de télévision :</b>  Souvent Parfois Rarement Très rarement

## Annexe 5 : Questionnaire d'évaluation de la charge mentale (NASA-TLX)

## NASA TLX

■ *Veillez placer une marque sur chaque ligne à l'endroit qui **selon vous** convient le mieux pour exprimer ce que **vous** avez ressenti durant la conduite.*

**Exigence mentale**

Faible \_\_\_\_\_ Elevée

**Exigence physique**

Faible \_\_\_\_\_ Elevée

**Exigence temporelle**

Faible \_\_\_\_\_ Elevée

**Performance personnelle**

Déplorable \_\_\_\_\_ Excellente

**Frustration**

Faible \_\_\_\_\_ Elevée

**Effort**

Faible \_\_\_\_\_ Elevé

■ *Pour chaque paire d'adjectifs, sélectionnez celui des deux dont l'exigence était **pour vous** la plus forte durant la tâche que **vous** venez d'effectuer. Il n'y a pas de réponse juste ou fausse, seule votre impression nous intéresse*

	Exigence physique / Exigence mentale	
	Exigence temporelle / Exigence mentale	
	Performance / Exigence mentale	
	Frustration / Exigence mentale	
	Effort / Exigence mentale	
	Exigence temporelle / Exigence physique	
	Performance / Exigence physique	
	Frustration / Exigence physique	
	Effort / Exigence physique	
	Exigence temporelle / Performance	
	Exigence temporelle / Frustration	
	Exigence temporelle / Effort	
	Performance / Frustration	
	Performance / Effort	
	Effort / Frustration	

**Plus généralement, avez- vous des observations ?**

--

**Annexe 6 : Définition des adjectifs du NASA – TLX****Exigence mentale**

Concerne tout ce qui fait travailler la tête.

La question que l'on se pose est de savoir quel effort cette activité vous a coûté sur le plan mental c'est à dire la réflexion, le raisonnement, la prise de décision, l'attention, la mémoire, la perception visuelle, auditive...

Est-ce que sur le plan mental la tâche était pour vous plutôt facile, simple ou plutôt difficile et astreignante ?

**Exigence physique**

Concerne toutes les activités physiques que vous avez dû faire avec votre corps pour effectuer la tâche.

La question que l'on se pose est de savoir quel effort cette activité vous a coûté sur le plan physique, c'est à dire l'activité des mains, des pieds, la posture du corps, la sollicitation des muscles, des articulations, la vision, l'audition...

Est-ce que sur le plan physique la tâche était pour vous plutôt facile, demandant peu d'effort physique, peu fatigante ou plutôt difficile, demandant un gros effort physique, très fatigante ?

**Exigence temporelle**

Concerne la pression que vous avez ressentie par rapport au temps dont vous disposiez pour effectuer la tâche.

Est-ce que sur le plan temporel la tâche était pour vous plutôt d'un rythme lent et tranquille ou plutôt rapide et agité ?

**Performance personnelle**

On vous demande d'évaluer ce que vous pensez personnellement de votre performance dans cette tâche. Etes-vous plutôt satisfait de ce que vous avez réalisé ou plutôt mécontent ?

**Frustration**

On vous demande d'évaluer l'impact que cette tâche a eu sur vous.

Etiez-vous plutôt satisfait, content, intéressé, détendu ou plutôt découragé, irrité, ennuyé, stressé durant cette tâche ?

**Effort**

On vous demande d'évaluer l'effort global, physique et mental que cette tâche vous a demandé.

**Annexe 7 : Questionnaire des 24h**

Vous participez à une étude qui se déroule LE MATIN, nous avons besoin de savoir quelques informations concernant les dernières 24 heures que vous venez de passer. Merci de répondre le plus sincèrement possible.

**Heure du coucher :**

**Heure du lever :**

**\* Avez-vous eu des difficultés à vous endormir la nuit précédente ?**

Aucune    Légèrement    Sensiblement    Considérablement

**\* Vous êtes-vous réveillé la nuit précédente ?**

Non    1 fois    Plusieurs fois

**\* Estimez-vous avoir eu un sommeil suffisant en quantité ?**

Très satisfaisant    Satisfaisant    Moyennement satisfaisant    Médiocre

**\* Estimez-vous avoir eu un sommeil suffisant en qualité ?**

Très satisfaisant    Satisfaisant    Moyennement satisfaisant    Médiocre

**\* Comment vous sentez-vous ce matin ?**

Bien reposé    Sensiblement reposé    Fatigué    Très fatigué

**\* Avez-vous eu une activité habituelle hier ?**

Oui    Plus d'activité que d'habitude    Moins d'activité que d'habitude

**\* Est-ce que quelque chose vous préoccupe particulièrement actuellement ?**

**\* Qu'avez-vous mangé ce matin ?**

**\* Buvez-vous habituellement du café ?**

- combien/jour ?

- en avez-vous pris ce matin ?

**\* Quelle quantité d'alcool avez-vous pris depuis hier et quand ?**

**\* Avez-vous pris des médicaments ces derniers jours ? Si oui lesquels et quand ?**

**\* Avez-vous eu un ennui de santé depuis la séance de recrutement ?**



**Annexe 8 : Questionnaire d'évaluation subjectives**

Veillez répondre à toutes les questions ci-dessous en donnant un maximum de précisions. Cochez la ligne horizontale à l'endroit qui vous paraît le plus approprié pour traduire votre impression. Pour les autres questions, cochez la case qui correspond à vos avis.

**La situation de conduite, vous a-t-elle parue réaliste :**⊙ **De manière générale ?****- Sur autoroute**

Pas réaliste \_\_\_\_\_ Réaliste

**- Sur nationale**

Pas réaliste \_\_\_\_\_ Réaliste

Précisez :

⊙ **Au niveau des impressions physiques que vous avez pu ressentir ?****- Sur autoroute**

Pas réaliste \_\_\_\_\_ Réaliste

**- Sur nationale**

Pas réaliste \_\_\_\_\_ Réaliste

Précisez :

⊙ **Au niveau des éléments de l'environnement (motos / piétons / ponts, etc.) ?****- Sur autoroute**

Pas réaliste \_\_\_\_\_ Réaliste

**- Sur nationale**

Pas réaliste \_\_\_\_\_ Réaliste

Précisez :

⊙ **Au niveau des interactions que vous avez eu avec les autres usagers ?****- Sur autoroute**

Pas réaliste \_\_\_\_\_ Réaliste

**- Sur nationale**

Pas réaliste \_\_\_\_\_ Réaliste

Précisez :

⊙ **Conduire vous a-t-il semblé :****- Sur autoroute**

Monotone       Plutôt monotone       Plutôt active       Active

**- Sur nationale**

Monotone       Plutôt monotone       Plutôt active       Active

Précisez :

**Quelles sont les situations que vous avez trouvées difficiles à gérer ?**

- |   |                              |                              |
|---|------------------------------|------------------------------|
| - Maintenir la trajectoire                        | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| - Freiner   | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| - Estimer ma vitesse                              | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| - Anticiper les virages                           | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| - Anticiper les pentes                            | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| - Prendre les ronds points                        | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| - Suivre mon itinéraire                           | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| - Respecter la signalisation                      | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| - Anticiper les trajectoires des autres véhicules | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| - Autres  | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |

Précisez :**En ce qui concerne le « porte-monnaie » :**

- ⊙ **Est-ce que vous pensez avoir correctement répondu ?**

Pas du tout \_\_\_\_\_ Tout à fait

- ⊙ **Est-ce que vous considérez que faire cette tâche est dangereux pendant la conduite ? :**

Pas du tout \_\_\_\_\_ Tout à fait

- ⊙ **Dans quelles situations cette tâche vous a-t-elle gêné pendant que vous conduisiez ?**

-----  
 -----  
 -----

**Concernant le SID (système d'appréciation des inter-distances) :**

- ⊙ **Vous diriez qu'il est :**

Pas utile \_\_\_\_\_ Utile

Précisez :

- ⊙ **Qu'il a été à l'origine d'un changement de votre manière de conduire ?**

Pas du tout \_\_\_\_\_ Tout à fait

Précisez :

- ⊙ **Est-ce que son fonctionnement vous a paru réaliste ?**

Pas du tout \_\_\_\_\_ Tout à fait

Précisez :

- ⊙ **Pensez-vous qu'il vous a aidé dans votre conduite ?**

Pas du tout \_\_\_\_\_ Tout à fait

Précisez :

⊙ **Pensez-vous qu'il vous a permis de mieux conduire?**

Pas du tout \_\_\_\_\_ Tout à fait

Précisez :

⊙ **Avec ce système, la conduite, vous a semblé :**

Monotone     Plutôt monotone     Plutôt active     Active

Précisez :

**Comment avez-vous apprécié l'ambiance sonore ?**

Bruit du moteur

Pas réaliste \_\_\_\_\_ Réaliste  
 Désagréable \_\_\_\_\_ Pas  
 désagréable

Bruit du roulement de la voiture

Pas réaliste \_\_\_\_\_ Réaliste  
 Désagréable \_\_\_\_\_ Pas  
 désagréable

Bruit d'ambiance

Pas réaliste \_\_\_\_\_ Réaliste  
 Désagréable \_\_\_\_\_ Pas  
 désagréable

Précisez :

**En ce qui concerne la température**

⊙ **Durant la conduite, vous avez eu :**

- Extrêmement chaud
- Très chaud
- Chaud
- Légèrement chaud
- Ni chaud ni froid
- Légèrement froid
- Froid
- Très froid
- Extrêmement froid

⊙ **Cette sensation était pour vous :**

Désagréable \_\_\_\_\_ Pas désagréable

**☉ Auriez-vous aimé avoir :**

- Beaucoup plus chaud
- Plus chaud
- Un peu plus chaud
- Ni plus chaud ni plus froid
- Légèrement plus froid
- Plus froid
- Beaucoup plus froid

**Avez-vous ressenti un malaise de type « mal des transports » ou autre durant la conduite ?**

**(Notez toutes les impressions physiques inhabituelles que vous avez ressenties) :**

- Oui       Non      Dans quels cas ? (apportez toutes les précisions pouvant nous permettre de comprendre le phénomène) :

**Merci de nous faire part de vos remarques générales concernant cette expérience. Il y a eu des moments agréables, d'autres désagréables....Avez-vous des suggestions ?**

**Annexe 9 : Questionnaire de recherche de sensation : « sensation seeking »**

Ceci est une échelle exprimant divers goûts et envies. Pour chaque item, il vous est demandé de choisir **soit A, soit B** selon vos préférences ou vos sentiments.

Dans certains cas, les deux propositions correspondent à vos goûts ; dans ce cas, choisissez celle que vous préférez. Il se peut qu'aucune des deux propositions ne vous satisfassent ; choisissez alors celle qui vous déplaît le moins.

**Il est très important que vous répondiez à tous les items**, même si le choix entre A et B paraît parfois difficile.

1. A Je rêve souvent que je pourrais être un alpiniste  
B Je ne comprends pas les gens qui risquent leur vie à escalader les montagnes
2. A Je trouve cela plus stimulant que les gens ne soient pas d'accord avec moi  
B Je n'aime pas avoir à argumenter avec des gens qui ont des opinions nettement divergentes des miennes. De telles discussions ne mènent à rien
3. A Je cherche à avoir une bonne nuit de récupération après une longue journée  
B Je souhaiterais n'avoir pas besoin de gaspiller autant de temps à dormir
4. A Je prends les plats que je connais bien de façon à n'être ni déçu, ni mécontent  
B J'aime essayer de nouveaux plats
5. A Je ne supporte pas de voir un film une seconde fois  
B Il y a certains films que je prends plaisir à regarder deux ou trois fois
6. A J'ai déjà essayé de fumer de l'herbe, ou du moins j'aimerais bien  
B Je ne fumerai jamais de l'herbe
7. A J'aime bien passer du temps dans l'environnement familial de la maison  
B Cela m'énerve rapidement dès que je dois rester chez moi
8. A L'essence d'une belle œuvre réside dans sa pureté, sa symétrie de forme et son harmonie des couleurs  
B J'aime le style nouveau de la peinture moderne
9. A Boire beaucoup gâche habituellement les fêtes parce que certaines personnes deviennent bruyantes et violentes  
B La boisson à volonté est la clef de réussite d'une fête
10. A J'aimerais essayer le surf  
B Je n'aimerais pas essayer le surf
11. A J'aimerais rencontrer des gens qui sont homosexuels (homme ou femme)  
B Je garde mes distances vis à vis de toute personne que je trouve ambiguë
12. A J'aime bien sortir avec quelqu'un d'attrayant physiquement  
B J'aime bien sortir avec quelqu'un qui partage mes valeurs
13. A Je n'aimerais essayer aucune drogue qui puisse produire des effets bizarres et dangereux sur moi  
B J'aimerais bien essayer une drogue qui produit des hallucinations
14. A Les gens devraient s'habiller avec un certain bon goût, une apparence et un style soignés  
B Les gens devraient s'habiller de façon personnalisée même si les résultats peuvent être surprenants
15. A Une personne sensée évite les activités dangereuses  
B J'aime bien faire parfois des activités quelque peu dangereuses
16. A J'aimerais faire du saut en parachute  
B Je ne voudrais jamais sauter en parachute

17. A Je préfère avoir pour amis des gens qui ont les pieds bien sur terre  
B J'aimerais me faire des amis dans des groupes « d'avant-garde », par exemple des artistes
18. A Presque tout ce qui est agréable est illégal ou immoral  
B La plupart des choses agréables sont parfaitement légales et morales
19. A J'aime explorer une ville étrangère par mes propres moyens même si je dois me perdre  
B Je préfère prendre un guide quand je suis dans un endroit que je ne connais pas
20. A On devrait avoir beaucoup d'expériences sexuelles avant le mariage  
B C'est mieux si deux jeunes mariés commencent ensemble leur expérience sexuelle
21. A Skier très vite est une bonne façon de finir avec un plâtre  
B Je pense que j'apprécierais la sensation de skier très vite
22. A Les stimulants m'indisposent  
B Souvent j'aime me stimuler en buvant de l'alcool ou en fumant de l'herbe
23. A Je préfère écouter des nouveaux genres de musique  
B Je préfère la musique classique et le jazz
24. A Je ne prends pas de plaisir à des discussions dans lesquelles les gens s'échauffent tant qu'ils finissent par s'insulter  
B Je prends du plaisir à une discussion intellectuelle bien échauffée même si les gens deviennent quelquefois excédés
25. A J'aime bien parfois faire des choses incongrues juste pour en voir l'effet sur les autres  
B Je me comporte toujours normalement ; choquer ou troubler les autres ne m'intéresse pas
26. A Je préfère les gens calmes et tempérés  
B Je préfère les gens qui expriment leurs émotions même s'ils sont un peu instables
27. A J'aimerais bien pratiquer le ski nautique  
B Je n'aimerais pas faire du ski nautique
28. A Je préfère des amis tout à fait imprévisibles  
B Je préfère des amis sûrs et prévisibles
29. A J'aime plonger d'une grande hauteur  
B Je n'aime pas l'impression que j'ai sur un haut plongeur (ou je ne m'en approche même pas du tout)
30. A Je n'aimerais pas apprendre à piloter un avion  
B J'aimerais apprendre à piloter un avion
31. A Cela m'ennuie de voir toujours les mêmes têtes  
B J'aime le sentiment paisible que donnent les visages familiers
32. A J'aimerais partir en voyage sans avoir planifié ni la route ni l'emploi du temps  
B Quand je pars en voyage, j'aime bien préparer la route et l'emploi du temps comme il faut
33. A Il y a beaucoup trop de sexe au cinéma  
B J'aime regarder certaines scènes érotiques au cinéma
34. A Je n'aime pas la sensation d'être dans les airs  
B Je prends du plaisir dans les parcs d'attraction (montagnes russes, loopings...)
35. A Je ne m'intéresse pas aux expériences pour elles-mêmes  
B J'aime avoir des expériences nouvelles et excitantes même si elles font un peu peur et sont non conventionnelles ou illégales
36. A Je me sens mieux après un bon verre  
B Il y a quelque chose qui ne tourne pas rond chez les gens qui ont besoin d'alcool pour se sentir bien

- 
37. A Je n'aime pas les gens qui agissent afin de choquer les autres  
B Si l'on peut prédire toutes les paroles et tous les actes d'une personne, c'est qu'elle doit être ennuyeuse
38. A J'aime bien regarder chez moi ou des amis des films ou diapositives de voyage  
B Regarder des films ou des diapositives de voyage chez quelqu'un m'ennuie énormément.
39. A Je voudrais faire de la plongée sous-marine  
B Je préfère la surface de l'eau à ses profondeurs
40. A J'aime les fêtes « sauvages » et désinhibées  
B Je préfère les fêtes tranquilles où l'on discute bien







ministère  
jeunesse  
éducation  
recherche



ministère délégué  
recherche et nouvelles  
technologies



PSA PEUGEOT CITROËN



RENAULT



PREDIT

# A.D.A.A.C.

## Attitudes et dynamique de la confiance dans les alertes et les assistances à la conduite

Michèle MOESSINGER, Mohamed KASSAAGI, Olivier CHANTON, Patricia DELHOMME, Thierry MEYER, Julie ROGUET, Claude VALOT, Mathilde WILCZYK, Jean Marc BERSAC, Lionel BOULOMMIER

### La recherche : cadre théorique

L'introduction d'automatismes sous forme de systèmes d'aides et/ou d'informations dans le domaine de la conduite automobile pose le problème fondamental de leur utilisation par une population non spécifiquement formée à leur utilisation. Des travaux effectués en Recherche et Développement amènent à craindre un détournement de l'usage de ces systèmes qui pourraient entraîner l'émergence de comportements routiers inadaptés. Cette constatation entraîne une réticence à l'extension de ces outils alors même que ces nouvelles technologies seraient propices à améliorer les conditions de sécurité.

L'une des questions fondamentales dans ce champ d'interaction homme/machine reste la question de la confiance. Il est classique de mesurer la confiance dans un système d'aide dans le cadre d'une tâche de conduite sur route ou sur simulateur. L'absence de confiance de l'opérateur peut, au mieux, annuler l'effet positif de l'aide, mais elle peut aussi entraîner des comportements de méfiance pouvant finalement augmenter la charge de travail de l'opérateur. A l'inverse, une confiance trop importante peut amener l'opérateur à surestimer les compétences de la machine et de ce fait rendre son activité comportementale habituelle moins efficace. Toutefois la confiance s'avère un construit complexe dont les bases théoriques sont rarement explicitées.

Caractérisée implicitement comme une expérience subjective, elle est le plus souvent mesurée sous forme d'une seule question directe. Dans le cadre de la présente recherche, la confiance est approchée comme une expérience métacognitive susceptible de guider le comportement. Deux dimensions sont distinguées. La première est la capacité perçue à mettre en œuvre efficacement le simulateur et le système d'aide (ou auto-efficacité). La seconde est l'évaluation de l'efficacité intrinsèque du simulateur et du système d'aide. Les déterminants de la confiance seront explorés aussi bien sous l'angle des différences entre conducteurs que des caractéristiques de la situation de conduite ou de la fiabilité des aides.

### Objectif

Montrer, en conduite automobile simulée, l'évolution de la confiance dans un système d'aide à la régulation des distances séparant le conducteur d'objets mobiles ou immobiles rencontrés sur sa voie.

### Hypothèse

Nous soutenons l'hypothèse que les phénomènes de confiance varient selon la performance du système proposé, allant de la perte de confiance à des phénomènes de sur confiance.

### Sujets

Recrutement par affichage voie publique  
96 hommes entre 25 et 50 ans  
Permis de conduire ≥ 10 ans  
Kilométrage annuel ≥ 12 000 kms  
Indemnes de toute pathologie  
Pas de conducteurs professionnels  
→ 4 groupes  
1 groupe par système d'aide + témoins

### Le S.I.D.

Système d'aide à la régulation des distances, décliné en trois versions présentant des niveaux différents de performances :

- Le système dit « Plus Que Parfait » (PQP) détecte tout ce qu'il **faudrait** détecter ;
- Le système dit « Normal (limité) » détecte tout ce qu'il **peut** détecter ;
- Le système dit « Dégradé » des choses qu'il **ne faudrait pas** détecter et **ne détecte pas tout** ce qu'il pourrait détecter.

### Protocole

**Recrutement**

- \* Essai simulateur
- \* Apprentissage et mesure en statique des performances à la tâche secondaire (tâche du « Porte-monnaie »)
- \* Visite médicale
- \* Questionnaires de caractérisation du sujet (DBQ, Typologie du conducteur, Estime de soi, Confiance en soi, Anxiété-Dépression (HAD), ...)

**Phase expérimentale**

- \* Questionnaires (HAD, 24 h, évaluation des états de motivation, d'émotion, de fatigue et de somnolence)
- \* Informations sur le SID hors simulateur
- \* Mesures de confiance
- \* Découverte des performances du SID en simulation (40 min.)
- \* Mesures de confiance
- \* Phase dite d'injection : interaction sujet/environnement/SID (40 min.)
- \* Mesure de la confiance
- \* Contrôle du niveau d'intégration de la performance du SID
- \* Phase dite de test : mise en situation d'interaction sujet/environnement/SID avec ajout de la tâche « porte monnaie »

Chaque phase de conduite se fait sur un parcours équivalent, mais chaque fois différent

### Tâche "porte-monnaie"

Tâche informatisée, à déclenchement automatique dans certaines parties du circuit. Le sujet doit composer la somme indiquée sur le cadran supérieur à l'aide des pièces apparaissant dans les trois carrés inférieurs et de valider sa réponse par un appui sur la touche Euros. L'objectif est d'obliger le sujet à détourner son regard de la route pour effectuer cette tâche. Nous supposons que les performances varieront selon la performance du SID



### Mesures

Position latérale, vitesse moyenne, accélérations longi et transvers, angle volant, action frein, distance intervéhicule  
Temps de réaction au SID  
Performance à la tâche secondaire  
Exploitation des questionnaires et de la vidéo

### Circuit avec scénarii





LAB  
ACCIDENTOLOGIE, BIOMÉCANIQUE,  
COMPORTEMENTS HUMAINS



UPX



INRETS



eesar  
CENTRE DE RECHERCHES  
DÉVELOPPEMENT  
DÉTAILLÉ DES SÉCURITÉS  
ET DYNAMIQUES HUMAINES

