



UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

ESSAI DE 3<sup>E</sup> CYCLE PRÉSENTÉ À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE

PAR  
STÉPHANE BERGERON

ÉVALUATION DES FONCTIONS COGNITIVES IMPLIQUÉES DANS LA CONDUITE  
AUTOMOBILE CHEZ DES PATIENTS ATTEINTS D'ATAXIE RÉCESSIVE SPASTIQUE  
DE CHARLEVOIX-SAGUENAY (ARSCS) : DIFFÉRENCES CONDUCTEURS ET NON-  
CONDUCTEURS

OCTOBRE 2024

## Résumé

La conduite sécuritaire d'un véhicule routier est une activité complexe et omniprésente dans nos sociétés actuelles. Elle contribue au maintien de l'autonomie et de la qualité de vie des individus. Néanmoins, plusieurs conditions peuvent compromettre ce privilège dès lors que les capacités à manipuler sécuritairement le véhicule sont affectées, telles que le vieillissement normal ou pathologique ou encore un événement traumatique. De telles conditions influencent effectivement plusieurs fonctions essentielles à la conduite automobile, notamment les aptitudes motrices, sensorielles, perceptuelles, ou les fonctions cognitives. En effet, les fonctions visuospatiales, la vitesse de traitement de l'information, les fonctions attentionnelles et exécutives exercent un rôle déterminant sur les performances de conduite automobile.

Parmi les populations ayant des atteintes qui viennent affecter leurs capacités à maintenir les habitudes de vie liées à la conduite automobile, on retrouve les personnes atteintes d'ataxie récessive spastique de Charlevoix-Saguenay (ARSCS) présentant des symptômes moteurs tels que l'incoordination des mouvements volontaires (ataxie) et la raideur excessive des muscles au repos (spasticité). Ces personnes sont à même de présenter également des atteintes cognitives au niveau de la vitesse de traitement de l'information ainsi que des fonctions visuospatiales et exécutives. Or, une incertitude persiste sur le lien qui peut exister entre les atteintes cognitives et la capacité de conduite automobile des personnes atteintes d'ARSCS.

L'objectif de cette étude est donc de présenter le profil cognitif des personnes atteintes d'ARSCS qui conduisent un véhicule et de le comparer au profil cognitif de celles qui ne

conduisent pas. Basés sur la banque de données de Bouchard et Gagnon (2017), deux groupes de participants atteints d'ARSCS ont été formés en fonction de leur statut de conducteur. Des comparaisons de moyenne ont été effectuées sur leurs performances obtenues à divers tests neuropsychologiques réputés estimer les fonctions cognitives qui apparaissent associées à la conduite automobile chez diverses populations cliniques.

Les résultats ont démontré que les conducteurs obtiennent de meilleurs résultats que les non-conducteurs au niveau de la vitesse de traitement de l'information, l'attention soutenue et les capacités d'inhibition, de flexibilité cognitive et de planification. Les fonctions visuospatiales et visuoconstructives ainsi que l'attention sélective apparaissent également meilleures chez les conducteurs que chez les non-conducteurs, mais l'implication de la coordination motrice dans les instruments mesurant ces fonctions complexifie l'interprétation de ces résultats.

Certains instruments d'évaluation neuropsychologique se sont avérés efficaces pour discriminer les personnes atteintes d'ARSCS en fonction de leur statut de conducteur, soit la condition de copie de la FCR, le test *Digit Symbol* du WAIS-R-NI, le TMT et le CWIT de la batterie D-KEFS, le CPT-II et le sous-test *Zoo Map* de la batterie BADS.

Les résultats obtenus sont un premier pas afin de mieux comprendre les mécanismes cognitifs sous-jacents à la conduite automobile chez les patients atteints d'ARSCS et ainsi mieux orienter le processus d'évaluation en plus des traitements thérapeutiques offerts auprès de cette clientèle spécifique en ce qui concerne la conduite d'un véhicule de promenade.

## Table des matières

Résumé.....	i
Liste des tableaux.....	vii
Liste des abréviations, symboles ou sigles.....	viii
Contexte théorique.....	9
Conduite automobile.....	10
Processus cognitifs impliqués dans la conduite automobile.....	10
Fonctions visuospatiales.....	12
Attention.....	16
Vitesse de traitement de l'information.....	20
Fonctions exécutives.....	22
Mémoire et capacités langagières.....	25
Batteries d'évaluation neuropsychologique des capacités de conduite automobile	26
Clientèle à risque.....	28
Ataxie récessive spastique de Charlevoix-Saguenay (ARSCS).....	29
Aspects génétiques et pathogenèse.....	31
Progression et évolution de la maladie.....	32
Fonctions cognitives atteintes avec l'ARSCS.....	34
La conduite automobile en ARSCS.....	37

Objectifs et hypothèses .....	38
Méthodologie .....	40
Participants .....	41
Instruments de mesure et variables .....	43
Mémoire Spatiale du <i>Wechsler Memory Scale</i> – 3 <sup>e</sup> édition (WMS-III) .....	44
Blocs du <i>Wechsler Adult Intelligence Scale</i> – 4 <sup>e</sup> éd. (WAIS-IV) .....	45
<i>Color-Word Interference Test</i> (CWIT) du <i>Delis-Kaplan Executive Function System</i> (D-KEFS) .....	47
<i>Conners' Continuous Performance Test</i> – 2 <sup>e</sup> éd. (CPT-II) .....	48
<i>Digit Symbol</i> du <i>Wechsler Adult Intelligence Scale – Revised as a</i> <i>Neuropsychological Instrument</i> (WAIS-R NI) .....	50
Figure complexe de Rey-Osterrieth (FCR) .....	51
<i>Hooper Visual Organization Test</i> (HVOT) .....	53
<i>Trail Making Test</i> (TMT) du <i>Delis-Kaplan Executive Function System</i> (D-KEFS) .....	54
<i>Zoo Map</i> du <i>Behavioural Assessment of Dysexecutive Syndrome</i> (BADS) .....	55
Devis de recherche et analyses statistiques .....	56
Réduction des données et classification clinique .....	58
Résultats .....	60
Description des groupes de participants .....	61

Résultats par fonctions cognitives.....	63
Fonctions visuospatiales et visuoconstructives.....	63
Vitesse de traitement de l'information.....	65
Fonctions attentionnelles.....	67
Fonctions exécutives.....	71
Inhibition.....	71
Flexibilité cognitive.....	74
Planification.....	76
Discussion.....	78
Retour sur l'objectif et l'hypothèse.....	79
Équivalence des groupes de participants.....	80
Analyse et discussion des résultats obtenus.....	83
Fonctions visuospatiales et visuoconstructives.....	84
Vitesse de traitement de l'information.....	86
Fonctions attentionnelles.....	89
Inhibition.....	93
Flexibilité cognitive.....	96
Planification.....	98
Synthèse interprétative des données obtenues et présentées.....	99

Retombées de la recherche.....	103
Forces, limites et perspectives futures .....	104
Conclusion .....	110
Références.....	114
Appendice A.....	136

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Instruments de mesure utilisés selon les variables à l'étude .....	44
<b>Tableau 2.</b> Balises d'interprétation de la taille d'effet statistique selon Cohen (1988) ..	58
<b>Tableau 3.</b> Barèmes de classification descriptive des diverses distributions de scores ..	59
<b>Tableau 4.</b> Caractéristiques sociodémographiques des participants .....	63
<b>Tableau 5.</b> Analyse de la variance des variables mesurant les fonctions visuospatiales entre les groupes selon le statut de conducteur .....	65
<b>Tableau 6.</b> Analyse de la variance des variables mesurant la vitesse de traitement de l'information entre les groupes selon leur statut de conducteur .....	67
<b>Tableau 7.</b> Analyse de la variance des variables mesurant les fonctions attentionnelles entre les groupes selon leur statut de conducteur .....	71
<b>Tableau 8.</b> Analyse de la variance des variables mesurant l'inhibition ou l'impulsivité entre les groupes selon leur statut de conducteur .....	73
<b>Tableau 9.</b> Analyse de la variance des variables mesurant la flexibilité cognitive entre les groupes selon leur statut de conducteur .....	76
<b>Tableau 10.</b> Analyse de la variance des variables mesurant la planification entre les groupes selon leur statut de conducteur .....	77

### Liste des abréviations, symboles ou sigles

ARSCS	Ataxie récessive spastique de Charlevoix-Saguenay
AVC	Accident vasculaire cérébral
BADS	<i>Behavioral assessment of the dysexecutive syndrome</i>
CIUSSS-SLSJ	Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Saguenay–Lac-Saint-Jean
CMNM	Clinique des maladies neuromusculaires
CPT-II	<i>Conners' Continuous Performance Test – 2<sup>e</sup> éd.</i>
CWIT	<i>Color-Word Interference Test</i>
D-KEFS	<i>Delis-Kaplan Executive Function System</i>
FCR	Figure complexe de Rey-Osterrieth
HVOT	<i>Hooper visual organization test</i>
SLSJ	Saguenay–Lac-Saint-Jean
TCC	Traumatisme craniocérébral
TNC	Trouble neurocognitif
TMT	<i>Trail Making Test</i>
UFOV	<i>Useful Field of View</i>
WAIS-IV	<i>Wechsler Adult Intelligence Scale – 4<sup>e</sup> éd.</i>
WAIS-R-NI	<i>Wechsler Adult Intelligence Scale – Revised as a Neuropsychological Instrument</i>
WMS-III	<i>Wechsler Memory Scale – 3<sup>e</sup> éd.</i>

## **Contexte théorique**

Dans la section suivante sera présenté un résumé des avancées actuelles de la science en matière d'évaluation des fonctions cognitives en lien avec la capacité de conduire un véhicule de promenade. Par la suite, l'ataxie récessive spastique de Charlevoix-Saguenay (ARSCS) sera décrite, notamment en lien avec les récentes études évaluant le potentiel cognitif de personnes atteintes de cette maladie. Finalement, l'objectif et les hypothèses de cette recherche suivront.

## **Conduite automobile**

### **Processus cognitifs impliqués dans la conduite automobile**

Selon McKenna (1998), l'implication du système nerveux dans l'accomplissement d'une tâche telle que la conduite automobile peut être vue sous deux angles majeurs soit, premièrement, la manipulation du véhicule a proprement dit et, deuxièmement, ce qu'il nomme le « sens de la route » et le jugement des situations de trafic. Le premier requiert le système moteur ainsi que l'implication du système visuel complet, ce qui nécessite donc toutes les zones des systèmes de perception et de traitement visuels en plus des zones associatives (pour les praxies). Quant à lui, le deuxième angle majeur regroupe, entre autres, la capacité de la personne à juger les distances et la vitesse, la reconnaissance des diverses signalisations routières, la reconnaissance de sa position dans l'espace, la capacité d'induire des intentions chez les autres usagers de la route ou celle de planifier

un itinéraire complet en le décomposant en plusieurs étapes tout en s'adaptant rapidement aux différents imprévus qui se présentent sur la voie. Ce deuxième angle, que McKenna décrit comme le « sens de la route », implique ainsi des systèmes cognitifs beaucoup plus complexes.

Jusqu'à maintenant, le standard clinique dans l'évaluation de la capacité de conduire chez la population générale est l'évaluation sur un parcours routier standardisé. Cette méthode comporte cependant certaines failles (Mazer et al., 1998; McKenna, 1998; McKenna & Bell, 2007). Conséquemment, selon McKenna (1998), pour répondre aux problématiques inhérentes à l'évaluation de la conduite automobile sur un parcours routier, mais également en raison de la population vieillissante et de l'avancée des techniques d'évaluation des fonctions cognitives, la quête d'une compréhension globale des mécanismes cognitifs sous-jacents à la conduite d'un véhicule de promenade est d'une grande importance. De plus, selon Mazer et al. (1998), l'utilisation d'outils d'évaluation des fonctions perceptuelles et cognitives doit être intégrée dans l'évaluation globale de l'aptitude à conduire d'un individu, et ce, notamment dans un contexte de réadaptation.

Tel que présenté dans les sections qui suivent, de nombreuses études ont été menées afin d'évaluer la valeur prédictive des différentes mesures neuropsychologiques pour déterminer l'habileté d'une personne à conduire, que ce soit sur route ou sur simulateur. Tel que présenté par Reger et al. (2004) dans leur méta-analyse portant chez des conducteurs avec un diagnostic de démence, le postulat de base est qu'un déclin général des fonctions cognitives est associé à un déclin graduel des capacités de conduite automobile. Plus précisément, selon les conclusions de la revue de littérature sommaire

de Wolfe et Lehouckey (2016), la perception visuelle, les habiletés visuospatiales, les capacités attentionnelles et la vitesse de traitement de l'information, en plus des fonctions exécutives, seraient toutes impliquées, à différents niveaux, lors de la conduite automobile d'une personne. Ceci étant dit, plusieurs résultats de recherche sont inconsistants ou se contredisent concernant la valeur prédictive de certaines fonctions cognitives en regard de la conduite automobile (British Psychological Society [BPS], 2001). C'est le cas, entre autres, pour la mémoire (Brooke et al., 1992; Mathias & Lucas, 2009) ou encore la compréhension verbale et le langage (Golper et al., 1980). Quoi qu'il en soit, il importe de s'attarder à la définition de chacune de ces fonctions cognitives de façon détaillée pour comprendre leur implication dans le processus de conduite automobile.

*Fonctions visuospatiales.* La tâche de conduite d'un véhicule routier requiert principalement la perception et le traitement d'informations visuelles, ce qui fait en sorte que la vision est fondamentale pour conduire sécuritairement (Sivak, 1996). Selon le code de la sécurité routière du Gouvernement du Québec (2023), la conduite d'un véhicule de promenade requiert, entre autres, une acuité visuelle minimale de 6/15 sur l'échelle de Snellen (Snellen, 1875) et un champ visuel horizontal continu supérieur à 100° sur un périmètre de type Goldman, en plus de la capacité à distinguer les différents feux de circulation. En effet, la réduction de l'acuité visuelle (Owens et al., 2007) et la perte partielle ou totale du champ visuel (Wood et al., 2009) sont corrélées avec une hausse du risque d'implication dans une collision de la route chez les personnes âgées. Notons également qu'il s'agit là de composantes sensibles, d'une part, au vieillissement normal

et/ou pathologique et, d'autre part, au dysfonctionnement neurologique (Salthouse, 2004; Verhaeghen et al., 2003).

Cependant, la détermination de l'aptitude à conduire d'un individu ne doit pas se limiter à ces simples variables de la perception visuelle mais elle doit aussi s'intégrer dans un cadre d'évaluation cognitive plus large et viser la détermination de l'intégrité des fonctions visuospatiales (Anstey et al., 2012). Les fonctions visuospatiales réfèrent aux « habiletés cognitives non-verbales qui impliquent la manipulation de stimuli perceptifs et les images mentales afin de permettre aux individus d'agir sur l'environnement » (Grossi & Trojano, 2001). En d'autres termes, elles se rapportent à la façon qu'a la personne de percevoir, manipuler et stocker les informations visuelles (Lezak & McCormick, 2005). Ce faisant, les fonctions visuospatiales sont nettement sollicitées lors de la conduite automobile (Johansson & Lundberg, 1997; Meyers et al., 1999; Mitchell et al., 1995). Anstey et al. (2012) soutiennent que le déclin naturel de la mémoire de travail en modalité visuospatiale lors du vieillissement est associé à une diminution de la capacité de conduire de façon sécuritaire. Dans le même ordre d'idées, Devos et ses collaborateurs (2014) rapportent, dans leur étude portant sur des patients atteints de la maladie d'Huntington, que les atteintes des fonctions visuospatiales sont les plus indicatrices des échecs lors de l'évaluation de la conduite automobile sur route. Chez une population atteinte du VIH, il s'agit également de l'une des fonctions cognitives les plus corrélées avec la capacité de conduite automobile du sujet, et ce, qu'il s'agisse d'une évaluation sur route ou sur simulateur (Gorman et al., 2009). Enfin, selon la revue de littérature de Withaar et al. (2000) portant sur des conducteurs âgés avec des déficits cognitifs, les

instruments de mesure évaluant le balayage visuel et la perception visuelle seraient parmi les plus robustes en termes de prédiction de collisions de la route ou de difficultés quant au maintien de la position du véhicule sur la route.

Selon la méta-analyse réalisée par Reger et al. (2004), les instruments évaluant les capacités visuospatiales seraient celles qui permettraient d'identifier le mieux les conducteurs à risques d'accidents de la route. Pour mesurer les fonctions visuospatiales, plusieurs outils sont utilisés par les neuropsychologues, mais une composante motrice est souvent impliquée et il est donc souvent plus question de fonctions visuomotrices. Parmi ces outils, certains ont fait l'objet d'évaluation de l'efficacité à prédire les comportements de conduite automobile tels que le sous-test « Blocs » de l'échelle de mesure du fonctionnement intellectuel de Wechsler (Wechsler, 2008), le test de l'horloge (Tuokko et al., 1995), la figure complexe de Rey-Osterrieth (FCR) (Meyers & Meyers, 1996; Osterrieth, 1944; Rey, 1941), le test de jugement d'orientation de lignes de Benton (Benton et al., 1983), le test d'organisation visuelle de Hooper (*Hooper Visual Organization Test* [HVOT]) (Hooper, 1958) et le test de perception visuelle (*Motor-Free Visual Perception Test* [MVPT]) (Colarusso & Hammill, 2003). Plus précisément, les résultats au sous-test « Blocs » sont associés à des déficits au niveau des comportements de conduite automobile sur route (Mathias & Lucas, 2009) ou sur simulateur chez des patients atteints de la maladie de Parkinson (Stolwyk et al., 2006). Les résultats au test de l'horloge et au test de jugement d'orientation de lignes de Benton sont corrélés avec la performance du sujet sur le simulateur de conduite (Mathias & Lucas, 2009, Stolwyk et al., 2006). Autrement, les conclusions sont mitigées quant aux corrélations entre les

résultats au HVOT et les performances de conduite automobile (Budd, 2004; Galski et al., 1990; Marottoli et al., 1998; Myers et al., 2000; Richardson & Marottoli, 2003). En effet, d'un côté, Marottoli et al. (1998) et Myers et al. (2000) rapportent que le HVOT est un bon outil pour dépister les problématiques associées à la conduite automobile mais, d'un autre côté, Galski et al. (1990) et Richardson et Marottoli (2003) concluent qu'il n'est pas significativement corrélé avec une évaluation sur route de participants cérébrolésés ou âgés. Parallèlement, Budd (2004) retient que le score général à ce test n'apparaît pas adéquat pour discriminer les participants âgés avec un diagnostic de troubles neurocognitifs (TNC) en fonction de leur statut de conducteur, mais que quatre items spécifiques du test y parviennent. Quant au MVPT, il présente de bonnes valeurs prédictives face à la performance de conduite sécuritaire sur route chez des participants atteints de la sclérose en plaques (Schultheis et al., 2010), ou encore chez des conducteurs âgés (Oswanski et al., 2007) ou ayant subi un accident vasculaire cérébral (AVC) (Mazer et al., 1998; Schultheis & Fleksher, 2009). Le MVPT serait d'ailleurs parmi les instruments les plus utilisés par les divers professionnels pour juger, hors-route, de l'aptitude à conduire d'un individu (Korner-Bitensky et al., 2006). Finalement, un faible score à la condition de copie de la FCR serait corrélé à plus de comportements à risque lors de la conduite automobile sur route (tels que la difficulté à demeurer à l'intérieur des lignes, etc.) chez une population atteinte d'un début de TNC de type Alzheimer (Dawson et al., 2009). La performance à cette même mesure est également corrélée avec la réussite ou non d'une évaluation de la conduite automobile sur route chez des patients atteints de

la maladie de Parkinson ou d'Alzheimer (Amick et al., 2007; Grace et al., 2005) ou encore, chez des conducteurs ayant subi un AVC (Akinwuntan et al., 2006, Marshall et al., 2007).

Il existe également un autre outil pour évaluer l'acuité visuelle et l'intégrité du champ visuel : le *Useful Field of View* (UFOV) (Ball & Roenker, 1998). Selon Sims et al. (1998), un résultat à l'UFOV qui reflète une réduction de 40 % du champ visuel d'une personne est associé à une augmentation des risques d'implication dans une collision de la route. Par ailleurs, il s'agit d'un outil qui permet également de collecter des données quant à l'attention divisée, l'attention sélective et la vitesse du traitement de l'information (Woutersen et al., 2017). Il sera ainsi présenté à nouveau dans les sections qui suivent. Cela dit, en général, les résultats obtenus par cet instrument de mesure sont corrélés avec la performance de conduite automobile chez des participants âgés (Goode et al., 1998; Mathias & Lucas, 2009; Myers et al., 2000; Owsley et al., 1998), avec un TNC léger (Whelihan et al., 2005), ayant subi des traumatismes craniocérébraux (TCC) (Cyr et al., 2009) ou des AVC (Marshall et al., 2007) ou encore, étant atteints du virus de l'immunodéficience humaine (VIH) (Gorman et al., 2009).

**Attention.** La distraction au volant figure parmi les éléments les plus importants quant au risque d'implication dans une collision de la route avec blessures ou décès (Klauer et al., 2006; Olson et al., 2009). En fait, près d'un conducteur sur dix est distrait de sa conduite lors d'un déplacement automobile (Société de l'Assurance Automobile du Québec [SAAQ], 2020) et 22 % des collisions ou quasi-collisions observées dans une étude sont associées à la distraction au volant (Dingus et al., 2006 ; Klauer et al., 2006).

Cette distraction survient lorsqu'un conducteur, qu'il soit en bonne santé ou pas, détourne son attention d'une ou plusieurs tâches associées à la conduite sécuritaire du véhicule, vers une activité concurrente (Regan et al., 2011). La distraction peut être de deux natures soit visuelle ou cognitive. La distraction visuelle implique que le conducteur ne regarde plus la route alors que la distraction cognitive implique que, malgré un contact visuel sur la route, l'attention du conducteur n'est plus focalisée sur sa conduite mais sur d'autres sources de stimuli telles qu'une conversation ou autres (Engström et al., 2005). Il va alors de soi qu'une évaluation approfondie des divers éléments que composent les fonctions attentionnelles, telles que la mémoire de travail, l'attention sélective, l'attention soutenue et l'attention divisée (Lezak et al., 2012) est nécessaire lors de l'évaluation de l'aptitude à conduire d'un individu. En fait, il s'agit là de la fonction cognitive la plus fréquemment évaluée en corrélation avec les aptitudes de conduite automobile (Mathias & Lucas, 2009; Reger et al., 2004). D'ailleurs, des méta-analyses révèlent que les résultats aux divers instruments de mesure de l'attention figuraient parmi les mesures les plus discriminantes au regard des résultats obtenus aux évaluations de la capacité de conduite automobile de participants âgés sains (Mathias & Lucas, 2009), présentant des déficits cognitifs (Withaar et al., 2000) ou chez des participants atteints du VIH (Gorman et al., 2009).

Parmi les différentes composantes des fonctions attentionnelles, l'attention divisée est celle qui est considérée comme la plus essentielle pour conduire de façon sécuritaire sur les routes (Finkelman et al., 1977). L'attention divisée fait référence à la compétence de la personne pour partager ses ressources attentionnelles entre plusieurs tâches simultanément (Van Zomeren & Brouwer, 1994). Cyr et ses collègues (2009) sont

parvenus à démontrer que le risque d'être impliqué dans une collision de la route augmentait lorsque le conducteur devait réaliser une tâche cognitive tout en conduisant sur un simulateur de conduite. En effet, ils sont parvenus à documenter la différence entre une conduite sur simulateur sans distracteur et avec distracteurs. Par contre, bien que l'effet de cette condition expérimentale ait été documenté et qu'elle implique immanquablement la capacité d'attention divisée du participant, la mesure de cette fonction grâce à l'UFOV (Ball & Owsley, 1993) n'est pas toujours corrélée avec les performances de conduite automobile des participants. Ce faisant, les auteurs supposent que l'attention divisée est bel et bien impliquée dans la conduite automobile, mais que l'UFOV ne serait pas suffisamment sensible pour évaluer cette capacité en regard des capacités de conduite automobile. De même, Weaver et al. (2009) concluent que les résultats de leurs participants à l'UFOV ou à l'*Attention Network Test* (ANT), soit deux mesures attentionnelles, ne sont que très faiblement corrélés avec la performance de conduite automobile sur route. D'un autre côté, Fisk et al. (2002) suggèrent que l'UFOV pourrait être utilisé comme outil d'évaluation clinique de l'aptitude à conduire chez une population ayant subi un TCC. En effet, dans leur étude, les résultats à l'UFOV de participants ayant eu un TCC sont significativement inférieurs à ceux d'un groupe contrôle. De plus, Novack et al. (2006) rapportent que le sous-test de l'UFOV qui implique l'attention divisée, est des plus sensibles auprès de cette population en regard de la performance de conduite automobile sur route. Dans le même ordre d'idées, Cuenen et ses collègues (2015) arrivent aux mêmes conclusions en ce qui concerne l'implication de l'attention divisée (évaluée par l'entremise de l'UFOV) lors de la conduite automobile,

mais auprès d'une population âgée sans condition neurologique particulière. En effet, ils remarquent que la performance de conduite automobile sur simulateur est altérée lorsque le participant est exposé à l'une ou l'autre des distractions (visuelle ou cognitive).

Outre l'attention divisée, l'attention sélective est également fortement sollicitée lors de la réalisation d'une tâche aussi complexe qu'est la conduite automobile (Lemerrier & Cellier, 2008). Cette fonction cognitive fait référence à la capacité de la personne à considérer certaines sources de stimuli (sensoriels ou cognitifs) et d'ignorer, en partie ou en totalité, d'autres stimuli, voire des distractions (Lezak et al. 2012). En d'autres termes, dans la tâche de conduite automobile, l'attention sélective est impliquée dès lors que le conducteur doit traiter, parmi les nombreuses stimulations présentes dans son environnement, seulement celles qui sont nécessaires à la manipulation sécuritaire de son véhicule (Prévost, 2013). En effet, selon Devos et ses collaborateurs (2014), les déficits mesurés au niveau de l'attention sélective chez des sujets atteints de la maladie d'Huntington étaient parmi les plus révélateurs des échecs lors de l'évaluation de la performance de conduite sur un parcours routier. De plus, Duchek et al. (1997) soutiennent que l'attention sélective serait la composante attentionnelle la mieux corrélée avec la performance de conduite automobile chez des conducteurs atteints d'un TNC de type Alzheimer.

Parallèlement, la mesure de l'attention soutenue à l'aide du *Conners' Continuous Performance Test – 2<sup>e</sup> édition (CPT-II)* (Conners, 2000) apparaît également associée aux performances de conduite automobile sur route chez des participants âgés (Antin et al., 2017), ou sur simulateur chez des participants ayant subi un TCC (Beaulieu-Bonneau et

al., 2017). Cette fonction cognitive fait référence à la capacité de la personne à « maintenir un niveau d'efficacité adéquat et stable au cours d'une activité d'une certaine durée sollicitant un contrôle attentionnel continu » (Van Zomeran & Brouwer, 1994).

***Vitesse de traitement de l'information.*** La vitesse de traitement de l'information est une fonction cognitive qui se définit comme étant le temps d'exécution pris par un individu pour réaliser une tâche mentale donnée, c.-à-d. pour comprendre et réagir face à l'information qu'il reçoit (Boller & Botez-Marquard, 2005). Selon Wolfe et Lehouckey (2016), il s'agit là d'une fonction cognitive impliquée dans la capacité du conducteur à réagir, à freiner et à s'adapter efficacement à de nouvelles situations qui se présentent à lui. D'ailleurs, le traitement de l'information utile au conducteur dépend fortement de la notion de temps considérant l'importance qu'elle revêt dans le fait de recevoir, traiter et réagir rapidement, d'où la pertinence de parler de vitesse de traitement de l'information (Wolfe et al., 2022). Cette fonction serait en effet associée à la performance de conduite automobile autant chez des personnes âgées (Aksan et al., 2015; Roenker et al., 2003), que chez des personnes atteintes de la sclérose en plaques (Schultheis et al., 2010) ou de la maladie de Parkinson (Stolwyk et al., 2006). Aksan et al. (2015) soutiennent d'ailleurs que la capacité de vitesse de traitement de l'information serait davantage corrélée avec les comportements sécuritaires de conduite automobile que peuvent l'être les fonctions exécutives.

Plusieurs instruments de mesure permettent d'estimer cette composante en mesurant le temps d'exécution d'une tâche donnée telle que la partie A du test de traçage

de piste (*Trail Making Test* [TMT]) qui est une tâche de balayage visuel avec traitement séquentiel de cibles via une composante visuomotrice (Reitan, 1958, 1986), le *Symbol Digit Modality Test* (SDMT) de Smith (1973) ou le sous-test « Code » de l'échelle d'évaluation du fonctionnement intellectuel de Wechsler – 4<sup>e</sup> édition (WAIS-IV) (Wechsler, 2008) qui sont des tâches d'appariement entre un symbole et un chiffre sous une contrainte de temps, ainsi que le sous-test « Repérage de Symboles » du WAIS-IV qui est également une tâche d'analyse et de discrimination visuelle, mais où l'exigence motrice est moindre que celle des tests précédents. Une autre donnée qui permet d'estimer cette variable est la mesure du temps de réaction grâce à des outils tels que le *Conners' Continuous Performance Test* (CPT) (Conners, 1993) ou l'UFOV (Ball & Roenker, 1998). Néanmoins, Novack et al. (2006) concluent que le sous-test de l'UFOV relatif à la vitesse de traitement de l'information n'est que très peu corrélé avec la performance de conduite sur route chez des patients ayant eu un TCC. Ils précisent toutefois que tous leurs participants avaient des déficits à ce niveau, ce qui démontre un effet plafond de l'outil, de sorte qu'il ne permet pas d'identifier adéquatement les participants aptes à conduire ou non. Selon Schultheis et ses collègues (2010), le résultat au SDMT est fortement corrélé avec les performances de conduite sur route pour des patients atteints de la sclérose en plaques et est d'ailleurs l'outil avec la plus forte corrélation parmi tous les outils utilisés par les auteurs. Devos et al. (2012) concluent, quant à eux, que le SDMT est efficace pour déterminer l'aptitude à conduire d'une personne atteinte de la maladie d'Huntington.

**Fonctions exécutives.** Les fonctions exécutives sont impliquées dans la réalisation des différentes activités de la vie quotidienne et particulièrement dans les comportements adaptatifs de l'individu (Boller & Botez-Marquard, 2005). Elles sont composées d'un ensemble de processus cognitifs (planification et organisation, flexibilité cognitive, inhibition, jugement et métacognition, etc.) dits de « haut niveau » considérant qu'elles intègrent de nombreux systèmes physiologiques et cognitifs. Puisqu'elles sont nécessaires à l'individu pour s'adapter à de nouvelles situations (Lezak et al., 2004), il va de soi qu'elles puissent être fortement impliquées dans plusieurs comportements de conduite automobile jugés sécuritaires (Hargrave et al., 2012; Whelihan et al., 2005). À noter que la mémoire de travail peut être considérée par certains auteurs comme une composante des fonctions exécutives, mais qu'aux fins de ce projet, elle est considérée comme une composante de l'attention (Lezak et al., 2012).

La partie B du TMT (TMT-B) (Reitan, 1958, 1986), qui permet, entre autres, d'évaluer la flexibilité cognitive (Lezak et al., 2012), est l'un des instruments de mesure qui a le plus été étudié pour inférer l'aptitude à conduire d'un sujet (Mathias & Lucas, 2009; Wolfe & Lehockey, 2016, à un point tel qu'une variante du test a été développée pour augmenter sa validité écologique en contexte de conduite automobile (Lee et al., 2016). Dans sa forme originale, le TMT-B s'est avéré efficace à plusieurs reprises en regard des performances de conduite automobile chez des conducteurs âgés (Aksan et al., 2015; Mathias & Lucas, 2009; McInerney & Suhr, 2016; Ott et al., 2013), atteints de la maladie d'Huntington (Devos et al., 2012) ou cérébrolésés (Devos et al., 2011; Hargrave et al., 2012; Lundqvist et al., 2008; Marshall et al., 2007; Motta et al., 2014). Selon Devos

et al. (2011), un seuil de 90 secondes dans le temps de réalisation à cette tâche permet de classer 80 % des conducteurs ayant subi un AVC à savoir s'ils réussissent ou échouent un test d'évaluation de la conduite sur route. Ce même seuil, selon Hargrave et al. (2012), permet de classer adéquatement 77 % des conducteurs cérébrolésés (ayant eu un AVC ou un TCC) en fonction de leur statut de conducteur. Cependant, certaines études n'arrivent pas aux mêmes conclusions dans le sens où, elles n'obtiennent pas de signification statistique quant au pouvoir d'inférence du TMT-B en regard des performances de conduite automobile de conducteurs âgés (Cuenen et al., 2015) ou ayant eu un TCC (Cyr et al., 2009). Cela dit, Cyr et al. (2009) précisent que la corrélation entre les résultats à la partie B du TMT et les performances de conduite automobile se rapprochait du seuil de signification statistique (0,05) et qu'un plus grand échantillon aurait sans doute permis de l'atteindre.

Par ailleurs, selon Stolwyk et al. (2006), parmi toutes les variables neuropsychologiques incluses dans leur étude, la performance au test de Brixton (Burgess & Shallice, 1997) est la variable la plus corrélée avec les comportements de conduite à risques sur un simulateur pour des conducteurs atteints de la maladie de Parkinson. Le test de Brixton est réputé estimer les fonctions exécutives en mesurant les capacités de raisonnement logique, de formation de concepts généraux et de flexibilité cognitive (Lezak et al., 2012).

Autrement, une mesure fréquemment utilisée pour évaluer les fonctions exécutives est le test de Stroop (Stroop, 1935), qui consiste en une tâche d'inhibition d'un comportement automatique (lecture) au profit d'une tâche d'identification d'une couleur

(Lezak et al., 2012). Bien que la condition de lecture de ce test soit davantage une mesure de vitesse du traitement de l'information et qu'elle soit corrélée avec la performance de conduite automobile de conducteurs âgés (Daigneault et al., 2002) ou atteints de la maladie d'Huntington (Devos et al., 2012), les auteurs rapportent également que le nombre d'erreurs à cette condition est corrélé avec le risque de collisions de la route chez des conducteurs âgés. De telles erreurs peuvent en effet traduire une difficulté d'ordre exécutif (soit une rigidité ou de l'impulsivité). Selon Radford et al. (2004), ce même instrument serait aussi pertinent pour déterminer l'aptitude à conduire de conducteurs ayant subi un TCC. D'ailleurs, leur conclusion est qu'à l'aide d'une batterie de tests cognitifs composée de cinq tâches (dont le Stroop), il est possible d'identifier adéquatement 84 % des participants ayant subi un TCC comme étant aptes ou non à conduire un véhicule routier.

Quant à la capacité de planification et d'organisation incluse à titre de fonction exécutive, elle peut, entre autres, être évaluée à l'aide d'instruments de type « Labyrinthe ». Ceux-ci sont également corrélés avec la performance de conduite automobile pour des conducteurs présentant des signes cliniques de TNC-léger (Ott et al., 2013; Ott et al., 2003; Whelihan et al., 2005). Notamment, le sous-test *Key Search* de la *Behavioral Assessment of the Dysexecutive Syndrome* (BADS) (Wilson et al., 1996), offre de bonnes qualités prédictives en regard de la capacité de conduite automobile chez des conducteurs ayant subi un AVC (Motta et al., 2014). Des résultats semblables sont obtenus par Daigneault et al. (2002), qui concluent que les conducteurs âgés qui ont un historique de collisions ou quasi-collisions sur la route dans les dernières années présentent une plus

faible capacité à planifier et résoudre des problèmes en comparaison avec des conducteurs âgés qui n'ont pas ou peu de collisions de la route.

*Mémoire et capacités langagières.* Contrairement aux autres fonctions cognitives discutées jusqu'à maintenant, les conclusions ne vont pas toutes dans le même sens, surtout en ce qui concerne la pertinence d'une évaluation des capacités mnésiques ou langagières pour déterminer l'aptitude à conduire d'un individu. En effet, certaines études concluent qu'elles n'apparaissent pas corrélées (Golper et al., 1980; Hartje et al., 1991) alors que d'autres documentent une corrélation significative (Nouri et al., 1987; Rebok et al., 1994). La mesure de la capacité d'apprentissage verbale et, par extension, de la mémoire antérograde, obtenue à l'aide du *Rey Auditory-Verbal Learning Test* (RAVLT) (Rey, 1941), ne permet pas de discriminer adéquatement les conducteurs atteints de la maladie d'Alzheimer en regard de leur aptitude à conduire sécuritairement lors d'une évaluation sur route (Dawson et al., 2009).

Bien qu'ils n'identifient pas de mesures qui permettent de déterminer l'aptitude à conduire de leurs participants aphasiques mis à part l'évaluation sur route, Hartje et al. (1991) concluent tout de même que cette condition neurologique apparaît déterminante quant à la capacité de la personne à conduire de façon sécuritaire. Ainsi, il y a lieu de penser que cette relation entre l'aphasie et l'aptitude à conduire pourrait être en lien avec les autres atteintes cognitives (p. ex. des fonctions exécutives) localisées au même lieu que les atteintes causant l'aphasie (Knopman et al., 1983 ; Puel et al., 1986). De même, Rebok et al. (1994) rapportent une corrélation entre la performance de leurs participants

atteints de la maladie d'Alzheimer sur un simulateur de conduite et les résultats obtenus au niveau de leur fluence verbale, tâche qui implique d'une part, les compétences langagières et d'autre part, les fonctions exécutives (Lezak et al., 2012). En d'autres termes, bien que les fonctions langagières et mnésiques puissent avoir un rôle à jouer au niveau de la conduite automobile, il apparaît difficile de le déterminer sur les instruments de mesure actuellement disponibles.

### **Batteries d'évaluation neuropsychologique des capacités de conduite automobile**

Tel que présenté, la conduite automobile est une activité complexe qui implique plusieurs fonctions physiques, cognitives et psychologiques (McKenna, 1998). De plus, puisqu'il s'agit d'une activité omniprésente dans les sociétés actuelles, et ce, à partir de la fin de l'adolescence jusqu'au troisième âge, le besoin de développer des batteries d'évaluation cognitive de l'habileté à conduire un véhicule de promenade est important bien que difficile à réaliser (Bédard et al., 2008; Fitten et al., 1995). Le défi est surtout de tracer les limites à savoir jusqu'à quel point les fonctions nécessaires à la conduite sécuritaire d'un véhicule doivent être intègres, mais aussi de savoir comment mesurer cette limite qui détermine qu'un individu est apte ou non à prendre la route (McKenna et al., 2004). Lundqvist et al. (2011) proposent plusieurs tests d'évaluation neuropsychologique qui permettent d'évaluer l'aptitude à conduire. Par contre, selon eux, aucun test, à lui seul, ne parvient à fournir suffisamment d'informations pour juger de l'aptitude à conduire d'une personne. En effet, tel que présenté, la compétence de conduite sécuritaire d'un véhicule routier implique de nombreuses fonctions cognitives,

sensorielles et motrices; ainsi, il est peu probable, qu'un seul test qui évalue une, voire quelques fonctions, ne puisse évaluer précisément toute cette compétence complexe (Dawson et al., 2009).

Une première batterie d'évaluation cognitive des capacités de conduite automobile, créée par Nouri et Lincoln (1993), vise particulièrement l'évaluation de patients ayant subi un ou plusieurs TCC. Elle comporte plusieurs tests qui portent principalement sur l'évaluation de la mémoire visuelle, de la négligence visuelle et des habiletés visuospatiales. Les auteurs rapportent une prédiction des habiletés de conduite à 81 %, mais qui se limite bien entendu à leur population d'étude. Simms et O'Toole (1994) ont par la suite identifié une batterie plus exhaustive pouvant être administrée non seulement aux personnes ayant subi un TCC, mais également à celles ayant subi un AVC ou ayant des atteintes découlant d'une maladie neurodégénérative, telle que la sclérose en plaques. Avec la batterie de tests administrés, les auteurs arrivent avec un taux de prédictibilité de 80 %. Cependant, dans leur échantillon, seulement 6 % des répondants ont été qualifiés de mauvais conducteurs lors de l'évaluation sur route, nécessitant ainsi d'autres études afin de mieux documenter le pouvoir inférentiel d'une évaluation cognitive en regard de l'évaluation des capacités de conduite sur route.

L'équipe de McKenna et al. (2004) s'est également intéressée à créer une batterie d'évaluation des fonctions cognitives qui saurait prédire qui échouera un test d'évaluation de la conduite sur route, chez des sujets cérébrolésés (peu importe le type d'atteintes ou de maladies). Grâce aux premières ébauches de la *Rookwood Driving Battery* (RDB), les auteurs sont parvenus à rassembler une batterie d'évaluation composée d'instruments de

mesure évaluant la perception visuelle, l'attention, les praxies et les fonctions exécutives. La RDB a connu plusieurs versions et la plus actuelle (McKenna, 2009) est la plus adaptée, notamment en regard de la prédiction des performances de conduite automobile auprès d'une population avec des difficultés physiques (sans égard à la condition neurologique). De plus, les auteurs soulignent que la batterie est sensible auprès des conducteurs âgés de 69 ans et moins, mais demeure inefficace auprès des conducteurs plus âgés.

### **Clientèle à risque**

Considérant l'importance que revêt la capacité de conduire sur l'autonomie de l'individu, notamment en rapport à sa capacité à réaliser plusieurs activités de la vie courante telles que le travail, les achats quotidiens, les activités de loisirs, etc., ou même en lien avec son sentiment d'appartenance à la communauté (Rapport et al., 2006), il est intéressant de porter une attention vers les populations cliniques à risque de voir cette capacité compromise.

Bien qu'il existe de nombreuses conditions neurologiques qui peuvent avoir un impact sur les capacités de conduite automobile d'une personne, les maladies neurodégénératives sont la première cause de la perte de l'habileté à conduire (McKenna, 1998). En fait, dès qu'une condition neurologique a un effet potentiel sur les fonctions sensorielles, motrices et/ou cognitives, il y a lieu de croire qu'elle résultera en une perte du permis de conduire (Dobbs, 2005; Yale et al., 2003). Il va sans dire que même le vieillissement normal, ultimement, vient compromettre l'aptitude à conduire de façon sécuritaire (Graca, 1986; Klein, 1991; Vernon, 1995). Cela dit, d'autres conditions de

santé, qu'elles soient chroniques ou aiguës, peuvent nuire à l'une ou l'autre des fonctions associées à la conduite sécuritaire d'un véhicule de promenade : TNC, maladies cardiovasculaires, diabète, épilepsie, etc. (Marino et al., 2013). La méta-analyse publiée par Vaa (2003) fait état des dernières connaissances quant à la relation qui existe entre différentes conditions de santé chroniques ou aiguës ou la prise de certains médicaments et le risque d'être impliqué dans une collision de la route. Selon ce rapport, la présence de troubles mentaux de type maladie d'Alzheimer ou autres TNC, de troubles anxio-dépressifs ou troubles psychiatriques augmente le risque moyen de 72 % d'être impliqué dans une collision de la route, alors que pour les maladies neurologiques de type TCC, épilepsie, ACV ou maladie de Parkinson, ce risque moyen se voit augmenté de 75 %. Marino et ses collaborateurs (2013) indiquent que ce qui définit l'aptitude à conduire ou pas ne réside pas dans le diagnostic médical, mais plutôt dans l'analyse fonctionnelle approfondie des capacités de la personne.

À notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée à l'identification des fonctions cognitives associées à la conduite automobile de patients atteints de l'une des maladies neuromusculaires souvent rencontrées dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean (SLSJ) : l'ataxie récessive spastique de Charlevoix-Saguenay (ARSCS).

### **Ataxie récessive spastique de Charlevoix-Saguenay (ARSCS)**

Au Québec, l'ARSCS est la plus commune des ataxies spastiques héréditaires et touche environ 300 individus dans la région de Charlevoix-SLSJ (Bouchard et al., 1998; Vermeer et al., 2003). Dans cette région, une personne sur 22 serait porteuse de la maladie

qui touche autant les hommes que les femmes (De Braekeleer et al., 1993). L'ARSCS est due à la mutation génétique défectueuse du gène SACS, situé sur le chromosome 13q11 (Bouchard et al., 1998; Mrissa et al., 2000; Richter et al., 1999) qui permet le codage d'une protéine spécifique appelée saccine (Engert et al., 2000). L'utilité de cette protéine n'est pas encore bien comprise, mais le gène est bien identifié et se retrouve d'ailleurs à plusieurs endroits et dans différents tissus, dont le système nerveux central (Richter, 2003). Ce type d'ataxie serait plus fréquent dans la population du SLSJ et de Charlevoix, et ce, en raison du triple effet fondateur (Bouchard et al., 1978). L'effet fondateur est observé lors de la création d'un bassin de population à partir d'un petit échantillon d'une population mère. Ainsi, le SLSJ a subi trois fois cet effet puisqu'à chaque fois qu'une nouvelle population était fondée, ses fondateurs venaient d'un bassin génétique toujours de moins en moins diversifié (Corporation de recherche et d'action sur les maladies héréditaires [CORAMH], 2018). Au Québec, près de 96 % des cas d'ARSCS présentent l'une des deux mutations originellement décrites : c.8844delT ou c.7504C>T (Engert et al., 2000; Vermeer et al., 2003). Selon Thiffault et ses collaborateurs (2013), il s'agirait cependant surtout de la mutation c.8844delT qui serait responsable de la plus grande majorité des cas d'ARSCS au Québec. Cette maladie héréditaire ne se retrouve pas exclusivement dans cette région spécifique du Canada, puisque d'autres cas sont rapportés en Allemagne (Synofzik et al., 2013), au Brésil (Burguêz et al., 2017), en Espagne (Criscuolo et al., 2005; Pascual-Castroviejo et al., 2000), en Italie (Grieco et al., 2004), au Japon (Okawa et al., 2006), en Tunisie (El Euch-Fayache et al., 2003; Mrissa et al., 2000) et en Turquie (Gücüyener et al., 2001). Les différents cas retrouvés dans ces pays ne

présentent pas tous les mêmes génotypes (la transcription génétique au niveau moléculaire de la mutation) et présentent parfois des variations dans le phénotype (l'expression observable de la mutation génétique) (Pilliod et al., 2015; Richter, 2003; Takiyama, 2006).

### **Aspects génétiques et pathogénèse**

L'ARSCS est une maladie génétique à caractère récessif c'est-à-dire, qu'elle se transmet selon un mode de transmission autosomique récessif (Bouchard et al., 1998; Vermeer et al., 2003); la maladie se développe et l'individu est atteint seulement s'il détient deux allèles pathogènes puisque, s'il n'en détient qu'une seule, il est qualifié de porteur du gène, mais non-atteint. Par conséquent, si les deux parents sont porteurs, la probabilité d'avoir un enfant atteint de la maladie est de 25 % et celle d'avoir un enfant porteur est de 50 % (Bear et al., 2016).

L'ARSCS est une affection spinocérébelleuse dégénérative, ce qui signifie une atteinte et une dégénérescence graduelle ou progressive des cellules nerveuses situées au niveau du cervelet, du tronc cérébral et de la moelle épinière. Les outils en neuroimagerie ont permis de remarquer que l'ARSCS causait rapidement, et ce dès l'enfance, une atrophie du vermis cérébelleux supérieur sans atteindre sa partie inférieure puis, progressivement, celle des hémisphères cérébelleux et du cordon médullaire (Bouchard, 1991; Langelier et al., 1979; Martin et al., 2007). Ces atteintes sont spécifiques de sorte qu'elles permettent de distinguer l'ARSCS de l'une des formes d'ataxie récessive autosomique les plus fréquentes, l'ataxie de Friedreich (Bouchard et al., 1998; Dürr et al., 1996).

### **Progression et évolution de la maladie**

Trois types d'atteintes neurologiques caractérisent la symptomatologie de l'ARSCS : pyramidales, cérébelleuses et neuropathiques (Martin et al., 2007). Elles se retrouvent à différents niveaux, débutent à un âge variant d'une personne à l'autre et progressent également à un rythme propre à chaque personne atteinte (Bouchard et al., 1993; Martin et al., 2007; Pilliod et al., 2015; Richter, 2003; Takiyama, 2006). Entre autres, parmi la symptomatologie de la maladie, la spasticité (raideur musculaire excessive au repos), la dysarthrie (trouble d'articulation de la parole) et la déformation du pied (orteils contractés et pied creux) sont typiques de la maladie (Bouchard et al., 1978; Bouchard et al., 1998; Gazulla et al., 2014; Vermeer et al., 2003). Aussi, parmi les symptômes observables de l'ARSCS se retrouve la démarche ataxique, amenant une grande tendance à la chute chez les personnes atteintes d'ARSCS. La maladie cause une ataxie chez la personne atteinte qui correspond, entre autres, à l'incoordination des mouvements volontaires (Bouchard et al., 1978). Il est également possible d'observer de la dysdiadococinésie des mains et de la langue (incapacité ou difficulté à réaliser selon un rythme rapide des mouvements en alternance) tôt dans le développement de la maladie (Bouchard et al., 1978; Bouchard et al., 2000). Les difficultés motrices rapportées se répercutent non seulement aux membres inférieurs, mais aussi au niveau des mains puisque de l'incoordination, de la maladresse et une lenteur dans la dextérité fine y sont observées. Autrement, une amyotrophie (perte de tonus musculaire) des muscles des mains et pieds est relevée (Gazulla et al., 2014) en plus d'une perte progressive au niveau de la proprioception (perception de la position des différentes parties de son corps) et une

pallesthésie (capacité à percevoir les vibrations) dès le jeune âge (Duquette et al., 2013). Enfin, un nystagmus et des troubles de la vision sont parfois rapportés, résultant en une lenteur dans la poursuite oculaire (Bouchard et al., 1978).

Bien que de la progression de la symptomatologie présente de nombreux profils différents (Bouchard et al., 1993; Martin et al., 2007), les premiers signes du syndrome pyramidal (spasticité surtout au niveau des membres inférieurs) apparaissent un peu avant l'âge de deux ans (notamment lors de l'acquisition de la marche). Dès cet âge, il est possible d'observer des difficultés d'équilibre, des chutes fréquentes, une instabilité et des vertiges (Bouchard et al., 1978; 1998). Les atteintes relevant de l'ataxie cérébelleuse apparaissent plus tardivement dans la vie de la personne, souvent vers la fin de l'adolescence ou au début de l'âge adulte, et sont suivies généralement par les autres atteintes décrites plus haut (Bouchard et al., 1978; 1979; 2007). En fait, c'est surtout à cet âge que les déficits deviennent d'autant plus apparents, avec l'augmentation graduelle du tonus musculaire au repos (spasticité), des réflexes tendineux, une démarche de plus en plus saccadée et ébrieuse (ataxie) et l'apparition graduelle de signes d'amyotrophie au niveau de l'extrémité des jambes (Bouchard et al., 2000). Ultimement, les personnes atteintes finissent par perdre l'habileté à la marche à un âge moyen de 41 ans (de 17 à 58 ans) (Bouchard, 1991). Il arrive parfois que les patients atteints d'ARSCS atteignent 70 ans, mais l'espérance de vie moyenne est de 51 ans (Anheim et al., 2008; Bouchard et al., 1993; 1998).

De telles atteintes motrices, de par leur nature dégénérative, peuvent avoir de nombreux impacts sur le quotidien d'une personne atteinte d'ARSCS. En fait, plus la

personne est affectée par les symptômes physiques de la maladie, plus les altérations du fonctionnement social seront marquées (Gagnon et al., 2004; 2018; Vogel et al., 2018).

### **Fonctions cognitives atteintes avec l'ARSCS**

Bien que l'attention des chercheurs se soit longtemps orientée vers la description des atteintes physiques de l'ARSCS, la description du syndrome cognitivo-affectif cérébelleux (SCAC) par Schmahmann et Sherman (1998) est venue soulever certaines hypothèses quant à la probabilité de la présence d'autres atteintes chez la population atteinte d'ARSCS, soit cognitives ou affectives. Initialement, des lésions situées au niveau du cervelet étaient principalement associées à des perturbations des fonctions sensori-motrices (Rae-Grant & Parsons, 2014). Cependant, de récentes études s'accordent pour dire que de telles lésions peuvent également mener à des déficits des fonctions cognitives n'impliquant peu ou pas de modalité motrice, telles que la mémoire visuospatiale à court terme ou les capacités langagières (Fabbro et al., 2004; Fancellu et al., 2013; Pinel, 2007; Schmahmann, 2004).

Depuis les dernières années, quelques études sont parues faisant état du profil cognitif et affectif de la population atteinte d'ARSCS (Boucher, 2017; Brassard, 2020; Desmeules, 2017; Drolet, 2002; Duquette et al., 2013; Lévesque, 2004; Pilliod et al., 2015; Verhoeven et al., 2012). D'entrée de jeu, Bouchard et ses collègues (1998) avancent que le fonctionnement intellectuel global de patients atteints d'ARSCS serait dans la moyenne. De plus, ils indiquent qu'il est possible d'observer des troubles d'apprentissage, et ce, dès les premières années du primaire. Notamment, ils rapportent un retard dans

l'apprentissage de l'écriture (probablement dû aux difficultés motrices de la personne) en plus d'une difficulté à manier le matériel visuospatial qui tendrait également à se détériorer avec la progression de la maladie (Bouchard et al., 1978; 1979; 1998). En effet, dans leur étude, Pilliod et ses collègues (2015) concluent que près de 50 % des participants atteints d'ARSCS auraient des difficultés scolaires. Quant à eux, Duquette et al. (2013) observent de telles difficultés chez 69 % des participants, soulevant ainsi l'hypothèse de troubles d'apprentissage divers associés à l'ARSCS. De plus, Drolet (2002) et Lévesque (2004) avancent que les difficultés motrices associées à l'ARSCS ne peuvent pas, du moins à elles seules, expliquer toutes les difficultés d'apprentissage observées, particulièrement celles en mathématiques. Plus précisément, dans son étude portant sur l'évaluation neuropsychologique d'enfants et d'adolescents atteints d'ARSCS (n=12), Drolet (2002) relève des difficultés sur le plan de la vitesse du traitement de l'information et de l'attention sélective (notamment dans une modalité visuelle) et conclut que les fonctions visuoperceptives et les habiletés de planification apparaissent préservées. Par ailleurs, dans son étude de cas exploratoires des fonctions cognitives d'individus atteints d'ARSCS (n=4), Boucher (2017) indique que, dans son échantillon, quatre fonctions cognitives sont déficitaires, soit la vitesse de traitement de l'information, l'attention soutenue, les fonctions langagières en plus du raisonnement logique visuel. Ceci étant dit, toutes ces études présentent la même limite, soit celle d'un petit échantillon. Ce n'est que tout récemment que Brassard (2020) répond à cette limite en publiant une étude portant sur l'évaluation des capacités cognitives et la participation sociale d'un plus grand échantillon de personnes atteintes d'ARSCS (n=37).

D'entrée de jeu, tout comme les études citées ci-haut, Brassard (2020) précise qu'il existe une grande variabilité interindividuelle dans les résultats obtenus, mais observe néanmoins une certaine vulnérabilité du fonctionnement cognitif avec l'avancement en âge des participants. Parmi les variables analysées dans son étude, Brassard (2020) rapporte que l'apprentissage auditivoverbal semble être la fonction la plus atteinte. Concernant l'hypothèse présentée par Bouchard et ses collaborateurs (1978), Drolet (2002) et Boucher (2017) d'une possible altération de la vitesse du traitement de l'information, Brassard et al. (2018) invitent à une certaine prudence étant donné que l'évaluation de cette fonction requiert souvent une modalité motrice (ce qui correspond aux atteintes principales de l'ARSCS) pouvant ainsi biaiser les résultats. Néanmoins, Brassard (2020), soutient tout de même la possibilité d'altérations au niveau de la vitesse de traitement de l'information, même en considérant les atteintes motrices associées à la maladie. Par ailleurs, il pose l'hypothèse d'un lien entre l'âge et le développement graduel de déficits de certaines fonctions visuospatiales et visuoconstructives chez les personnes atteintes d'ARSCS. Enfin, il rapporte des déficits au niveau de la théorie de l'esprit pour une grande proportion (environ la moitié) des participants. Ces déficits peuvent se traduire par des interprétations erronées de situations sociales puisque la théorie de l'esprit se rapporte à la capacité à identifier des émotions complexes et les états mentaux de soi et d'autrui, à porter un jugement sur cette identification pour, par la suite, attribuer des intentions chez autrui (Clouet, 2010). Au regard de ces résultats, l'auteur soulève la possibilité que toutes les atteintes cognitives décrites peuvent nuire à la participation

sociale des individus atteints d'ARSCS, soit à la réalisation de leurs activités quotidiennes (Brassard, 2020).

### **La conduite automobile en ARSCS**

Toutes les incapacités découlant des symptômes physiques et cognitifs inhérents à l'ARSCS présentés précédemment seraient contributifs à un déficit fonctionnel, notamment au niveau de la participation sociale (Audet, 2015; Brassard, 2020; Gagnon et al., 2004). De plus, considérant que la conduite automobile est une activité contribuant grandement à l'autonomie, notamment dans un milieu partiellement rural tel que le SLSJ, il y a lieu de penser que cette activité soit affectée par ces mêmes symptômes. Néanmoins, l'implication des processus cognitifs à cet égard n'est toujours pas clairement définie. Ainsi, dans une volonté de préserver l'autonomie des personnes atteintes d'ARSCS par le maintien de la conduite automobile, il importe de définir quelles sont les atteintes cognitives impliquées dans cette activité afin de permettre le développement d'interventions ciblées à cette clientèle.

Bien que la capacité de conduite automobile puisse être évaluée périodiquement par les ergothérapeutes, cliniquement, il demeure une grande incertitude sur la capacité des personnes atteintes d'ARSCS à poursuivre leurs activités liées à la conduite automobile en lien avec la progression de certains symptômes (l'incoordination, la spasticité aux membres inférieurs ainsi que les atteintes cognitives). Malheureusement, à notre connaissance, aucune étude ne vient documenter leurs capacités de conduite en

dehors des évaluations qui sont réalisées en milieu clinique en lien avec leur statut de conducteur.

### **Objectifs et hypothèses**

Considérant qu'un déclin général au niveau des fonctions cognitives puisse avoir des impacts graduels sur les capacités individuelles de conduite automobile (Duchek et al., 2003), la présente étude propose de faire un lien entre les connaissances actuelles des fonctions cognitives impliquées lors de la conduite automobile et les résultats obtenus par Brassard (2020) portant sur les fonctions cognitives de personnes atteintes d'ARSCS. Rappelons que les résultats de Brassard (2020) démontrent, pour cette population clinique, des atteintes cognitives au niveau de la vitesse de traitement de l'information, de la manipulation de matériel visuospatial, et de la métacognition, du jugement social et de la théorie de l'esprit qui sont, par définition, des composantes des fonctions exécutives.

Considérant la possibilité que les atteintes cognitives observées dans cette étude affectent la capacité des personnes atteintes d'ARSCS à poursuivre leurs activités liées à la conduite d'un véhicule de promenade, l'objectif de cette étude est donc, premièrement, de faire état du profil cognitif des personnes atteintes d'ARSCS (tel que relevé dans la banque de données de Bouchard et Gagnon, 2017) qui conduisent un véhicule de promenade et, deuxièmement, de le comparer à celui des personnes atteintes d'ARSCS mais qui ne conduisent pas de véhicule, en raison de la perte de leur permis de conduire.

- Considérant les variables à l'étude et les objectifs énoncés, l'hypothèse suivante est soulevée : La performance aux diverses mesures neuropsychologiques sera

meilleure pour les participants qui conduisent un véhicule de promenade que les non-conducteurs.

## **Méthodologie**

Cette étude consiste à reprendre des variables provenant de la banque de données de Bouchard et Gagnon (2017), créée dans le cadre de l'essai doctoral de Brassard (2020). À noter que les données analysées par Brassard (2020) proviennent de cette même banque de données mais qu'elles ne représentent qu'une partie des données récoltées. En d'autres termes, le présent projet consiste en une utilisation secondaire des données de Bouchard et Gagnon (2017). Un certificat d'éthique a ainsi été obtenu par les chercheurs principaux auprès du Comité d'éthique de la recherche (CER) du centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Saguenay–Lac-Saint-Jean (CIUSSS-SLSJ) (voir « Appendice A »). Les variables qui seront ainsi analysées sont les fonctions cognitives qui apparaissent comme étant associées à la performance de conduite automobile (soit les fonctions visuospatiales, la vitesse du traitement de l'information, les fonctions attentionnelles et les fonctions exécutives) en fonction du statut de conducteur des personnes atteintes d'ARSCS.

### **Participants**

Initialement, le but de la création de la banque de données de Bouchard et Gagnon (2017) était de recueillir de l'information sur l'applicabilité des tests neuropsychologiques chez les personnes atteintes d'ARSCS et d'évaluer leurs capacités cognitives et leur participation sociale en fonction de l'âge (Brassard, 2020). Le recrutement s'est effectué

auprès des usagers de la clinique des maladies neuromusculaires (CMNM) du centre de réadaptation Le Parcours du CIUSSS-SLSJ (n=158). Ainsi, 62 participants ont été contactés et, de ce nombre, 37 individus ont consenti à participer. Ce faisant, dans le cadre de la présente étude, tous les participants faisant partie de la base de données citée ci-haut (et pour lesquels toutes les données nécessaires à l'analyse des variables étaient disponibles) ont été sélectionnés pour constituer l'échantillon (n=34). L'échantillon obtenu est divisé en deux groupes (« Conducteur » ou « Non-conducteur »), selon le statut de conducteur du participant. Ce statut est défini selon la réponse auto-rapportée des participants à savoir s'ils sont autonomes dans leurs déplacements sur route (conducteur) ou non (non-conducteur). À noter qu'au sein du registre de la CMNM environ 40 % des personnes possèdent un permis de conduire.

Pour le recrutement de la base de données de Bouchard et Gagnon (2017), les critères d'inclusion étaient les suivants : 1) présenter un diagnostic d'ARSCS confirmé par analyse génétique ; 2) avoir la mutation c.8844delT ; 3) être âgé entre 20 et 59 ans ; 4) être suivi à la CMNM du CIUSSS-SLSJ de l'Hôpital de Jonquière ; 5) résider dans la région du SLSJ ; 6) être en mesure de comprendre et de s'exprimer en français ; et 7) être apte à consentir de manière libre et éclairée. Il n'y avait qu'un seul critère d'exclusion, soit celui de présenter une condition médicale autre que l'ARSCS qui puisse influencer négativement les résultats aux tests neuropsychologiques (p. ex. TNC, TCC, épilepsie, etc.).

### **Instruments de mesure et variables**

Parmi les tests administrés aux participants dans le cadre de la base de données de Bouchard et Gagnon (2017), seulement certains sont retenus et présentés dans le présent projet de recherche. Les outils d'évaluation sélectionnés pour la présente étude mesurent des fonctions cognitives ciblées comme ayant possiblement un impact sur la conduite automobile, soit les fonctions visuospatiales, la vitesse du traitement de l'information, les fonctions attentionnelles et les fonctions exécutives (inhibition/impulsivité, flexibilité cognitive et planification). La variable indépendante correspond au statut de conducteur ou non des participants. Les variables et instruments de mesure utilisés sont présentés dans le Tableau 1. Suite au Tableau 1, ces mêmes instruments de mesure seront présentés en ordre alphabétique pour faciliter leur présentation puisque plusieurs d'entre eux sont utilisés pour estimer plus d'une variable. De plus, les indices inclus dans chacun des instruments y seront présentés en regard des fonctions cognitives qu'elles mesurent.

**Tableau 1.**  
*Instruments de mesure utilisés selon les variables à l'étude*

Variables	Instruments de mesure
Fonctions visuospatiales	Blocs du WAIS-IV FCR HVOT TMT du D-KEFS
Vitesse de traitement de l'information	CPT-II CWIT du D-KEFS <i>Digit Symbol</i> du WAIS-R-NI
Fonctions attentionnelles	Mémoire spatiale du WMS-III CPT-II
Fonctions exécutives	CWIT du D-KEFS TMT du D-KEFS <i>Zoo map</i> du BADS

*Note.* **BADS** (*Behavioural Assessment of Dysexecutive Syndrome*); **CPT-II** (*Conners' Continuous Performance Test – 2<sup>e</sup> éd.*); **CWIT** (*Color-Word Interference Test*); **D-KEFS** (*Delis-Kaplan Executive Function System*); **FCR** (*Figure complexe de Rey-Osterrieth*); **HVOT** (*Hooper Visual Organization Test*); **TMT** (*Trail Making Test*); **WAIS-IV** (*Wechsler Adult Intelligence Scale – 4<sup>e</sup> éd.*); **WAIS-R-NI** (*Wechsler Adult Intelligence Scale – Revised as a Neuropsychological Instrument*); **WMS-III** (*Wechsler Memory Scale – 3<sup>e</sup> éd.*).

### **Mémoire Spatiale du *Wechsler Memory Scale* – 3<sup>e</sup> édition (WMS-III)**

Le sous-test « Mémoire spatiale » de l'échelle de mémoire de Wechsler – 3<sup>e</sup> éd. (Wechsler, 1997) est une version du test des blocs de Corsi (Corsi, 1972) qui correspond à une mesure de la composante visuospatiale de l'empan mnésique et de la mémoire de travail soit, une mesure des fonctions attentionnelles et mnésiques (Conway et al., 2003; Lezak et al., 2012). La tâche implique la mémorisation et le rappel de séquences de localisations spatiales de blocs placés sur une planche. Ce rappel se fait, dans un premier temps, dans le même ordre donné (mémoire à court terme) et, dans un second temps, dans

l'ordre inverse (mémoire de travail). Selon la version du WMS-III (« Mémoire spatiale »), le score obtenu correspond au nombre d'essais correctement exécutés et permet ainsi d'obtenir trois scores distincts (score d'empan direct, score d'empan indirect et score total combiné) (Wechsler, 1997). En d'autres termes, la performance est évaluée en termes de réussite ou échec plutôt que le temps mis pour répondre. Ce faisant, dans un contexte d'une population clinique présentant des difficultés motrices, il n'apparaît pas nécessaire d'avoir des considérations particulières pour cette tâche, d'autant plus, que l'exigence de la composante motrice est relativement simple, soit de pointer des blocs dans un ordre donné.

Les qualités psychométriques de ce test sont adéquates : le coefficient de fidélité *split-half* est de 0,62, alors que la fidélité test-retest et l'indice de consistance interne varient de 0,70 et 0,79 (Kyttälä & Lehto, 2008; Poitrenaud et al., 1997; *Psychological Corporation*, 1997). Bien que l'efficacité à prédire les performances de conduite automobile n'apparaît pas avoir été évaluée avec cet instrument de mesure parmi la littérature consultée, il permettra tout de même d'estimer une portion des mécanismes attentionnels qui, à leur tour, sont associés à la conduite automobile (Dingus et al., 2006; Gorman et al., 2009; Klauer et al., 2006; Mathias & Lucas, 2009; Withaar et al., 2000).

#### **Blocs du *Wechsler Adult Intelligence Scale* – 4<sup>e</sup> éd. (WAIS-IV)**

Le sous-test « Blocs » du WAIS-IV (Wechsler, 2008) est l'un des instruments de mesure qui permet d'estimer les fonctions visuospatiales dans sa composante dite visuomotrice. Dans ce sous-test, chaque essai, de difficulté croissante, consiste en la

reproduction tridimensionnelle (à l'aide de blocs) d'une figure bidimensionnelle. Une part importante de la tâche réside dans la capacité de l'individu à comprendre la relation entre ces deux représentations de la figure. Lors de son administration, le participant doit réaliser la tâche en un temps imparti. Ce test mesure donc le raisonnement non verbal, les capacités d'analyse, de synthèse, d'organisation et de perception visuelles ainsi que la coordination visuomotrice (Carroll, 1993; Groth-Marnat, 2009; Kaufman & Lichtenberg, 1999; 2006; Lichtenberg & Kaufman, 2009; Sattler & Ryan, 2009).

Selon la *Psychological Corporation* (2008), ce sous-test a un indice test-retest de 0,80, un indice split-half de 0,87 et présente de fortes corrélations ( $r = 0,86$ ) avec les autres sous-tests de l'échelle de raisonnement perceptuel de la batterie d'évaluation du fonctionnement intellectuel. De plus, une corrélation de 0,73 avec l'indice global de l'échelle est documentée (*Psychological Corporation*, 2008; Sattler & Ryan, 2009). Aussi, il est documenté que les performances à ce test sont corrélées avec les performances de conduite automobile chez diverses populations cliniques (Mathias & Lucas, 2009; Stolwyk et al., 2006).

Bien que Brassard et al. (2018) ne recommandent pas son utilisation auprès d'une population atteinte d'ARSCS en raison de l'implication des habiletés motrices et de leur influence sur le temps d'exécution, soit la performance évaluée, il est possible que les résultats obtenus reflètent tout de même une différence entre les deux groupes.

### ***Color-Word Interference Test (CWIT) du Delis-Kaplan Executive Function System (D-KEFS)***

Le sous-test CWIT de la batterie d'évaluation neuropsychologique D-KEFS est l'une des versions de la mesure de l'effet Stroop (Delis et al., 2001b; Stroop, 1935). Cette version consiste en quatre conditions d'administration distinctes; chacune est chronométrée et le nombre d'erreurs est colligé. Dans la première condition, le participant doit nommer, le plus rapidement possible, le couleur des carrés qui lui sont présentés. Pour la seconde condition, il doit lire les mots qui représentent une couleur, toujours le plus rapidement possible. Il est possible d'obtenir un score combiné du temps de réalisation à ces deux premières conditions qui permet, entre autres, d'estimer la capacité de vitesse de traitement de l'information du participant. À la troisième condition, le participant doit nommer la couleur de l'encre utilisée pour écrire les mêmes mots qui sont, cette fois-ci, imprimés d'une couleur dissonante (p. ex. le mot « rouge » écrit à l'encre verte). Considérant le principe selon lequel la lecture correspond à un processus automatique, le participant doit ainsi inhiber sa réponse automatique, ce qui correspond donc à une mesure de la capacité d'inhibition du participant. La dernière condition est semblable à la troisième, mais certains des mots présentés sont inscrits à l'intérieur d'un encadré. Lorsque le mot n'est pas encadré, le participant doit nommer la couleur de l'encre, mais, lorsque le mot est encadré, il doit lire le nom de la couleur. Ainsi, cette condition requiert, d'une part, la capacité d'inhibition mais également de la flexibilité afin de varier la réponse en fonction des stimuli (Delis et al., 2001a; Long et al., 2015).

Selon les auteurs (Delis et al., 2001b), ce sous-test présente de bonnes qualités psychométriques. Plus précisément, l'indice de cohérence interne est calculé et testé en fonction des groupes d'âge et il varie de 0,62 à 0,86. Le coefficient de fidélité test-retest est établi selon les différentes conditions du sous-test et il varie de 0,62 et 0,76. De plus, son administration s'avère utile puisque les performances seraient corrélées avec les performances de conduite automobile chez diverses populations cliniques (Daigneault et al., 2002; Devos et al. 2012; Radford et al., 2004).

Il est important de noter que Brassard et al. (2018) précisent que l'interprétation des résultats de cet outil psychométrique doit se faire avec prudence en raison de la probable influence de la dysarthrie sur le temps de réalisation des diverses conditions de la tâche.

### ***Conners' Continuous Performance Test – 2<sup>e</sup> éd. (CPT-II)***

Le CPT-II est un test administré à l'aide d'un support informatique, qui vise à mesurer différentes composantes de l'attention (telles que l'attention soutenue et l'attention sélective) (Conners, 1993). L'outil comporte également d'autres indices qui permettent de mesurer la vitesse de traitement de l'information, ou encore la tendance à l'impulsivité. L'une des caractéristiques principales de la tâche est qu'elle est longue et peu stimulante. En fait, lors de l'administration du CPT-II, il est exigé du participant d'émettre une réponse motrice simple (appuyer sur la barre d'espace du clavier) dès qu'une lettre est présentée à l'écran, à l'exception de la lettre « X » où il doit faire preuve d'inhibition de la réponse motrice (ne pas appuyer sur la barre d'espace). Tout au

long de la réalisation de la tâche, diverses mesures sont compilées : temps de réaction, erreurs de commission, d'omission et persévérations, etc. (Allan & Lonigan, 2015). Dans le cadre de la présente étude, le temps de réaction moyen pour identifier correctement une cible est interprété comme mesure de la vitesse de traitement de l'information. Certaines fonctions attentionnelles (attention soutenue, & attention sélective) sont estimées à l'aide du nombre d'erreurs d'omission, le taux de détection des cibles (défectabilité), de l'erreur standard du temps de réaction moyen, du temps moyen comparé entre les différents délais de présentation des stimuli et des scores de variabilité. Enfin, le nombre moyen d'erreurs de commission et de persévération sont interprétées comme des mesures d'impulsivité.

En ce qui concerne les données relevant des qualités psychométriques de ce test, le coefficient de fidélité pour le temps de réaction et les omissions est très bon (0,95 et 0,94 respectivement). Pour les autres variables évaluées par le CPT-II, la fidélité varie d'acceptable (0,66) à très bonne 0,95 (Conners, 1994).

Dans un contexte d'évaluation de l'aptitude à conduire, les résultats du CPT-II s'avèrent corrélées avec les performances de conduite automobile chez diverses populations cliniques (Antin et al., 2017; Beaulieu-Bonneau et al., 2017). Par ailleurs, le CPT-II est un instrument de mesure recommandé auprès d'une population atteinte d'ARSCS selon Brassard et al. (2018) et ce, malgré qu'une réponse motrice simple soit exigée.

***Digit Symbol du Wechsler Adult Intelligence Scale – Revised as a Neuropsychological Instrument (WAIS-R NI)***

Le sous-test *Digit Symbol* de la batterie WAIS-R NI permet d'évaluer la vitesse de traitement de l'information sous les composantes visuelle et motrice (Wechsler, 1981). La tâche consiste à recopier des symboles non familiers dans la case appropriée. En fait, une clé de correspondance est présentée au participant. Celle-ci contient les chiffres 1 à 9 et chacun des chiffres est associé à un symbole. Le participant doit alors parcourir la grille de réponse et inscrire dans la case le symbole correspondant au chiffre indiqué. Puisqu'il s'agit d'un sous-test qui évalue la vitesse de traitement de l'information, le participant doit inscrire le plus de symboles possibles dans le temps imparti, et ce, l'un à la suite de l'autre, sans en sauter. Le sous-test inclut des items de pratique afin que le participant se familiarise avec la tâche. Par ailleurs, dans cette version, une condition de simple copie (condition contrôle) est incluse afin de pouvoir en faire une analyse croisée avec les scores obtenus dans la condition principale et d'ainsi soustraire la durée d'exécution motrice de la tâche. Le score alors obtenu permet de mieux apprécier la vitesse de traitement de l'information sans égard au ralentissement moteur potentiel du participant (Wechsler, 1981; Lichtenberg & Kaufman, 2009).

Bien que l'auteur rapporte que la batterie de tests du WAIS-R présente des qualités psychométriques satisfaisantes, son édition complémentaire (WAIS-R NI), qui modifie la tâche du *Digit Symbol* original du WAIS-R en ajoutant une condition contrôle soit la recopie des symboles, ne fournit aucune nouvelle donnée quant à sa validité ou fidélité (Spreeen & Strauss, 1998). Cela dit, évalué à l'aide de la corrélation test-retest, le

coefficient de fidélité du *Digit Symbol* du WAIS-R varie de 0,73 à 0,86 selon les différents groupes d'âge (Wechsler, 1981). Aussi, le test *Digit Symbol* du WAIS-III (version équivalente de celle du WAIS-R-NI [Psychological Corporation, 1997]) est plus associé à une mesure de la vitesse du traitement de l'information qu'il n'est l'est à une mesure mnésique (Joy et al., 2004; Kreiner, & Ryan, 2001). Morgan et Wheelock (1992) rapportent que la version du *Digit Symbol* du WAIS-R est fortement corrélée ( $r = 0,91$ ) avec le SDMT, qui lui, à titre de rappel, s'avère corrélé avec la performance de conduite automobile chez diverses populations cliniques (Devos et al., 2012; Schultheis et al., 2010).

Dans leur étude évaluant la qualité d'administration de divers outils psychométriques auprès d'une clientèle atteinte d'ARSCS, Brassard et al. (2018) concluent que la version du sous-test *Digit Symbol* du WAIS-IV, n'est pas recommandée en raison du facteur temps dans l'exécution motrice de la tâche en considération des déficits observés chez cette clientèle. Par contre, la version du WAIS-R NI inclut une condition d'évaluation de la rapidité d'exécution motrice. Ainsi, un rapprochement entre ces deux conditions permet de répondre à la contrainte identifiée par ces auteurs.

### **Figure complexe de Rey-Osterrieth (FCR)**

Le test de la FCR permet de mesurer, entre autres, la mémoire visuelle et les habiletés visuoconstructives du participant (Waber & Holmes, 1985). Le test est composé d'une représentation bidimensionnelle d'une figure complexe formée de 18 éléments graphiques et qui n'a aucune référence globale avec un objet connu ou identifiable.

Lorsqu'administré dans son ensemble, le test de la FCR comporte quatre conditions. Puisque la première condition d'administration (copie de figure) estime les fonctions visuospatiales et visuomotrices alors que les autres (rappel libre ou indicé) traitent davantage des fonctions mnésiques, seulement les résultats à cette première condition sont analysés dans la présente étude. Concrètement, la première tâche consiste à copier la figure complexe sur une feuille blanche à l'aide d'un crayon (Strauss et al., 2006). Le système de cotation le plus couramment utilisé est celui proposé par Osterrieth (1944) puis adapté par Taylor (1959). Celui-ci évalue premièrement la qualité des 18 éléments graphiques reproduits par le participant puis, dans un second temps, il évalue le temps total (en secondes) requis par le participant pour reproduire la figure.

Le test de la FCR possède de très bonnes qualités psychométriques (Berry et al., 1991; Loring et al., 1990; Shorr et al., 1992; Tupler et al., 1995). En effet, les coefficients de fidélité interjuge et intrajuge vont de 0,91 à 0,98 et les coefficients de fidélité test-retest varient de 0,60 à 0,76. Aussi, les données du test de la FCR (notamment la condition de copie) s'avèrent corrélées avec les performances de conduite automobile de diverses populations cliniques (Akinwuntan et al., 2006; Amick et al., 2007; Dawson et al., 2009; Grace et al., 2005; Marshall et al., 2007).

Bien que Brassard et al. (2018) ne recommandent pas son utilisation auprès d'une population atteinte d'ARSCS en raison de l'implication des habiletés motrices et d'un temps d'exécution, il est possible que les résultats obtenus reflètent tout de même une différence entre les deux groupes. Par ailleurs, dans le cadre de la présente étude, le temps

de réalisation de la tâche sera considéré, mais également la qualité de reproduction de la figure, sans égard au temps pris pour le faire.

### ***Hooper Visual Organization Test (HVOT)***

Le HVOT est un instrument qui permet de mesurer la capacité du participant à organiser mentalement des stimuli visuels et ainsi, d'estimer ses fonctions visuospatiales (Hooper, 1958). Ce test est composé de 30 images simples qui représentent des objets familiers, mais morcelés et désordonnés tel un casse-tête. Le participant doit alors parvenir à manipuler mentalement les morceaux de façon à former une image globale reconnaissable et la nommer (Garfield & Boyd, 1981; Hooper, 1958).

La fidélité de ce test est jugée appropriée (indice split-half variant de 0,78 à 0,82) et sa validité a été testée par différentes méthodes et études qui la qualifient d'adéquate (Hooper, 1958; Lopez et al., 2003).

Par ailleurs, le HVOT est un instrument de mesure recommandé auprès d'une population atteinte d'ARSCS selon Brassard et al. (2018). Ainsi, bien que les conclusions des données scientifiques consultées soient mitigées en regard de l'association de l'outil avec les performances de conduite automobile chez diverses populations cliniques (Budd, 2004; Galski et al., 1990; Marottoli et al., 1998; Myers et al., 2000; Richardson & Marottoli, 2003), il demeure pertinent d'évaluer la possibilité d'une association à ce niveau auprès d'une clientèle atteinte d'ARSCS.

### ***Trail Making Test (TMT) du Delis-Kaplan Executive Function System (D-KEFS)***

Le TMT de la batterie d'évaluation neuropsychologique D-KEFS (Delis et al., 2001b) permet, à travers ses différentes conditions, d'estimer plusieurs variables neuropsychologiques (Lezak et al., 2012). Dans cette version du TMT, qui inclut cinq conditions différentes, il est possible de retrouver des résultats correspondant à la partie A et B de la version originale. Chacune des cinq différentes conditions prend environ une à deux minutes (balayage visuel, séquence numérique, séquence de lettres, alternance lettre-chiffre et rapidité motrice). La performance est évaluée en comparant le temps de réalisation et le nombre d'erreurs aux normes établies pour les caractéristiques sociodémographiques du participant. Ainsi, la première condition (soit celle du balayage visuel) permet d'estimer, entre autres, les fonctions visuospatiales des participants. En plus de cette première condition, la seconde et la troisième (soit celles du séquençage alphanumérique sans alternance), permettent également de mesurer les fonctions visuospatiales, en plus d'obtenir des informations quant à la vitesse du traitement de l'information des participants. Il est par ailleurs possible d'obtenir un score combiné à ces deux dernières conditions. La quatrième condition (soit celle de l'alternance lettre-chiffre) consiste en une tâche évaluant la flexibilité cognitive. Enfin, la cinquième condition permet d'évaluer la vitesse d'exécution motrice du participant qui sert alors de condition contrôle pour les analyses comparatives (Delis et al., 2001a).

Selon les auteurs (Delis et al., 2001b), le TMT présente de bonnes qualités psychométriques. Plus précisément, l'indice de cohérence interne est calculé et testé en

fonction des groupes d'âge et il varie de 0,57 à 0,80. Le coefficient test-retest est établi selon les différentes conditions du sous-test et il varie de 0,38 et 0,77.

Il est important de préciser que Brassard et al. (2018) ne recommandent pas l'administration du TMT auprès d'une population atteinte d'ARSCS en raison de l'implication des habiletés motrices dans le temps d'exécution. Son utilisation est tout de même justifiée puisqu'il semble fortement associé à la conduite automobile (Aksan et al., 2015; Devos et al., 2011; Hargrave et al., 2012; Mathias & Lucas, 2009; Wolfe & Lehockey, 2016) et qu'il est possible que les résultats obtenus reflètent tout de même une différence entre les deux groupes comparés.

### ***Zoo Map du Behavioural Assessment of Dysexecutive Syndrome (BADS)***

Le sous-test « *Zoo Map* » du BADS (Wilson et al., 1996) permet d'estimer la capacité de planification/organisation du participant (Lezak et al., 2012). Ce test consiste à planifier et indiquer le trajet idéal pour visiter différents endroits identifiés sur une carte, mais selon différentes contraintes telles que des voies utilisables qu'une seule fois ou une visite des endroits ciblés dans un ordre bien défini. Dans la première condition d'administration, ces différentes contraintes sont communiquées au participant, mais aucun indice quant à la résolution du problème n'est fourni. Dans sa seconde condition d'administration, les contraintes demeurent, mais une liste de consignes est fournie au participant en guise d'aide à la résolution et ce dernier doit tout simplement suivre ces indications. Le temps de planification et le temps total pour résoudre chacune des conditions sont relevés.

L'indice d'accord interjuge de ce test varie entre 0,96 et 1, mais il est difficile de se prononcer sur l'indice de fidélité test-retest en raison d'un fort effet d'apprentissage qui vient invalider les résultats (Wilson et al., 1996). Parmi la littérature consultée, il n'apparaît pas, à notre connaissance, y avoir d'étude corrélationnelle qui explore le lien entre cet outil psychométrique et les performances de conduite automobile. Son utilisation permet tout de même d'obtenir des informations sur la capacité de planification et d'organisation des participants, ce qui correspond à l'une des fonctions exécutives associées à la conduite automobile (Ott et al., 2003). De plus, cet outil n'a pas été analysé par Brassard et al. (2018) et ne fait donc pas l'objet de recommandations spécifiques auprès de la population clinique à l'étude.

### **Devis de recherche et analyses statistiques**

En raison de l'absence de contrôle sur la variable indépendante (soit le statut de conducteur des participants) et de la création de deux groupes non équivalents, ainsi qu'une randomisation impossible, un devis de recherche de type descriptif comparatif est appliqué. Ce devis permet de vérifier la présence de différences entre les deux groupes (conducteurs et non-conducteurs) à l'aide de méthodes d'analyse statistique de comparaisons de moyennes telles que l'ANOVA, le test t, le Wilcoxon ou le Khi-carré (Dancey et al., 2023).

D'entrée de jeu, toutes les analyses statistiques réalisées dans le cadre de présent projet de recherche ont été effectuées à l'aide du logiciel de traitement statistique *IBM SPSS Statistics 22.0*<sup>®</sup>. La recherche comprend d'abord un traitement préliminaire des

données, soit une analyse des statistiques descriptives (moyenne, écart-type, variance, étendue, médiane, etc.) pour les variables à l'étude, et ce, en fonction du groupe d'appartenance (conducteurs ou non-conducteurs) des participants. Ont suivi ensuite des analyses vérifiant si les données respectent les postulats de linéarité, d'homoscédasticité et de normalité. De plus, les analyses ont permis de confirmer l'absence de données aberrantes et extrêmes.

Pour finir, afin d'examiner si, conformément à l'hypothèse de départ, les conducteurs ont des performances supérieures aux mesures des fonctions cognitives associées à la conduite automobile que les non-conducteurs, le score obtenu aux différents tests a été soumis à une analyse de la variance (ANOVA) selon le groupe d'appartenance des individus. Les conditions d'application ou postulats de base (linéarité, homoscédasticité et normalité) étaient majoritairement respectés pour l'ensemble des variables. Toutefois, lorsque l'homogénéité de la variance n'était pas respectée, un test t pour échantillons indépendants a été administré sous l'hypothèse de variance inégale. Le test de comparaison non paramétrique de Wilcoxon a été réalisé lorsque l'hypothèse de normalité n'était pas rencontrée. Par ailleurs, un test du Khi carré ou test de Fisher a été administré pour comparer les variables catégorielles (i.e., sexe, niveau de scolarité ou de mobilité, etc.). Un niveau de signification statistique de 95 % (alpha de 0,05) a été utilisé pour tous les tests statistiques. Concernant l'interprétation clinique de la signification statistique, soit la qualification du calcul de la taille d'effet, les balises de Cohen (1988) ont été utilisées. Le Tableau 2 présente ces balises d'interprétation en fonction des tests d'analyses statistiques et leur statistique de calcul de la taille d'effet correspondante.

**Tableau 2.**  
*Balises d'interprétation de la taille d'effet statistique selon Cohen (1988)*

Statistique de taille d'effet	Analyses statistiques concernées	Données	Interprétation
Êta carré ( $\eta^2$ )	ANOVA Test t	Autour de 0,01	Petit
		Autour de 0,06	Moyen
		Autour de 0,12	Grand
Phi (r)	Wilcoxon	0,1 à 0,3	Petit
		0,3 à 0,5	Moyen
		0,5 et plus	Grand

### Réduction des données et classification clinique

Cette étape préliminaire était déjà réalisée dans le cadre de la création de la banque de données de Bouchard et Gagnon (2017) et consiste à transformer un score brut en un score pondéré. En d'autres termes, il s'agit de comparer ce score brut aux données (moyenne et écart-type) tirées de l'échantillon normatif disponible pour chacun des instruments. Cet échantillon normatif peut varier, mais permet habituellement de qualifier la performance du participant en la comparant à la performance moyenne des individus partageant des caractéristiques sociodémographiques similaires (p. ex. âge, sexe, niveau d'éducation). Parmi les instruments retenus dans la présente étude, différents scores sont utilisés : « score Z » ( $\bar{x} = 0$ ;  $s = 1$ ), « score T » ( $\bar{x} = 50$ ;  $s = 10$ ), « score standard » ( $\bar{x} = 100$ ;  $s = 15$ ) et « score pondéré » ( $\bar{x} = 10$ ;  $s = 2$ ). La performance moyenne obtenue par chacun des groupes aux différentes épreuves sera rapportée sous forme de scores pondérés/standardisés à l'exception du temps de réalisation de la copie de la FCR ou encore celle du « Zoo Map » qui demeurent soit sous forme de scores bruts moyens (temps en secondes) puisqu'aucune norme n'est disponible pour ces variables.

Enfin, ces scores pondérés moyens sont décrits de façon qualitative en fonction des barèmes de classification utilisés par les divers intervenants de la CMNM du CIUSS-SLSJ. En effet, auprès d'une clientèle atteinte d'ARSCS, ces derniers utilisent un seuil clinique de -1,5 écart-type pour indiquer un déficit léger. Ainsi, de façon générale, la classification exposée dans le **Tableau 3** sera utilisée dans la présente étude.

**Tableau 3.**  
*Barèmes de classification descriptive des diverses distributions de scores*

Catégorie descriptive	Score Z	Score T	Score standard	Score pondéré
Normal	$\geq -0,99$	$\geq 41$	$\geq 86$	$\geq 8$
Faiblesse	-1,00 à -1,49	36 à 40	79 à 85	7
Déficit léger	-1,50 à -1,99	31 à 35	71 à 78	5 à 6
Déficit modéré	-2,00 à -2,99	21 à 30	56 à 70	2 à 4
Déficit sévère	$\leq -3,00$	$\leq 20$	$\leq 55$	$\leq 1$

## **Résultats**

La section suivante présente d'abord une description des groupes de participants à l'étude, suivie des analyses statistiques de comparaison afin de documenter les différences possibles quant à leurs caractéristiques sociodémographiques. Par la suite, les résultats pouvant répondre à l'hypothèse de recherche seront présentés selon les fonctions cognitives évaluées par chacune des variables.

### **Description des groupes de participants**

L'échantillon se compose de 34 participants répartis en deux groupes selon leur statut de conducteur. Le groupe conducteur est formé de 20 participants alors que le groupe non-conducteur est formé de 14 participants. Le Tableau 4 présente les caractéristiques sociodémographiques des participants selon leur groupe d'appartenance.

Une analyse de variance a été réalisée afin de vérifier si les groupes de participants étaient équivalents en regard de leur âge. Les postulats de normalité et d'homogénéité des variances sont rencontrés. Les non-conducteurs ( $\bar{x} = 48,43; s = 2,3$ ) sont significativement plus âgés que les conducteurs ( $\bar{x} = 32,7; s = 1,92$ ) ( $F(1; 32) = 27,54; p < 0,001$ ). La taille de l'effet est grande ( $\eta^2 = 0,46$ ).

En regard du sexe, le groupe conducteur est composé à 45 % de femmes (n=9) et à 55 % d'hommes (n=11). Pour ce qui est du groupe non conducteur, 28,6 % de femmes (n=4) et 71,4 % d'hommes (n=10) le composent. Par ailleurs, un test du Khi carré ( $\chi^2$ ) met

en évidence qu'aucune différence significative ( $\chi^2(1; n = 34) = 0,94; p = 0,33$ ) n'existe entre les groupes en ce qui a trait au genre.

Concernant la scolarité (soit le dernier niveau de scolarité complété), les différences relatives par rapport au groupe d'appartenance ont été analysées grâce au test de Fisher ( $\theta$ ) puisque les conditions d'application du test de khi carré ( $\chi^2$ ) n'étaient pas toutes rencontrées, alors qu'un effectif théorique inférieur à cinq était observé dans plusieurs cellules (c.-à-d. qu'un nombre plus petit que cinq participants était parfois observé lorsqu'on met en relation le statut de conducteur des participants et son dernier niveau de scolarité complété). Les résultats indiquent que les groupes diffèrent à ce niveau ( $\theta=10,194; p=0,007$ ), ce qui suggère que les participants du groupe conducteur ont, en moyenne, un niveau de scolarité plus élevé que les non-conducteurs.

À noter que certains participants n'ont pas complété toutes les tâches pour diverses raisons (p.ex. inconfort secondaire aux exigences motrices, incapacité à compléter la tâche dans les temps prescrits). C'est la raison pour laquelle le « n » (taille du groupe) varie par moment à certaines variables (« Blocs » du WAIS-IV, CPT-II, « *Digit Symbol* » du WAIS-R-NI, & copie de la FCR). À titre de rappel, la taille des groupes a été incluse dans les tableaux de présentation des données pour chacune des variables à l'étude.

**Tableau 4.**  
*Caractéristiques sociodémographiques des participants*

		Conducteurs	Non-conducteurs
		n = 20	n = 14
Âge (en années)	M (É-T)	32,70 (1,92)	48,43 (2,3)
		% (n)	% (n)
Sexe	Femme	45,0% (9)	28,6% (4)
	Homme	55,0% (11)	71,4% (10)
Dernier niveau de scolarité complété	Secondaire	25,0% (5)	78,6% (11)
	Professionnel ou collégial	45,0% (9)	21,4% (3)
	Universitaire	30,0% (6)	0,0% (0)
Niveau de mobilité à l'intérieur	Marche sans aide	60,0% (12)	0,0% (0)
	Marche avec canne ou déambulateur	15,0% (3)	14,3% (2)
	Utilisation du fauteuil roulant	25,0% (5)	85,7% (12)
Niveau de mobilité à l'extérieur	Marche sans aide	35,0% (7)	0,0% (0)
	Marche avec canne ou déambulateur	40,0% (8)	7,1% (1)
	Utilisation du fauteuil roulant	20,0% (4)	50,0% (7)
	Quadriporteur	5,0% (1)	42,9% (6)

### Résultats par fonctions cognitives

#### Fonctions visuospatiales et visuoconstructives

Le Tableau 5 présente les comparaisons de moyennes réalisées entre les groupes de participants selon leur statut de conducteur aux différentes variables évaluant les fonctions visuospatiales. En accord avec l'hypothèse de départ, il est possible de constater que les conducteurs obtiennent des scores supérieurs aux non-conducteurs aux premières épreuves du TMT (qui sollicitent particulièrement les fonctions visuospatiales). Plus

précisément, le score pondéré moyen du groupe conducteur ( $\bar{x} = 5,20$ ) à la première condition (barrage de cibles) est significativement meilleur que celui du groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 1,29$ ) ( $t(21,37) = -5,86$ ;  $p < 0,01$ ), avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,52$ ). À cette condition, la performance moyenne des conducteurs est légèrement déficitaire alors que celle des non-conducteurs est sévèrement déficitaire. De plus, la performance moyenne des conducteurs ( $\bar{x} = 5,70$ ) est également significativement supérieure à celle des non-conducteurs ( $\bar{x} = 1,71$ ) lorsque le score pondéré combiné des conditions 2 et 3 du TMT est pris en compte ( $t(22,47) = -4,10$ ;  $p < 0,01$ ), avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,34$ ). À ce niveau, la performance moyenne des conducteurs demeure légèrement déficitaire et celle des non-conducteurs est, quant à elle, sévèrement déficitaire.

Bien qu'il soit possible d'observer une différence significative entre les groupes aux conditions du TMT évaluant les fonctions visuospatiales, un résultat semblable n'est pas observé pour les autres variables évaluant les fonctions visuomotrices. En ce qui concerne le score pondéré moyen aux Blocs du WAIS-IV ( $p=0,08$ ), le score T au HVOT ( $p=0,07$ ) ou le score brut à la copie de la FCR ( $p=0,07$ ), les performances tendent à être meilleures chez les conducteurs que chez les non-conducteurs, bien que les résultats statistiques ne soient pas significatifs, mais près du seuil de signification statistique (voir le Tableau 5 pour plus de détails). Par ailleurs, le temps de réalisation de la copie de la FCR ne présente pas de différence significative entre les groupes étudiés ( $p=0,261$ ).

**Tableau 5.**

*Analyse de la variance des variables mesurant les fonctions visuospatiales entre les groupes selon le statut de conducteur*

Variables	Groupe conducteur			Groupe non-conducteur			Statistique de test	$\eta^2$
	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>		
Trail Making Test (TMT)								
Score pondéré – condition 1	20	5,20	2,90	14	1,29	0,61	$t = -5,86^{***}$	0,52
Score pondéré – conditions 2+3 combinées	20	5,70	4,16	14	1,71	1,07	$t = -4,10^{***}$	0,34
Blocs (WAIS-IV)								
Score pondéré	20	6,00	2,25	13	4,69	1,49	$F = 3,40^*$	0,10
Hooper (HVOT)								
Score T	20	57,63	6,41	14	65,50	14,43	$t = 1,91^*$	0,10
Figure de Rey (FCR)								
Score brut – condition « Copie »	20	30,55	4,51	14	24,43	11,24	$t = -1,93^*$	0,10
Temps de réalisation – condition « Copie »	20	293,35	116,35	13	339,46	107,88	$F = 1,31$	0,04

Note. \* $p < 0,1$  ; \*\* $p < 0,05$  ; \*\*\* $p < 0,01$

### Vitesse de traitement de l'information

Le Tableau 6 présente les informations pertinentes quant aux analyses statistiques de comparaison des scores moyens obtenus par les participants aux différentes variables évaluant la vitesse de traitement de l'information selon le statut de conducteur.

D'abord, toujours en accord avec l'hypothèse de départ, il est constaté que les conducteurs obtiennent des scores supérieurs aux non-conducteurs aux trois mesures retenues pour le test du *Digit Symbol*. Plus précisément, le score pondéré moyen du groupe conducteur ( $\bar{x} = 5,60$ ) à la première condition (tâche de substitution) du *Digit Symbol* est significativement meilleur que celui du groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 2,92$ ) ( $F(1; 30) = 21,40$ ;  $p < 0,01$ ), avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,42$ ). À cette condition, la performance moyenne des conducteurs est légèrement déficitaire alors que celle des non-

conducteurs est moyennement déficitaire. De plus, le score pondéré moyen du groupe conducteur ( $\bar{x} = 10,68$ ) à la seconde condition de ce test (tâche de copie) est meilleur que celui du groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 4,75$ ) ( $F(1; 29) = 25,01$ ;  $p < 0,01$ ), avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,46$ ). À cette condition, la performance moyenne des conducteurs est dans les limites de la normale alors que celle des non-conducteurs est légèrement déficitaire. Enfin, le score z moyen corrigé de la première condition du test en fonction de score obtenu à la condition de copie des conducteurs ( $\bar{x} = -0,58$ ) est également meilleurs que celui des non-conducteurs ( $\bar{x} = -0,92$ ) ( $F(1; 29) = 7,96$ ;  $p < 0,01$ ), toujours avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,22$ ). À ce niveau, autant la performance moyenne des conducteurs que celle des non-conducteurs se situent dans les limites de la moyenne attendue.

Le CPT-II permet également une mesure de la vitesse du traitement de l'information sous une modalité visuomotrice. À ce niveau, le score t moyen du temps de réaction moyen aux stimuli des conducteurs ( $\bar{x} = 65,35$ ) est meilleur que celui des non-conducteurs ( $\bar{x} = 79,88$ ) ( $F(1; 31) = 17,00$ ;  $p < 0,01$ ), avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,35$ ). Aussi, la performance moyenne des conducteurs à cette mesure se situe dans la moyenne faible alors que celle des non-conducteurs est sévèrement déficitaire.

Finalement, le temps de réalisation moyen des deux premières conditions (dénomination des couleurs et lecture de mots) de la mesure de l'effet Stroop permet, lui aussi, une mesure de la vitesse de traitement de l'information, mais cette fois-ci en sollicitant une modalité verbale. À ce niveau, le score pondéré combiné (condition 1+2) moyen des conducteurs ( $\bar{x} = 8,00$ ) est meilleur que celui des non-conducteurs ( $\bar{x} = 3,00$ )

( $F(1; 32) = 19,61$ ;  $p < 0,01$ ), avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,38$ ). Pour ces conditions du Stroop, la performance moyenne des conducteurs est dans les limites de la normale alors que celle des non-conducteurs est moyennement déficitaire.

**Tableau 6.**

*Analyse de la variance des variables mesurant la vitesse de traitement de l'information entre les groupes selon leur statut de conducteur*

Variables	Groupe conducteur			Groupe non-conducteur			Statistique de test	$\eta^2$
	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>		
Digit Symbol								
Score pondéré – condition « Substitution »	20	5,60	1,82	12	2,92	1,08	$F = 21,40^{***}$	0,42
Score pondéré – condition « Copie »	19	10,68	3,86	12	4,75	1,71	$F = 25,01^{***}$	0,46
Score Z corrigé de performance globale	19	-0,58	0,31	12	-0,92	0,36	$F = 7,96^{***}$	0,22
CPT-II								
Score T – temps de réaction moyen	20	65,35	9,12	13	79,88	11,01	$F = 17,00^{***}$	0,35
Stroop / CWIT								
Score pondéré – conditions 1+2 combinées	20	8,00	3,45	14	3,00	2,91	$F = 19,61^{***}$	0,38

Note. \* $p < 0,1$  ; \*\* $p < 0,05$  ; \*\*\* $p < 0,01$

### Fonctions attentionnelles

Le Tableau 7 présente les informations pertinentes quant aux analyses statistiques de comparaison des scores moyens obtenus par les participants aux différentes variables évaluant les fonctions attentionnelles, selon le statut de conducteur.

À ce niveau, plusieurs mesures évaluant certaines fonctions attentionnelles s'avèrent significativement différentes entre les deux groupes. En effet, il est possible de constater que les conducteurs obtiennent de meilleures performances que les non-

conducteurs à plusieurs variables du CPT-II et du sous-test « Mémoire spatiale » du WMS-III. Il est important de noter que certaines variables ne sont toutefois pas statistiquement significatives.

Tout d'abord, concernant les mesures attentionnelles du CPT-II, il est possible d'observer une différence statistiquement significative entre les groupes au niveau du nombre d'omissions, de l'erreur standard du temps de réaction ainsi qu'à l'indice de variabilité. Plus précisément, le score *t* moyen relatif au nombre d'omissions dans la tâche du CPT-II du groupe conducteur ( $\bar{x} = 53,22$ ) est meilleur que celui du groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 82,43$ ) ( $t(16,32) = 3,38$ ;  $p < 0,01$ ), indiquant un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,27$ ). La performance moyenne des conducteurs se situant dans la moyenne et celle des non-conducteurs étant sévèrement déficitaire, ce résultat se traduit par le fait que les non-conducteurs font plus d'erreurs d'omissions que les conducteurs. De plus, le score *T* moyen relatif à l'erreur standard du temps de réaction du groupe conducteur ( $\bar{x} = 51,14$ ) est meilleur que celui du groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 68,75$ ) ( $F(1; 31) = 16,74$ ;  $p < 0,01$ ), avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,35$ ). La performance moyenne des conducteurs se situant dans la moyenne et celle des non-conducteurs étant légèrement déficitaire, ce résultat se traduit par le fait que les non-conducteurs font preuve d'une plus grande inconsistance dans leur temps de réaction au long de la tâche, indiquant davantage de difficulté à soutenir l'attention chez ces derniers. Parallèlement, le score *T* moyen relatif à l'indice de variabilité du temps de réaction dans la tâche du CPT-II du groupe conducteur ( $\bar{x} = 51,65$ ) est meilleur que celui du groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 74,15$ ) ( $F(1; 31) = 21,57$ ;  $p < 0,01$ ), avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,41$ ). Tel que la mesure

précédente, l'indice de variabilité du temps de réaction est une autre mesure de consistance du temps de réaction, mais, cette fois, en comparaison à la performance moyenne du sujet à différents moments de la réalisation de la tâche. Ainsi, la performance moyenne des conducteurs se situant dans la moyenne et celle des non-conducteurs étant moyennement déficitaire, ces résultats se traduisent, encore une fois, par le fait que les non-conducteurs font preuve d'un temps de réaction plus inconsistant en regard de leur performance dans la tâche.

Deuxièmement, concernant les mesures attentionnelles du sous-test « Mémoire spatiale » du WMS-III, il est possible d'observer une différence entre les groupes au niveau du score pondéré moyen de la première condition de la tâche ainsi qu'au niveau du score pondéré moyen total de la tâche. Plus précisément, le score pondéré moyen relatif à la performance à la première condition de la tâche de « Mémoire spatiale » du groupe conducteur ( $\bar{x} = 8,30$ ) est meilleur que celui du groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 6,36$ ) ( $F(1; 32) = 6,84; p < 0,05$ ), avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,18$ ). Ce résultat se traduit par le fait que les non-conducteurs ont une moins bonne performance (déficit léger) que les conducteurs (normale) à une tâche de rappel en ordre direct d'informations visuospatiales, ce qui correspond à une mesure de l'empan mnésique visuospatial. De plus, le score pondéré moyen du résultat total de la tâche de « Mémoire spatiale » du groupe conducteur ( $\bar{x} = 8,10$ ) est meilleur que celui du groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 6,14$ ) ( $F(1; 32) = 5,62; p < 0,05$ ), avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,15$ ). À ce niveau, la performance moyenne des conducteurs se situe dans les limites de la normale alors que celle des non-conducteurs est légèrement déficitaire.

Bien qu'il soit possible d'observer une différence significative entre les groupes à certaines variables du CPT-II ou encore du sous-test « Mémoire spatiale » du WMS-III, cette différence n'est pas observée pour les autres variables retenues comme évaluant les fonctions attentionnelles. C'est le cas en effet, pour la seconde condition de « Mémoire spatiale » (soit celle impliquant la mémoire de travail et qui requiert la reproduction d'une suite de blocs en ordre inverse) ( $p=0,18$ ). De plus, aucune différence significative entre les deux groupes n'est observée au score T moyen se rapportant au changement de temps de réaction entre les segments du CPT-II ( $p=0,46$ ). Il s'agit là d'une mesure de l'attention soutenue. Toujours au CPT-II, le score T moyen de la mesure de détectabilité (soit la capacité du sujet à discriminer une cible d'un distracteur) ne révèle aucune différence entre les deux groupes ( $p=0,81$ ).

**Tableau 7.**

*Analyse de la variance des variables mesurant les fonctions attentionnelles entre les groupes selon leur statut de conducteur*

Variables	Groupe conducteur			Groupe non-conducteur			Statistique de test	$\eta^2$
	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>		
<b>CPT-II</b>								
Score T – erreurs d’omissions	20	53,22	15,02	13	82,43	28,71	$t = 3,38^{***}$	0,27
Score T – erreur standard du temps de réaction moyen	20	51,14	11,47	13	68,75	12,98	$F = 16,74^{***}$	0,35
Score T – changements du temps de réaction moyen	20	49,62	5,48	13	51,30	7,47	$F = 0,55$	0,02
Score T – variabilité dans la consistance du temps de réaction	20	51,65	12,20	13	74,15	15,56	$F = 21,57^{***}$	0,41
Score T – détectabilité (capacité à discriminer une cible d’une non-cible)	20	51,00	10,22	13	51,85	9,33	$F = 0,06$	0,00
<b>« Mémoire spatiale »</b>								
Score pondéré – condition rappel à l’endroit	20	8,30	2,43	14	6,36	1,60	$F = 6,84^{**}$	0,18
Score pondéré – condition rappel à l’envers	20	8,35	1,98	14	7,36	2,21	$F = 1,89$	0,06
Score pondéré – conditions 1+2 combinées	20	8,10	2,59	14	6,14	1,99	$F = 5,62^{**}$	0,15

Note. \* $p < 0,1$  ; \*\* $p < 0,05$  ; \*\*\* $p < 0,01$

### Fonctions exécutives

**Inhibition.** Le Tableau 8 présente les informations pertinentes quant aux analyses statistiques de comparaison des scores moyens obtenus par les participants aux différentes variables évaluant les capacités d’inhibition selon le statut de conducteur.

À ce niveau, plusieurs mesures s’avèrent significativement différentes entre les deux groupes. En effet, il est possible de constater que les conducteurs obtiennent de meilleures performances que les non-conducteurs à plusieurs variables de la tâche du Stroop ou du CPT-II. Il est important de noter que certaines variables ne sont toutefois pas statistiquement significatives.

Tout d'abord, concernant les mesures de la capacité d'inhibition mesurées par la tâche du Stroop (condition 3), il est possible d'observer une différence entre les groupes, et ce, tant au niveau de la vitesse (temps de réalisation de la tâche) que de la précision (nombre moyen d'erreurs commises) des participants. Plus précisément, le score pondéré moyen relatif au temps de réalisation de cette épreuve est significativement meilleur chez le groupe conducteur ( $\bar{x} = 9,70$ ) que chez le groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 4,29$ ) ( $F(1; 32) = 18,26; p < 0,01$ ), avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,36$ ). La performance moyenne des conducteurs se situant dans la norme attendue et celle des non-conducteurs étant moyennement déficitaire, ce résultat se traduit par le fait que les non-conducteurs prennent plus de temps à réaliser la tâche d'inhibition que les conducteurs. Aussi, le score pondéré moyen relatif au nombre d'erreurs commises lors de la réalisation de la même tâche du groupe conducteur ( $\bar{x} = 9,95$ ) est meilleur que celui du groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 5,21$ ) ( $t(17,30) = -4,68; p < 0,01$ ), avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,41$ ). La performance moyenne des conducteurs se situant toujours dans la norme attendue et celle des non-conducteurs étant légèrement déficitaire, ce résultat se traduit par le fait que les non-conducteurs font, en moyenne, plus d'erreurs d'inhibition que les conducteurs lors de la réalisation de cette tâche spécifique.

Deuxièmement, concernant les mesures de la capacité d'inhibition mesurées par le CPT-II, il est possible d'observer une différence entre les groupes au niveau du score T moyen correspondant au nombre d'erreurs de persévération. Plus précisément, le score T moyen relatif au nombre d'erreurs de persévération au CPT-II du groupe conducteur ( $\bar{x} = 69,06$ ) est meilleur que celui du groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 99,55$ ) selon le test de

Wilcoxon ( $Z=275,5$ ,  $p<0,05$ ), avec un effet de taille moyenne ( $r = -0,4$ ). La performance moyenne des conducteurs étant légèrement déficitaire alors que celle des non-conducteurs étant sévèrement déficitaire, ce résultat se traduit par le fait que les non-conducteurs font davantage d'erreurs de persévération au CPT-II que les conducteurs.

Bien qu'il soit possible d'observer une différence significative entre les groupes à certaines variables de la tâche de l'effet Stroop ou encore au CPT-II, un résultat semblable n'est pas observé pour d'autres variables retenues comme évaluant la capacité d'inhibition. C'est le cas pour le score pondéré moyen de la comparaison entre la performance à la première et la troisième condition de la tâche de l'effet Stroop ( $p=0,38$ ). De plus, aucune différence significative entre les deux groupes n'est observée au score T moyen se rapportant au nombre d'erreurs de commission au CPT-II ( $p=0,63$ ).

**Tableau 8.**

*Analyse de la variance des variables mesurant l'inhibition ou l'impulsivité entre les groupes selon leur statut de conducteur*

Variables	Groupe conducteur			Groupe non-conducteur			Statistique de test	$\eta^2$
	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>		
Stroop / CWIT								
Score pondéré – condition 3	20	9,70	3,40	14	4,29	3,95	F = 18,26***	0,36
Score pondéré – contraste condition 3 et 1	20	11,95	1,99	14	11,36	1,78	F = 0,80	0,02
Score pondéré – erreurs condition 3	20	9,95	1,70	14	5,21	3,51	t = -4,68***	0,41
CPT-II								
Score T – erreurs de commissions	20	52,59	11,95	13	54,57	10,65	F = 0,24	0,01
Score T – erreurs de persévérations	20	69,06	49,12	13	99,55	63,57	W = 275,50**	r = -0,41

Note. \* $p<0,1$  ; \*\* $p<0,05$  ; \*\*\* $p<0,01$

**Flexibilité cognitive.** Le Tableau 9 présente les informations pertinentes quant aux analyses statistiques de comparaison des scores moyens obtenus par les participants aux différentes variables évaluant la capacité de flexibilité cognitive selon le statut de conducteur.

À ce niveau, les résultats à certaines mesures de la flexibilité cognitive s'avèrent significativement différents entre les deux groupes, de sorte que les conducteurs obtiennent de meilleures performances que les non-conducteurs sur deux variables du TMT et une variable de la tâche du Stroop. Il est important de noter que certaines variables ne sont toutefois pas statistiquement significatives.

Tout d'abord, au TMT, la performance moyenne des deux groupes à la condition sollicitant la flexibilité cognitive s'avère significativement différente. Plus précisément, le score pondéré moyen relatif au temps de réalisation de la condition 4 du TMT, soit la condition d'alternance, du groupe conducteur ( $\bar{x} = 7,25$ ) correspond à la moyenne faible, mais demeure meilleur que celui du groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 1,79$ ) ( $t(26,25) = -5,62$ ;  $p < 0,01$ ) dont la performance moyenne est sévèrement déficitaire. La différence statistique étant de grande taille ( $\eta^2 = 0,50$ ). En d'autres termes, les non-conducteurs prennent plus de temps à réaliser la tâche que les conducteurs. De plus, à cette même condition du TMT, le score pondéré moyen relatif au nombre d'erreurs commises de groupe conducteur ( $\bar{x} = 10,50$ ) est meilleur que celui du groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 8,07$ ) ( $t(16,80) = -2,70$ ;  $p < 0,05$ ), avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,50$ ). Bien que les performances moyennes des conducteurs et des non-conducteurs se situent dans les limites de la norme attendue, l'analyse statistique indique tout de même que les non-conducteurs font, en moyenne, plus

d'erreurs que les conducteurs dans une tâche qui demande d'alterner entre différentes consignes. Bien qu'il soit possible d'observer une telle différence entre la performance des deux groupes à cette condition du TMT, aucune différence significative n'est observée entre les scores pondérés moyens associés au contraste entre la condition 4 (tâche d'alternance) et la condition 5 (tâche contrôle de la motricité) de chacun des groupes ( $p=0,09$ ).

Deuxièmement, à la tâche de l'effet Stroop, la performance moyenne des deux groupes à la condition sollicitant la flexibilité cognitive s'avère significativement différente. Plus précisément, le score pondéré moyen relatif au temps de réalisation de la condition 4 du Stroop, soit la condition d'alternance, du groupe conducteur ( $\bar{x} = 9,60$ ) est meilleur que celui du groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 3,71$ ) ( $F(1; 32) = 34,11$ ;  $p < 0,01$ ), avec un effet de grande taille ( $\eta^2 = 0,52$ ). La performance moyenne des conducteurs se situant dans la moyenne alors que celle des non-conducteurs étant moyennement déficitaire, ce résultat se traduit par le fait que les non-conducteurs prennent plus de temps à réaliser la tâche d'alternance que les conducteurs.

**Tableau 9.**

*Analyse de la variance des variables mesurant la flexibilité cognitive entre les groupes selon leur statut de conducteur*

Variables	Groupe conducteur			Groupe non-conducteur			Statistique de test	$\eta^2$
	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>		
TMT								
Score pondéré – condition 4	20	7,25	3,95	14	1,79	1,53	$t = -5,62^{***}$	0,50
Score pondéré – erreurs condition 4	20	10,50	1,43	14	8,07	3,15	$t = -2,70^{**}$	0,19
Score pondéré – contraste condition 4 vs. 5	20	11,75	3,02	14	10,00	2,51	$F = 3,16^*$	0,09
Stroop / CWIT								
Stroop4_ponScore pondéré – condition 4	20	9,60	3,05	14	3,71	2,64	$F = 34,11^{***}$	0,52

Note. \* $p < 0,1$  ; \*\* $p < 0,05$  ; \*\*\* $p < 0,01$

**Planification.** Le Tableau 10 présente les informations pertinentes quant aux analyses statistiques de comparaison des scores moyens obtenus par les participants aux différentes variables évaluant les capacités de planification selon le statut de conducteur.

À ce niveau, les résultats à la seule variable recueillie permettant d'évaluer la capacité de planification des participants s'avèrent significativement différents entre les deux groupes. Plus précisément, à la tâche du *Zoo Map* de la *BADS*, le temps de planification (en secondes) moyen (obtenu par la différence entre le temps d'exécution de la première condition soit la tâche requérant une planification du trajet, et la seconde condition, soit la condition contrôle d'exécution simple de la tâche) du groupe conducteur ( $\bar{x} = 115,75$ ) est meilleur que celui du groupe non-conducteur ( $\bar{x} = 48,23$ ) selon le test de Wilcoxon ( $Z=397,50$ ,  $p < 0,05$ ), avec un effet de grande taille ( $r=0,37$ ). En d'autres termes, les non-conducteurs prennent moins de temps que les conducteurs pour planifier une tâche qui requiert l'élaboration d'un itinéraire défini en fonction de différentes contraintes.

**Tableau 10.**

*Analyse de la variance des variables mesurant la planification entre les groupes selon leur statut de conducteur*

Variables	Groupe conducteur			Groupe non-conducteur			Statistique de test	$\eta^2$
	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>		
Zoo Map								
Différence temps de planification – Condition 1 vs 2	20	115,75	113,19	13	48,23	116,82	$W = 397,50^{**}$	$r = 0,37$

*Note.* \* $p < 0,1$  ; \*\* $p < 0,05$  ; \*\*\* $p < 0,01$

## **Discussion**

La section qui suit aborde l'interprétation à tirer des résultats obtenus lors de la présente étude et propose une discussion de ces derniers. Il sera d'abord présenté un retour sur l'objectif de l'étude et l'hypothèse de recherche soulevée par les connaissances scientifiques actuelles. Il sera ensuite question d'une discussion quant à l'équivalence des groupes comparés dans la présente étude. Suivra, par la suite, l'analyse des résultats en fonction de l'hypothèse de recherche et ce, en suivant les différentes fonctions cognitives évaluées soit les fonctions visuospatiales, la vitesse du traitement de l'information, les fonctions attentionnelles et les fonctions exécutives (l'inhibition/impulsivité, la flexibilité cognitive et la planification). Une synthèse interprétative qui reprend sommairement l'ensemble des informations discutées sera ensuite exposée. Pour terminer, une analyse des conséquences et possibles retombées de l'étude sera présentée, suivie d'une discussion sur ses forces et limites et de certaines perspectives de recherches futures.

### **Retour sur l'objectif et l'hypothèse**

La présente recherche vise à explorer les liens entre le statut de conducteur de participants atteints d'ARSCS et diverses mesures des fonctions cognitives qui apparaissent associées à la conduite d'un véhicule routier. À notre connaissance, il s'agit de la première étude qui explore ce sujet auprès de cette population clinique. L'hypothèse de recherche qui a été soumise aux analyses statistiques était que la performance aux

diverses mesures neuropsychologiques reconnues comme étant corrélées avec la conduite automobile serait meilleure pour les participants qui conduisent que les non-conducteurs.

### **Équivalence des groupes de participants**

Avant de discuter des résultats obtenus dans la présente étude, il est judicieux de considérer certains points qui peuvent avoir un impact sur la compréhension des résultats présentés, soit en lien avec l'équivalence des groupes de participants analysés.

Premièrement, il a été présenté que les groupes (conducteurs et non-conducteurs) diffèrent quant à l'âge moyen des participants. À vrai dire, une telle différence est attendue quant à la différenciation des groupes basée sur le statut de conducteur. Considérant qu'il s'agit d'une maladie dégénérative, c'est-à-dire que les symptômes de la maladie apparaissent et/ou s'exacerbent au fil de l'avancement en âge de l'individu (Bouchard, 1991; Langelier et al., 1979; Martin et al., 2007), il va de soi que les individus, qui deviennent graduellement davantage symptomatiques, cessent de conduire et que ce statut ne revienne pas. Par conséquent, il est attendu que les participants du groupe non-conducteur soient plus âgés considérant la perte du permis de conduire associée à la progression de la maladie, ou autres raisons.

En fonction de cette différence et considérant que l'avancement en âge soit corrélé avec un déclin des capacités cognitives impliquées dans la conduite automobile (Aksan et al., 2015; Salthouse, 1996; 2004), il apparaît essentiel de considérer le rôle que peut jouer cette variable dans l'interprétation des résultats obtenus. D'abord, lors de la réduction des données, l'âge fait partie des données sociodémographiques de base dans les échantillons

normatifs. Ainsi, lorsque les scores pondérés sont comparés, un premier contrôle de l'âge est effectué et, lorsqu'une différence statistiquement significative est observée, cela rend compte que l'écart à la moyenne attendue selon l'âge augmente ou diffère. Aussi, parmi la plupart des instruments de mesure utilisés dans la présente étude, il a été montré que, dans la littérature consultée, ils présentaient des corrélations significatives avec la conduite automobile pour diverses populations cliniques, et ce, après avoir contrôlé l'âge (Aksan et al. 2015; Rizzo, 2011). Enfin, dans ces dernières études qui abordent l'impact du vieillissement normal ou pathologique sur la conduite automobile, il y a lieu de parler de vieillissement que lorsque l'âge est relativement avancé (i.e. plus de 60-65 ans). Ainsi, considérant que les membres du groupe non-conducteur ont, en moyenne, 48 ans (E-T 2,3), il est peu probable que la variable « âge », à elle seule, contribue à ce point à la performance de conduite automobile des participants.

Deuxièmement, il a été présenté que les groupes analysés diffèrent quant à leur niveau de scolarité. Différentes hypothèses peuvent être soulevées qui peuvent expliquer une telle différence sans toutefois parvenir à une seule raison explicative. D'abord, il est pertinent de rappeler que le groupe conducteur présente une moyenne d'âge légèrement inférieure au groupe non-conducteur. Considérant que, dans le contexte actuel, il existe une tendance générale croissante à se spécialiser et poursuivre des études supérieures (Junor & Usher, 2002); il est donc possible que les participants plus jeunes suivent cette même tendance. Bien qu'aucune donnée probante ne soit disponible dans la littérature consultée à cet effet, une seconde hypothèse explicative pourrait venir de la notion d'accessibilité, d'une part en raison des aménagements techniques et, d'autre part, en

raison des aménagements technologiques. Plus précisément, pour les personnes à mobilité réduite, il est possible que les installations scolaires ou publiques soient, avec les années, progressivement plus adéquates en termes d'accessibilité (rampes d'accès, ascenseur, etc.) ce qui pourrait avoir eu une incidence sur le taux de participation aux études supérieures. Aussi, le développement des technologies de l'information et du transport en commun, en plus de la disponibilité croissante de certaines technologies d'automatisation peuvent faciliter l'accès à l'éducation supérieure pour les personnes à mobilité réduite, notamment dans un contexte de région éloignée telle que le SLSJ. Cependant, cela demeure une hypothèse à valider alors qu'aucune donnée dans la littérature consultée n'a corroboré ces faits.

Bien qu'il n'apparaisse pas y avoir lieu de penser que le niveau de scolarité ait un impact sur le statut de conducteur, le niveau d'éducation peut toutefois avoir un effet sur certaines performances aux divers tests neuropsychologiques (Kawano et al., 2010). Ce faisant, il demeure pertinent d'explorer cette possible relation dans l'interprétation des résultats obtenus dans la présente étude. Pour répondre à cette question, tel que mentionné pour l'âge ci-haut, la variable du niveau d'éducation est également souvent considérée lors de la création des échantillons normatifs. C'est le cas entre autres pour le HVOT qui inclut des mesures d'ajustement du score brut en fonction de l'âge et du niveau de scolarité, alors que le D-KEFS, le WAIS-IV et le WMS-III incluent trois paliers de normes relatifs au niveau d'éducation (< 8ans, entre 8 et 16 ans, >16ans) pour réduire la performance du répondant au score pondéré. Ce faisant, pour ces mesures spécifiques, la différence significative entre les groupes prend d'emblée en considération les éléments

inclus dans l'échantillon normatif, ce qui permet alors d'exclure l'influence possible du niveau de scolarité. Autrement, pour les autres tests utilisés, soit ceux dont le niveau de scolarité n'est pas considéré dans les scores standardisés, il y a lieu de penser que les auteurs ont possiblement noté qu'elle n'avait pas d'influence sur la performance. En effet, des études rapportent qu'il n'y a pas d'influence du niveau d'éducation sur les performances au test de la FCR (Ashton et al., 2005), aux performances globales de la BADS (Wilson et al., 1996) ou du CPT-II (Riccio et al., 2001; Strauss et al., 2006). En somme, il est peu probable que le niveau d'éducation ait eu une influence prépondérante sur les résultats obtenus dans la présente étude.

### **Analyse et discussion des résultats obtenus**

La présente étude montre que l'hypothèse de recherche est, dans l'ensemble, appuyée par les données obtenues. Tous les six domaines cognitifs explorés ont révélé des différences significatives entre les groupes conducteurs et les non-conducteurs. Spécifiquement, sur les 29 variables collectées et analysées, 19 variables ont révélé des différences statistiquement significatives entre les groupes. De ces résultats, les forces de signification statistique sont presque unanimement de grande taille. Plus précisément, 18 des 19 différences statistiquement significatives obtenues représentent une différence cliniquement grande, l'autre étant qualifiée de modérée.

### **Fonctions visuospatiales et visuoconstructives**

Pour évaluer les fonctions visuospatiales et visuoconstructives, six variables ont été retenues de la banque de données de Bouchard et Gagnon (2017). Parmi ces variables, deux montrent une meilleure performance chez le groupe de conducteurs que chez les non-conducteurs (score pondéré moyen de la condition 1 soit le balayage visuel ainsi que du score pondéré moyen des conditions 2 et 3 combinées soit les séquences alphanumériques sans alternance de la D-KEFS). Bien qu'il y ait une différence significative entre les groupes, il est pertinent de noter que la performance moyenne des deux groupes à ces variables peut néanmoins être qualifiée de déficitaire. Il est vrai que le degré de sévérité du déficit diffère entre les groupes (« léger » pour les conducteurs et « sévère » pour les non-conducteurs), mais la performance demeure tout de même déficitaire. Ces résultats peuvent ainsi rendre compte d'un certain effet plancher de l'outil (tâche trop difficile) en regard du lien qu'il peut y avoir entre la performance à ces conditions du TMT et la capacité de conduite automobile pour cette population clinique. Ainsi, malgré que ce type de tâche de balayage visuel figure parmi les outils les plus robustes ou discriminants en regard de la performance de conduite automobile (Devos et al., 2014; Gorman et al., 2009; Reger et al., 2004; Withaar et al., 2000), pour la population clinique étudiée dans la présente étude, il n'apparaît pas essentiel de réussir une telle tâche pour être apte à conduire, et ce même si les non-conducteurs montrent des performances significativement plus faibles que celles des conducteurs. Parallèlement, tel que présenté précédemment, la tâche du TMT requiert des habiletés motrices et une dextérité fine. Ce

faisant, les résultats déficitaires obtenus peuvent également être expliqués, du moins en partie, par les difficultés motrices inhérentes à l'ARSCS.

Bien que des différences significatives au plan statistique ne soient pas observées aux autres variables impliquant les fonctions visuospatiales et visuoconstructives, il peut être intéressant de s'attarder au score brut obtenu par les participants à la condition de copie de la FCR. En fait, il est convenu de s'y pencher notamment en considérant qu'il est bien documenté que cette mesure apparaisse corrélée avec le risque de comportements de conduite problématique sur la route chez diverses populations cliniques (Akinwuntan et al., 2006; Amick et al., 2007; Dawson et al., 2009; Grace et al., 2005; Marshall et al., 2007). Selon les analyses statistiques, les scores bruts à la copie de la FCR ne présentent pas de différence significative mais demeurent toutefois près du seuil de signification statistique. À ce propos, notons que le groupe non-conducteur, obtient une grande valeur d'écart-type, ce qui suggère d'une grande variance entre les scores obtenus par les participants qui composent ce sous-groupe. Ainsi, pour cette variable, il y a lieu de penser qu'une taille d'échantillon plus importante aurait possiblement permis d'obtenir un résultat différent. Néanmoins, au plan descriptif, si on analyse plus précisément le score brut moyen de chacun des groupes à cette variable, et ce en utilisant les normes de Tremblay et al. (2015), il est possible de remarquer que, pour les conducteurs, le score brut moyen à la condition de copie de la FCR correspond à une performance dans les limites de la moyenne (en considérant les variables sociodémographiques moyennes). Parallèlement, pour les non-conducteurs, ce même score moyen correspond à une performance inférieure à la moyenne (toujours en considérant les variables

sociodémographiques moyennes). Ainsi, bien qu'une différence statistique ne soit pas obtenue, les résultats démontrent une différence au plan clinique entre les groupes à la condition de copie de la FCR, soit une mesure des fonctions visuoconstructives. Cette différence au plan clinique laisse croire que l'utilisation de cet instrument de mesure pourrait s'avérer efficace auprès de cette population clinique lorsqu'il s'agit de déterminer l'aptitude à conduire un véhicule routier de façon sécuritaire.

### **Vitesse de traitement de l'information**

Pour évaluer la vitesse de traitement de l'information, cinq variables ont été retenues de la banque de données de Bouchard et Gagnon (2017), et elles se sont toutes avérées statistiquement significatives conformément à l'hypothèse de recherche, soit les conducteurs ayant une meilleure performance moyenne que les non-conducteurs.

Au niveau de la tâche du *Digit symbol* du WAIR-R-NI, bien que les trois variables présentent une différence significative entre les groupes, certaines distinctions apparaissent essentielles à présenter. D'abord, il est important de rappeler que l'utilisation de cette tâche a été retenue puisqu'elle inclut une condition de copie simple. Ce faisant, lorsque la performance à la condition de copie est comparée à la condition principale, cela permet d'obtenir un score qui soustrait la composante graphomotrice de la tâche et ainsi, de mieux estimer la capacité de vitesse de traitement de l'information. En effet, puisque le groupe non-conducteur est plus âgé et donc, possiblement plus symptomatique notamment en regard des difficultés motrices inhérentes à la maladie, il va sans dire que la composante graphomotrice de la tâche contribue immanquablement aux différences

significatives obtenues lors des analyses de comparaisons de moyenne entre les groupes à la condition principale et à la condition de copie. Néanmoins, le score qui permet d'extraire cette composante graphomotrice de la tâche montre, quant à lui, aussi une vitesse de traitement de l'information significativement inférieure chez les non-conducteurs comparativement aux conducteurs. De plus, il est possible de remarquer que la taille d'effet est moins importante dans l'analyse de comparaison de moyennes de ce score corrigé du *Digit symbol* que celle effectuée sur les deux conditions respectivement (copie et substitution). Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'il semble bel et bien y avoir une difficulté au niveau de la vitesse du traitement de l'information, mais que celle-ci est d'autant plus importante lorsqu'elle est mise en relation avec les limitations motrices inhérentes à la maladie.

Autrement, les deux autres variables retenues pour comparer les groupes quant à la vitesse de traitement de l'information, soit le temps de réaction moyen au CPT-II et le score combiné de la performance aux conditions de dénomination et de lecture au Stroop, présentent également des différences significatives conformes à l'hypothèse de recherche. Tout comme pour la tâche du *Digit Symbol* du WAIR-R-NI, il existe une composante motrice dans chacune de ces tâches qui peut interférer, du moins en partie, avec les résultats obtenus, toujours en considérant les symptômes inhérents à l'ARSCS. Plus précisément, l'ataxie et la spasticité peuvent rendre compte d'une portion du temps de réaction moyen au CPT-II et pareillement quant à la dysarthrie pour le temps de réalisation des conditions de lecture de la mesure de l'effet Stroop de la batterie D-KEFS. Considérant que ces symptômes progressent avec l'avancement en âge et la différence

d'âge entre les groupes, il est tout à fait probable que la différence statistique obtenue soit, du moins en partie, attribuable à la progression de la maladie. Contrairement au *Digit Symbol* du WAIS-R-NI, il n'existe pas de mesure dans ces tests qui puissent extraire la composante motrice des performances globales. Néanmoins, considérant l'importance de la taille d'effet des analyses statistiques et du fait qu'il est possible de se fier à la différence obtenue à l'autre mesure de la vitesse de traitement de l'information, il y a lieu de penser que la portion non attribuable à la motricité dans les performances moyennes des participants à ces tâches représente également une différence significative entre les groupes quant à leur capacité de vitesse de traitement de l'information. D'autant plus que de tels résultats sont cohérents avec ceux d'études antérieures (Bouchard et al., 1978; Boucher, 2017; Brassard, 2020; Drolet, 2002) qui soutiennent l'hypothèse que les difficultés de vitesse de traitement de l'information observées chez une population atteinte d'ARSCS ne s'expliquent pas exclusivement par les troubles moteurs inhérents à la maladie.

L'utilisation du Stroop et du CPT-II pourrait ainsi s'avérer efficace dans la détermination de l'aptitude à conduire sécuritairement un véhicule routier pour les personnes atteintes d'ARSCS notamment puisqu'ils sont reconnus comme étant corrélés avec le risque de comportements de conduite problématiques chez d'autres populations cliniques (Antin et al., 2017; Beaulieu-Bonneau et al., 2017; Daigneault et al., 2002; Devos et al. 2012; Radford et al., 2004). Il en va de même pour le *Digit Symbol*, considérant qu'il soit corrélé avec le SDMT (Morgan, & Wheelock, 1992; Smith, 1973) qui, à son tour, est également corrélé avec le risque de comportements de conduite

problématiques chez d'autres populations cliniques (Devos et al., 2012; Schultheis et al., 2010). L'utilisation de ces outils pour évaluer l'aptitude de conduite automobile revêt d'autant plus d'importance considérant qu'ils estiment la capacité de vitesse de traitement de l'information (Connors, 1994; Delis et al., 2001b) qui, à son tour, correspond à une fonction cognitive phare dans la réalisation de cette activité complexe (Aksan et al., 2015; Wolfe et al., 2022).

### **Fonctions attentionnelles**

D'emblée, il importe de préciser que les diverses composantes de l'attention peuvent être conceptualisées et distinguées dans un modèle théorique, mais il en est tout autre lorsqu'il s'agit de les séparer et circonscrire à une seule variable de performance à un test (Lezak et al., 2012). Par ailleurs, malgré l'implication de l'attention divisée dans l'aptitude à conduire chez diverses populations cliniques selon la littérature consultée (Cuenen et al., 2015; Cyr et al., 2009; Finkelman et al., 1977; Novack et al., 2006; Weaver et al., 2009), aucune mesure de cette fonction n'est disponible dans la banque de données de Bouchard et Gagnon (2017). Bien que certains auteurs qualifient le TMT comme une tâche sollicitant l'attention divisée, elle apparaît impliquer davantage d'autres processus tels que la mémoire de travail, la flexibilité cognitive et les fonctions visuospatiales (Lezak et al., 2012). Parmi les huit variables retenues pour évaluer certaines fonctions attentionnelles, cinq se sont avérées significativement différentes entre le groupe conducteur et le groupe non-conducteur, et ce conformément à l'hypothèse de départ.

Au niveau du CPT-II, plusieurs variables peuvent être colligées dont certaines à titre de performances attentionnelles générales incluant des aspects relevant de l'attention sélective (telles que les erreurs d'omissions ou le score de détectabilité) et d'autres relevant davantage de l'attention soutenue (telles que l'erreur standard du temps de réaction moyen, le score de variabilité ou encore les modifications du temps de réaction moyen aux changements de délai de présentation des stimuli). En premier lieu, concernant les variables attentionnelles générales, seul le nombre d'erreurs d'omission présente une différence significative entre les groupes. En effet, les non-conducteurs omettent davantage de cibles au long de cette tâche, et leur performance moyenne peut être qualifiée comme étant sévèrement déficitaire. Selon le manuel du test (Conners, 2000), un tel résultat peut être expliqué soit par de l'inattention, une faible capacité à discriminer une cible d'une non-cible ou encore par un long délai de réponse. Il n'existe, dans le test du CPT-II, aucune mesure imbriquée qui permette d'exclure un patron de réponse motrice lent afin de colliger uniquement le nombre d'omissions. Or, il a été discuté précédemment que les non-conducteurs avaient une plus faible vitesse de traitement de l'information, jumelée aux symptômes physiques exacerbés par la progression de la maladie considérant qu'ils sont plus âgés (Bouchard et al., 1993; Martin et al., 2007; Pilliod et al., 2015; Richter, 2003; Takiyama, 2006). Considérant ces éléments, en plus du fait que la capacité à distinguer une cible d'une non-cible ne présente pas de différence significative entre les groupes à l'étude et qu'elle corresponde d'ailleurs à la normale attendue, il apparaît difficile de confirmer l'hypothèse de recherche à l'effet que les conducteurs performant

mieux que les non-conducteurs quant aux capacités attentionnelles générales ou à l'attention sélective en se basant uniquement sur ces mesures.

En second lieu, concernant les variables estimant l'attention soutenue (mesurée par le CPT-II), les résultats sont conformes à l'hypothèse de recherche ; ils indiquent que le temps de réaction moyen des non-conducteurs présente plus d'inconsistances ou de variations, indiquant ainsi des difficultés quant à l'attention soutenue. Il faut toutefois interpréter ce résultat avec prudence, d'une part, considérant qu'il n'apparaît pas y avoir de distinction entre les groupes quant aux scores moyens représentant des variations du temps de réaction lors des changements de délai de présentation des stimuli et, d'autre part, en raison de la population clinique étudiée présentant des comorbidités physiques. Néanmoins, bien que les non-conducteurs aient un temps de réaction plus lent (ce qui peut soulever des précautions dans l'interprétation des fonctions attentionnelles globales), ces résultats apparaissent moins influencés par les variations de symptômes physiques entre les participants considérant que ce qui est pris en compte correspond aux variations individuelles en regard de leur propre performance. Ce faisant, il apparaît plus fiable de conclure en des différences entre les groupes quant aux capacités d'attention soutenue qu'il ne l'est pour la performance attentionnelle globale ou l'attention sélective. À ce propos, il est important de rappeler que Brassard et al. (2018), dans leur étude portant sur l'analyse des enjeux d'administration de certains tests neuropsychologiques auprès d'une clientèle atteinte d'ARSCS, recommande l'utilisation du CPT-II. Ils précisent que la tâche, malgré sa composante motrice, demeure relativement simple, ce qui n'apparaît pas compromettre la validité de la mesure.

En troisième lieu, au niveau du sous-test de « Mémoire spatiale » du WMS-III, il y a trois variables qui sont obtenues, soit la mesure de l'empan mnésique sous une modalité visuospatiale (condition 1), la mesure de la mémoire de travail sous une modalité visuospatiale (condition 2) et le score combiné total. D'abord, il est pertinent de rappeler que, à l'instar du CPT-II discuté ci-haut, la composante motrice inhérente à la tâche, bien qu'elle n'ait pas fait l'objet d'une étude spécifique auprès de personnes atteintes d'ARSCS, demeure simple (pointage) et est donc peu susceptible d'influencer les performances globales. Cela est d'autant plus vrai que la performance n'est pas établie en fonction du temps de réalisation de la tâche mais plutôt par la réussite ou non aux divers essais. Ceci étant dit, les résultats obtenus démontrent une différence significative entre les groupes et est conforme avec l'hypothèse de recherche à la mesure d'empan mnésique (condition 1), mais une seule des deux mesures de la mémoire de travail (soit le score combiné total de la tâche). En effet, aucune différence significative entre les groupes n'est observée pour l'autre mesure de la mémoire de travail visuospatiale (condition 2 uniquement). Ce résultat se traduit par le fait que les conducteurs paraissent avoir un meilleur empan mnésique que les non-conducteurs, mais qu'il n'apparaît pas y avoir de distinction quant à la mémoire de travail en modalité visuospatiale. Cela peut être explicable par le fait que, bien que les non-conducteurs aient un empan mnésique plus faible, ils parviennent tout de même à manipuler l'information en mémoire de travail sans observer de grandes pertes d'information. Par exemple, s'ils ont un empan mnésique de 4, ce qui peut correspondre à une faible performance, mais qu'ils parviennent à manipuler adéquatement ces 4 informations en mémoire de travail, cela peut alors correspondre à

une performance moyenne. Dans le contexte d'une tâche complexe telle que la conduite automobile, et selon la littérature consultée, un faible empan mnésique peut avoir deux impacts distincts. D'abord, il peut diminuer le risque de distractions dans le sens où la personne ne peut traiter à la fois qu'une quantité limitée de distracteurs (Hoel et al., 2012). En contrepartie, une personne ayant un faible empan mnésique peut aussi omettre le traitement cognitif d'autres stimulations qui pourraient s'avérer importantes telles qu'une situation à risque ou autres (Lavie, 1995).

### **Inhibition**

Parmi les cinq variables retenues pour évaluer les processus d'inhibition des participants, trois se sont avérées statistiquement significatives entre le groupe conducteur et le groupe non-conducteur. De ces résultats, conformément à l'hypothèse de départ, la performance globale des conducteurs est meilleure que celle des non-conducteurs.

En premier lieu, il est important d'apporter des précisions quant aux interprétations possibles de certains résultats, dont celui d'inhibition nécessaire à la réalisation de la condition 3 du CWIT de la batterie D-KEFS, soit la tâche de Stroop. En fait, des processus attentionnels de l'ordre de l'attention sélective en plus de processus dits exécutifs de l'ordre de l'inhibition sont à l'œuvre lors de la réalisation de cette tâche verbale (Dyer, 1973 ; Shum et al., 1990 ; Zajano & Gorman, 1986). Ce faisant, il est important de s'attarder aux différents scores que composent cette tâche afin d'en interpréter adéquatement les résultats. Quoiqu'il en soit, le temps de réalisation moyen de cette condition ainsi que le nombre d'erreurs moyen présentent des différences significatives

entre les groupes. D'abord, concernant le temps de réalisation de la tâche, Brassard et al. (2018) apportent une mise en garde pour l'interprétation de ce résultat en raison de la dysarthrie qui s'installe progressivement avec l'âge pour cette population clinique. Les auteurs suggèrent de mettre ce score en relation avec les autres scores disponibles afin de mieux interpréter les résultats. À ce propos, la variable associée au score contraste entre la performance moyenne à la condition d'inhibition et celle à la condition de lecture simple des couleurs ne révèle aucune différence significative. Cela soutient, du moins en partie, l'explication de la composante motrice dans la différence obtenue entre les deux groupes. En revanche, il est possible d'observer une différence entre les groupes quant au nombre d'erreurs moyen : les conducteurs performant mieux que les non-conducteurs. Par conséquent, bien que la dysarthrie puisse influencer le temps de réalisation total de la tâche, il apparaît peu probable qu'une difficulté motrice de l'articulation de la parole génère des erreurs de commissions, ce qui se rapporte davantage à des difficultés exécutives. Autrement dit, les non-conducteurs commettent significativement plus d'erreurs que les conducteurs, indiquant une faiblesse des processus d'inhibition. Ce résultat est par ailleurs cohérent avec les données probantes à l'effet que le nombre d'erreurs au Stroop est corrélé avec la performance de conduite automobile chez diverses populations cliniques (Daigneault et al., 2002; Devos et al., 2012, Radford et al., 2004).

En second lieu, au niveau du CPT-II, deux variables permettent d'estimer l'impulsivité des répondants et aucune différence significative entre les groupes n'est observée pour l'une d'elles (soit le nombre moyen d'erreurs de commission), alors qu'on en retrouve une pour l'autre (soit le nombre moyen d'erreurs de persévération). En

réalisant une analyse approfondie de ces erreurs, il est possible de constater que, selon le manuel de test (Conners, 2000), une réponse dite de persévération est une réponse en deçà d'un délai de 100 millisecondes. Selon l'auteur, ce type de réponse peut être une réponse aléatoire, une réponse anticipatoire ou une réponse répétée d'un stimulus précédent, mais possiblement aussi une réponse lente d'un stimulus présenté précédemment. Cette dernière peut être secondaire à un très lent délai de traitement de l'information, ou encore un long délai de commande motrice. Or, il a déjà été établi que les temps de réaction des non-conducteurs sont significativement plus lents que ceux des conducteurs. Ainsi, les données obtenues, bien qu'elles s'inscrivent comme des erreurs de persévération, peuvent, pour la population clinique à l'étude, faire état davantage d'une lenteur de traitement de l'information (ou lenteur de réponse motrice) plutôt que de l'impulsivité. Les données actuellement disponibles ne permettent donc pas de conclure en l'origine de telles erreurs de persévération.

Dans l'ensemble, les non-conducteurs paraissent avoir des faiblesses de nature exécutive de l'ordre de l'inhibition. Les difficultés motrices inhérentes à l'ARSCS qui s'accroissent avec l'âge peuvent contribuer aux manifestations observables d'impulsivité. Ainsi, quelle qu'en soit la nature, les non-conducteurs semblent avoir plus de comportements d'impulsivité, ce qui pourrait également avoir un impact réel sur leur capacité à manipuler sécuritairement un véhicule routier (Daigneault et al., 2002; Devos et al., 2012, Radford et al., 2004).

### **Flexibilité cognitive**

Parmi les quatre variables retenues pour évaluer les processus de flexibilité cognitive des participants, trois se sont avérées statistiquement significatives entre le groupe conducteur et le groupe non-conducteur. De ces résultats, conformément à l'hypothèse de départ, la performance globale pour la flexibilité cognitive des conducteurs est meilleure que celle des non-conducteurs.

En premier lieu, en regard de la performance moyenne des participants aux mesures de la flexibilité cognitive du TMT (condition 4 du TMT du D-KEFS, soit la condition équivalente au TMT-B (Lezak et al., 2012), une différence statistiquement significative est observée. Ce résultat s'observe tant au niveau du temps de réalisation qu'au niveau du nombre d'erreurs. Néanmoins, une prudence est de mise dans l'interprétation de ces scores étant donné la composante de coordination motrice inhérente à la tâche, telle que présentée par Brassard et al. (2018). Ainsi, les scores contrastes ont été priorisés. En effet, ce test permet d'utiliser des scores contrastes afin d'estimer la performance à la tâche en éliminant la composante motrice. À ces scores, aucune différence significative n'est observée entre les groupes à l'étude. Ce résultat suggère que la capacité visuomotrice n'apparaît pas influencer davantage un groupe que l'autre. Ainsi, la différence observée entre les groupes aux performances de flexibilité cognitive du TMT peut effectivement être attribuable à une différence de cette même fonction cognitive entre les groupes plutôt qu'à sa composante motrice. D'autant plus, que le nombre d'erreurs commises par les non-conducteurs est significativement supérieur à celui des conducteurs et que, selon les auteurs de la mesure, un nombre plus élevé d'erreurs à cette condition

révèle des difficultés exécutives pour le répondant, notamment au niveau de la flexibilité cognitive (Delis et al., 2001a). Aussi, au plan clinique, la mesure de flexibilité cognitive du TMT révèle que la performance globale moyenne des conducteurs correspond à une faiblesse, mais elle correspond à un déficit pour les non-conducteurs.

En second lieu, en regard de la performance moyenne des participants au même type de tâche, mais dans une version verbale (soit la flexibilité cognitive du test de Stroop du D-KEFS [Delis et al., 2001b]), une différence significative est obtenue. Cette différence demeure cohérente avec l'hypothèse de recherche proposée. Toutefois, au même titre que pour la mesure de la capacité d'inhibition discutée ci-haut, cette différence significative peut (en totalité ou en partie) être expliquée par l'évolution de la dysarthrie possiblement plus importante chez les non-conducteurs. Considérant qu'il soit possible de conclure en des faiblesses d'inhibition à la même tâche, mais à la condition 3, il en est de même pour la condition de flexibilité cognitive verbale (soit en considération de l'analyse des scores contrastes). De plus, au plan clinique, la mesure de flexibilité cognitive verbale du Stroop révèle que la performance globale moyenne des conducteurs se situe aux limites de la normale alors qu'elle correspond à un déficit modéré pour les non-conducteurs.

En somme, les difficultés de flexibilité cognitive apparaissent plus importantes chez les non-conducteurs atteints d'ARSCS. Ainsi, en considérant que le TMT-B est corrélé avec les performances de conduite automobile chez certaines populations cliniques (Aksan et al., 2015; Devos et al., 2012; Hargrave et al., 2012; Lundqvist et al., 2008; Marshall et al., 2007; McInerney & Suhr, 2016; Ott et al., 2013) tout comme l'est le test de Stroop (Daigneault et al., 2002; Radford et al., 2004), il semble que ces instruments

puissent être appropriés pour estimer les capacités de conduite automobile chez les personnes atteintes d'ARSCS.

### **Planification**

Au niveau de la mesure de la capacité de planification, une seule variable pertinente a été retenue de la banque de données de Bouchard et Gagnon (2017), soit le temps de planification à la tâche du *Zoo Map* de la batterie BADS. Cette mesure correspond au temps pris par le participant avant de faire son premier tracé pour réaliser la tâche. Ainsi, bien qu'il s'agisse d'une tâche qui implique une composante motrice, la mesure est obtenue avant l'implication d'une quelconque motricité, ce qui en favorise la validité auprès d'une population atteinte d'ARSCS. Par ailleurs, dans le cadre de la présente étude, les analyses statistiques ont révélé une différence significative entre le groupe des conducteurs et celui des non-conducteurs, cette différence étant conforme à l'hypothèse de recherche. En d'autres termes, les conducteurs prennent plus de temps à analyser et planifier la réalisation de leur tâche (en considérant les divers éléments qui la composent) que les non-conducteurs. En effet, ces derniers débutent, en moyenne, la tâche plus rapidement, ce qui augmente le risque d'erreur et, ultimement, nuit à cette tâche (qui peut d'ailleurs être vue comme une tâche de type labyrinthe). Bien que les articles consultés n'aient pas utilisé cette même tâche dans le cadre de leur étude, il est tout de même relevé qu'il existe une corrélation positive entre les tâches de planification de type labyrinthe et les performances de conduite automobile chez certaines populations

cliniques (Daigneault et al., 2002; Motta et al., 2014; Ott et al., 2013; Ott et al., 2003; Whelihan et al., 2005).

### **Synthèse interprétative des données obtenues et présentées**

Quelques constatations peuvent être dégagées de la présente étude. Premièrement, l'avancement en âge, à l'instar de la population générale, apparaît jouer un rôle dans la cessation de la conduite automobile de personnes atteintes d'ARSCS. Néanmoins, l'âge moyen des non-conducteurs (48 ans) apparaît nettement inférieur à celui de la population générale (65 et plus) (Rosenbloom, 2001), ce qui suggère que d'autres variables apparaissent déterminantes, notamment la nature dégénérative et la progression des symptômes inhérents à l'ARSCS. De ces variables, il y a lieu de penser que l'apparition et la progression des symptômes physiques sont associées à la perte du permis de conduire des personnes atteintes de cette maladie. Toutefois, bien que la description des manifestations physiques ait été fréquemment l'objet des études scientifiques, l'investigation plus récente des manifestations cognitives de l'ARSCS permet de rendre compte que le déclin hâtif de certaines fonctions cognitives (Boucher, 2017; Brassard, 2020; Desmeules, 2017; Drolet, 2002; Duquette et al., 2013; Lévesque, 2004; Pilliod et al., 2015; Verhoeven et al., 2012) peut également être impliqué.

Deuxièmement, les résultats de la présente étude sont mitigés quant aux différences entre les groupes au niveau des fonctions visuospatiales et visuoconstructives démontrées par les outils de mesure choisis. En effet, bien que les analyses statistiques s'avèrent concluantes, les performances à ces instruments doivent être interprétées avec

prudence puisque ces instruments impliquent non seulement les fonctions visuospatiales et visuoconstructives, mais aussi de la coordination motrice. Ainsi, considérant la maladie à l'étude dans le cas présent, il demeure important d'utiliser les conditions qui permettent de déduire la composante motrice. Cela dit, il est tout de même démontré que les conducteurs performant généralement mieux que les non-conducteurs aux tâches sollicitant les habiletés visuospatiales et visuoconstructives. De plus, considérant que l'âge moyen des non-conducteurs est plus élevé que celui des conducteurs, les résultats de la présente étude permettent ainsi de soutenir, dans une certaine mesure, l'hypothèse d'une détérioration progressive de ces fonctions cognitives liée à l'âge pour cette population clinique (Boucher, 2017; Brassard, 2020; Drolet, 2002).

Troisièmement, bien que la mesure de la vitesse du traitement de l'information implique généralement la motricité du répondant et que cela puisse être une difficulté spécifique pour une population atteinte d'ARSCS (Bouchard et al., 1978; Bouchard et al., 1998; Gazulla et al., 2014; Vermeer et al., 2003), les résultats témoignent tout de même d'une différence quant à la fonction de vitesse de traitement de l'information en soi entre les groupes à l'étude. Plus précisément, la performance des conducteurs est meilleure que celle des non-conducteurs aux tâches estimant cette fonction cognitive. Ce constat étant soutenu par l'amplitude des résultats statistiques obtenus, les outils administrés et l'hypothèse d'un déclin à ce niveau chez cette population défendue antérieurement par d'autres auteurs (Bouchard et al., 1978; Boucher, 2017; Brassard, 2020; Drolet, 2002).

Quatrièmement, concernant les fonctions attentionnelles, diverses constatations sont émises. D'abord, puisqu'indisponible dans la banque de données utilisée (Bouchard

& Gagnon, 2017), aucune mesure n'a pu être analysée en regard de l'attention divisée, et ce, malgré l'influence documentée de cette fonction sur les capacités de conduite automobile pour diverses populations cliniques (Cuenen et al., 2015; Cyr et al., 2009; Finkelman et al., 1977; Fisk et al., 2002; Novack et al., 2006). Ensuite, les données actuelles ne permettent pas de conclure en des différences significatives quant à l'attention sélective entre les groupes de conducteurs et non-conducteur pour les personnes atteintes d'ARSCS, en raison des facteurs pouvant influencer la performance aux tests (composante motrice et faible vitesse de traitement de l'information) et qui ne peuvent pas être exclus des mesures. L'hypothèse demeure donc à vérifier. En contrepartie, les conducteurs apparaissent faire preuve d'une meilleure attention soutenue que les non-conducteurs. Enfin, les conducteurs atteints d'ARSCS présentent un meilleur empan mnésique en modalité visuospatiale, mais cela n'apparaît pas diminuer pour autant la capacité de mémoire de travail, alors qu'aucune différence n'est alors observée pour cette dernière, toujours en modalité visuospatiale.

Cinquièmement, en ce qui concerne les fonctions exécutives, diverses fonctions ont été analysées. D'abord, au niveau de l'inhibition, les résultats obtenus permettent de rendre compte que les non-conducteurs peuvent être plus impulsifs que les conducteurs. En effet, bien que les mesures utilisées pour estimer cette fonction peuvent être influencées par d'autres facteurs ne découlant pas de la fonction cognitive en soi, tel qu'une autre fonction cognitive impliquée (i.e. faible capacité de vitesse de traitement de l'information) ou encore la composante motrice de la tâche, l'analyse approfondie des divers scores qui les composent permet de conclure en des différences significatives entre

les groupes à l'étude quant aux capacités d'inhibition auprès des personnes atteintes d'ARSCS. Aussi, quelle qu'en soit la nature, les manifestations cliniques de comportements d'impulsivité notées lors de la réalisation des tâches pourraient faire l'objet des considérations cliniques à cet égard, notamment dans un contexte de conduite automobile.

Ensuite, en regard de la flexibilité cognitive, comme pour plusieurs autres tâches, les composantes motrices inhérentes aux mesures neuropsychologiques utilisées complexifient l'interprétation des résultats. Ceci étant dit, avec l'analyse approfondie des mesures imbriquées dans les instruments utilisés, il y a lieu de conclure en une différence entre les conducteurs et les non-conducteurs au niveau de la flexibilité cognitive. Par le fait même, les outils utilisés permettent de différencier chacun des groupes en fonction de leur statut de conducteur.

Enfin, les résultats de la présente étude ont démontré qu'il existe une différence entre les groupes quant aux capacités de planification. Plus précisément, les conducteurs performant généralement mieux que les non-conducteurs à la tâche sollicitant cette fonction cognitive, ce qui est d'ailleurs en cohérence avec les données provenant de la littérature consultée en regard de diverses populations cliniques (Daigneault et al., 2002; Motta et al., 2014; Ott et al., 2013; Ott et al., 2003; Whelihan et al., 2005). Ceci étant dit, à notre connaissance, il s'agit de la première étude qui documente cette fonction cognitive auprès d'une population atteinte d'ARSCS.

### **Retombées de la recherche**

D'abord, rappelons que l'objectif de la recherche est de contribuer aux connaissances en ce qui a trait aux fonctions cognitives impliquées dans la conduite automobile de personnes atteintes d'ARSCS. En ce sens, au-delà de l'avancement en âge et de la progression des déficits moteurs chez une population atteinte d'ARSCS, la présente étude a démontré qu'il existe des différences au niveau de certaines fonctions cognitives également impliquées dans la conduite automobile entre les conducteurs et les non-conducteurs. Il y a donc lieu de penser que des déficits d'ordre cognitif puissent être impliqués dans l'aptitude à conduire chez cette même population clinique. Ce constat permet ainsi, dans un premier temps, aux intervenants œuvrant auprès des personnes atteintes d'ARSCS, de voir le potentiel de certains tests neuropsychologiques pour évaluer la performance de la conduite automobile et, dans un second temps, de mieux cerner les critères d'évaluation de la conduite automobile lors des interventions cliniques. En d'autres termes, il permet de refléter, du moins en partie, la réalité de cette population clinique en regard des connaissances scientifiques actuelles quant à l'implication probable des fonctions cognitives dans la conduite sécuritaire d'un véhicule. Il suggère aussi qu'il pourrait y avoir des seuils cliniques mesurables autres qu'au plan moteur, soit au plan cognitif lors de l'évaluation et l'intervention clinique dans un contexte de conduite automobile chez une telle population.

Ainsi, les données du présent projet de recherche dressent l'esquisse d'un objectif encore plus grand, soit celui d'ultimement permettre l'établissement de plans d'intervention offerts aux patients atteints d'ARSCS en meilleure adéquation avec leurs

aptitudes et leurs handicaps réels. De tels plans d'intervention pourraient ainsi améliorer la portée des services et traitements offerts de sorte à promouvoir une meilleure participation sociale et une meilleure qualité de vie via le maintien du privilège de la conduite automobile en toute sécurité, ou encore en accompagnant la personne dans une éventuelle cessation de la conduite automobile (Ang et al., 2019).

### **Forces, limites et perspectives futures**

Cette partie aborde d'abord les forces de la présente étude, puis fait état de ses limites et, enfin, certaines pistes pour les recherches futures y sont discutées. Pour commencer, la principale force de l'étude réside en son sujet. En effet, il s'agit d'une population clinique relativement peu étudiée, notamment en relation avec les fonctions cognitives. Associée au thème de la conduite automobile, l'étude de cette population clinique peut non seulement avoir une portée au plan clinique, mais également scientifique alors qu'il s'agit, à notre connaissance de la première étude qui étudie les fonctions cognitives associées à la conduite automobile chez les personnes atteintes d'ARSCS. Aussi, selon la littérature consultée, il s'agit de la première étude qui se penche sur l'évaluation et l'analyse des capacités de planification de personnes atteintes d'ARSCS. Les résultats présentés peuvent aussi servir à étayer les autres hypothèses précédemment soulevées quant au déclin hâtif possible de certaines fonctions cognitives chez cette population clinique (Boucher, 2017; Brassard, 2020; Desmeules, 2017; Drolet, 2002; Duquette et al., 2013; Lévesque, 2004).

Au niveau des limites de l'étude, il est bien sûr d'abord question de la taille d'échantillon. Concernant la représentativité de l'échantillon, il est vrai que d'emblée, un échantillon composé de 34 participants puisse paraître faible (Dancey et al., 2023). Néanmoins, l'ARSCS est une maladie génétique rare puisqu'elle est surtout présente dans les régions de Charlevoix et du SLSJ où elles atteindraient plus de 300 personnes (De Braekeleer et al., 1993; Giasson, 1992). Ainsi, l'échantillon représente tout de même près de 12 % de la proportion totale des personnes de cette région. Cela dit, considérant la taille d'échantillon, la formation de deux groupes de comparaison fondés sur leur statut de conducteur et l'analyse de performance moyenne de chacun des groupes, la représentativité des résultats est limitée. En effet, la nature des analyses réalisées fait en sorte que les performances individuelles sont réduites à une performance moyenne d'un groupe. Une prudence est donc de mise en regard de la généralisation à la population clinique quant aux quelques descriptions cliniques dont il a été mentionné dans la présente étude.

Un enjeu peut également être soulevé concernant la formation des groupes à l'étude. En effet, les groupes ont été formés basés uniquement sur leur statut de conducteur obtenu en fonction de la réponse autorapportée par chacun des participants. Aucune vérification approfondie n'a été effectuée et aucune investigation additionnelle n'a été réalisée à savoir la raison pour laquelle un participant ne conduisait pas. Ainsi, il est possible que des participants non-conducteurs fassent partie de ce groupe non pas en raison de la perte de leur permis de conduire ou l'avancement de la maladie, mais plutôt par choix personnel. À l'inverse, il est aussi possible qu'un participant considéré comme

un conducteur dans cette étude ait répondu qu'il conduit alors que, dans la réalité, ce ne soit plus le cas. Ceci étant dit, cela demeure une hypothèse non-vérfiée et, advenant que ce soit bel et bien le cas, il y a lieu de penser qu'il ne s'agit que d'une très faible minorité et que leur performance n'influence que très peu les analyses statistiques.

À propos des analyses statistiques, les analyses de comparaison de moyenne, lorsque réalisées sur un petit échantillon, présentent diverses considérations. D'abord, en raison de la taille d'échantillon, il y a un risque de perte du pouvoir d'inférence statistique c'est-à-dire, d'obtenir peu ou pas de différences significatives (Dancey et al., 2023). Dans le cas présent, ce risque n'apparaît pas rencontré puisque la majorité des analyses statistiques se sont avérées significatives au seuil de 95 %, et ce, avec de grandes tailles d'effet. Parallèlement, ce type d'analyses sur un petit échantillon peut également augmenter le risque d'obtenir des résultats significatifs qui soient, en réalité, des faux-positifs (Dancey et al., 2023). Ce risque apparaît réduit et contrôlé dans la présente étude par le fait que les postulats de normalité sont majoritairement rencontrés, auxquels cas une analyse différente a été effectuée.

Par ailleurs, concernant les instruments de mesure utilisés, bien que les recommandations de Brassard et al. (2018) aient, pour la plupart, été suivies, il n'en demeure pas moins qu'ils comportent tous, à différents niveaux, des composantes motrices. Bien que la plupart des outils incluent des mesures imbriquées qui permettent de soustraire la composante motrice, l'interprétation des résultats doit tout de même tenir compte, tel que précisé, de l'influence de ces composantes lorsqu'il s'agit d'estimer les fonctions cognitives, notamment auprès d'une population présentant une

symptomatologie dégénérative à ce niveau. Autrement, tel que présenté, tous les instruments de mesure utilisés dans la présente étude sont reconnus pour avoir de bonnes qualités psychométriques et sont, pour la plupart, corrélés avec les performances de conduite automobile auprès de différentes populations cliniques.

À la lumière des résultats obtenus dans la présente étude, diverses perspectives de recherches futures apparaissent intéressantes à envisager. D'abord, il serait pertinent de colliger des données objectives de capacité de conduite automobile chez cette population clinique (i.e. évaluation sur simulateur, ou sur route) et de les comparer aux données obtenues aux tests neuropsychologiques. De plus, il pourrait être intéressant de reprendre les données de la présente étude et de les inclure dans un modèle de régression logistique afin de voir quelles variables s'avèrent les plus discriminantes par rapport au groupe d'appartenance (conducteur ou non-conducteur). Au-delà des variables, le modèle pourrait aussi permettre d'identifier les instruments de mesure qui apparaissent les plus pertinents à administrer lors des évaluations de la capacité de conduite automobile. Aussi, ce modèle pourrait également permettre d'inclure des variables telles que l'âge, le niveau de scolarité, ou des mesures de l'atteinte motrice afin de contrôler au mieux leur influence possible sur les données. Ces analyses permettraient ainsi d'améliorer notre compréhension des mécanismes cognitifs sous-jacents à l'activité complexe que représente la conduite automobile, notamment auprès de personnes atteintes d'ARSCS.

Autrement, de façon plus spécifique, une étude future pourrait également évaluer les corrélations possibles entre les variables obtenues au MVPT et le statut de conducteur ou les capacités de conduite automobile de personnes atteintes d'ARSCS. En effet, il a été

présenté que plusieurs instruments sollicitent la coordination motrice, ce qui est une limite importante lorsque vient le temps d'évaluer cette population clinique. Considérant que cet instrument présente des corrélations avec les performances de conduite automobile auprès de diverses clientèles (Mazer et al., 1998; Oswanski et al., 2007; Schultheis et al., 2010) et que son utilisation auprès d'une clientèle avec l'ARSCS est recommandée par Brassard et al. (2018), il y a lieu de penser que l'utilisation du MVPT pour estimer les fonctions cognitives associées à la conduite automobile pourrait s'avérer optimale. Il en est d'ailleurs de même pour le test de Brixton de Burgess et Shallice (1997), qui, selon Stolwyk et al. (2006), correspond à l'instrument le plus corrélé avec les performances de conduite sur simulateur. Les auteurs précisent que le principal avantage de cet instrument réside aussi dans son administration rapide et qu'il requiert peu les capacités motrices du répondant.

Dans le même ordre d'idées, il est important de rappeler qu'aucune mesure de l'attention divisée n'a pu être analysée en regard du statut de conducteur des participants puisque aucune n'est disponible dans la banque de données de Bouchard et Gagnon (2017). Considérant l'implication de cette fonction cognitive dans la conduite automobile (Cuenen et al., 2015; Cyr et al., 2009; Finkelman et al., 1977; Novack et al., 2006; Weaver et al., 2009), une étude future pourrait évaluer le lien possible entre cette fonction et les capacités de conduite de personnes atteintes d'ARSCS.

Enfin, bien que les données scientifiques consultées soient inconsistantes en regard de la mesure des fonctions mnésiques et langagières en relation avec les performances de conduite automobile (Golper et al., 1980; Hartje et al., 1991; Nouri et al., 1987; Rebok et

al., 1994), il serait intéressant de voir si, auprès de la population clinique à l'étude, une différence puisse être observée à ce niveau. Si tel était le cas, il y aurait lieu de se questionner sur la pertinence d'inclure ces fonctions dans un programme de maintien préventif des fonctions cognitives associées à la conduite automobile, ou encore un programme d'accommodements palliatifs, dans le but de préserver l'autonomie et, par le fait même, favoriser une meilleure qualité de vie des personnes atteintes d'ARSCS.

## **Conclusion**

En conclusion, l'objectif de cette étude consistait à dresser le profil cognitif des personnes atteintes d'ARSCS qui conduisent un véhicule routier et de le comparer au profil cognitif de celles qui ne conduisent pas. L'hypothèse de recherche qui a été formulée était que les performances des conducteurs aux diverses mesures neuropsychologiques identifiées comme étant corrélées avec la performance de conduite automobile seraient meilleures que celles des non-conducteurs.

L'utilisation secondaire de la banque de données de Bouchard et Gagnon (2017) a permis de créer deux groupes de participants atteints d'ARSCS basés sur leur statut de conducteur. En utilisant un devis de recherche de type descriptif comparatif, les analyses statistiques de comparaison de moyenne ont permis de vérifier la présence de différences entre les deux groupes sur les diverses variables étudiées et réputées avoir un impact sur les capacités de conduite automobile de diverses populations cliniques.

Les résultats de cette étude ont d'abord permis de mettre en lumière que, conformément aux données probantes recueillies dans la littérature consultée et à l'hypothèse de recherche, il semble y avoir un lien entre le statut de conducteur et le déclin des fonctions cognitives. Plus précisément, l'étude permet d'identifier, chez des personnes atteintes d'ARSCS, certains domaines cognitifs qui paraissent plus faibles chez les non-conducteurs en comparaison avec les conducteurs, tels que la vitesse de traitement de l'information, l'attention soutenue et les capacités d'inhibition, de flexibilité cognitive et

de planification. D'autres domaines cognitifs présentent également des différences (i.e. les fonctions visuospatiales et visuoconstructives, et l'attention sélective), mais l'interprétation de ces résultats doit se faire avec prudence en raison de l'implication d'autres facteurs, notamment la composante de motricité susceptible d'influencer la performance et les résultats obtenus dans la population à l'étude.

Les résultats de cette recherche ont également permis d'établir quels sont les instruments de mesure neuropsychologique qui apparaissent discriminer les personnes atteintes d'ARSCS en fonction du statut de conducteur. Ainsi, sans égard aux facteurs qui influencent leur performance, les résultats des participants à la condition de copie de la FCR, au test *Digit Symbol* du WAIS-R-NI, au TMT et au CWIT de la batterie D-KEFS, au CPT-II et au sous-test *Zoo Map* de la batterie BADS ont permis de différencier leur statut de conducteur.

Dans le futur, il serait pertinent d'établir un devis de recherche qui permette l'élaboration d'un modèle de régression logistique auprès d'un plus grand échantillon, qui permettrait d'identifier les variables et instruments qui apparaissent les plus importants pour déterminer de l'aptitude à conduire un non des personnes atteintes d'ARSCS. Ce devis pourrait également permettre de contrôler certaines variables d'influence (telles que l'âge, les capacités motrices ou le niveau de scolarité). Il serait aussi intéressant d'y inclure des mesures de l'attention divisée considérant son implication dans la tâche de conduite automobile (Cuenen et al., 2015; Cyr et al., 2009; Finkelman et al., 1977; Novack et al., 2006) ou encore des tâches telles que l'UFOV, le MVPT ou le test de Brixton considérant leur corrélation avec la conduite automobile et/ou le fait qu'elles impliquent peu ou pas

de composante motrice (Ball & Owsley, 1993; Burgess & Shallice, 1997; Colarusso & Hammill, 2003; Fisk et al., 2002; Novack et al., 2006; Oswanski et al., 2007; Schultheis et al., 2010; Stolwyk et al., 2006).

Enfin, il est important de rappeler qu'il s'agit de la première étude qui se penche sur les fonctions cognitives associées à la conduite automobile de personnes atteintes d'ARSCS. Elle est ainsi une introduction à l'identification des instruments neuropsychologiques pouvant inférer sur les capacités de conduite automobile chez cette population clinique. Ultimement, et ce avec une meilleure compréhension des processus cognitifs à l'œuvre lors de la réalisation d'une activité aussi complexe que la conduite automobile, les retombées escomptées seraient de permettre l'établissement de cibles d'intervention en meilleure adéquation avec les aptitudes et handicaps réels des personnes atteintes d'ARSCS.

## Références

- Akinwuntan, A. E., Feys, H., De Weerd, W., Baten, G., Arno, P., & Kiekens, C. (2006). Prediction of driving after stroke: a prospective study. *Neurorehabilitation and neural repair*, 20(3), 417-423.
- Aksan, N., Anderson, S. W., Dawson, J., Uc, E., & Rizzo, M. (2015). Cognitive functioning differentially predicts different dimensions of older drivers' on-road safety. *Accident Analysis & Prevention*, 75, 236-244.
- Allan, D. M., & Lonigan, C. J. (2015). Relations Between Response Trajectories on the Continuous Performance Test and Teacher-Rated Problem Behaviors in Preschoolers. *Psychological Assessment*, 27(2), 678-688
- Amick, M. M., Grace, J., & Ott, B. R. (2007). Visual and cognitive predictors of driving safety in Parkinson's disease patients. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 22(8), 957-967.
- Ang, B. H., Jennifer, O., Chen, W. S., & Lee, S. W. H. (2019). Factors and challenges of driving reduction and cessation: A systematic review and meta-synthesis of qualitative studies on self-regulation. *Journal of safety research*, 69, 101-108.
- Anheim, M., Chaigne, D., Fleury, M., Santorelli, F., De Sèze, J., Durr, A.,... Tranchant, C. (2008). Ataxie spastique autosomique récessive de Charlevoix-Saguenay : étude d'une famille et revue de la littérature. *Revue neurologique*, 164(4), 363-368.
- Anstey, K. J., Horswill, M. S., Wood, J. M., & Hatherly, C. (2012). The role of cognitive and visual abilities as predictors in the Multifactorial Model of Driving Safety. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 766-774.
- Antin, J. F., Guo, F., Fang, Y., Dingus, T. A., Hankey, J. M., & Perez, M. A. (2017). The influence of functional health on seniors' driving risk. *Journal of Transport & Health*, 6, 237-244.
- Ashton, L. V., Donders, J., & Hoffman, N. M. (2005). Rey Complex Figure Test performance after traumatic brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 27(1), 55-64.

- Audet, O. (2015). Impact d'un programme d'entraînement périodisé sur la condition physique et sur les symptômes de spasticité chez les patients atteints de l'ataxie récessive spastique autosomique de Charlevoix-Saguenay. (Mémoire de Maîtrise), Université Laval, Québec, QC. Repéré à <http://hdl.handle.net/20.500.11794/26452>
- Ball, K., & Owsley, C. (1993). The useful field of view test: a new technique for evaluating age-related declines in visual function. *Journal of the American Optometric Association*, 64(1), 71-79.
- Ball, K. K., & Roenker, D. L. (1998). *UFOV: useful field of view*. San Antonio: The Psychological Corporation.
- Bear, M., Connors, B., & Paradiso, M. A. (2016). *Neuroscience : Exploring the brain* (4<sup>e</sup> édition). Editions Pradel, John Libbey Eurotext.
- Beaulieu-Bonneau, S., Fortier-Brochu, E., Ivers, H., & Morin, C. M. (2017). Attention following traumatic brain injury: neuropsychological and driving simulator data, and association with sleep, sleepiness, and fatigue. *Neuropsychological rehabilitation*, 27(2), 216-238.
- Bédard, M., Weaver, B., Dārzin, P., & Porter, M. M. (2008). Predicting Driving Performance in Older Adults: We Are Not There Yet! *Traffic Injury Prevention*, 9(4), 336-341. doi: 10.1080/15389580802117184
- Benton, A., Hasher, K., Varney, N., & Spree, O. (1983). Judgement of line orientation, Dans A. L. Benton, B. Abigail, A. B. Sivan, K. D. Hamsher, N. R. Varney, & O. Spreen (Éds.), *Contributions to neuropsychological assessment: A clinical manual* (pp. 44-54). É.-U.: Oxford University Press.
- Berry, D. T., Allen, R. S., & Schmitt, F. A. (1991). Rey-Osterrieth Complex Figure: Psychometric characteristics in a geriatric sample. *Clinical Neuropsychologist*, 5(2), 143-153.
- Boller, F., & Botez-Marquard, T. (2005). *Neuropsychologie clinique et neurologie du comportement* (3<sup>e</sup> éd.). Montréal, QC : Presses de l'Université de Montréal.
- Bouchard, J., & Gagnon, C. (2017). Étude exploratoire ARSCS [ensemble de données inédit]. Saguenay, QC : Université du Québec à Chicoutimi.
- Bouchard, J.-P. (1991). Recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay. Dans P. J. Vinken, G. W. Bruyn, H. L. Klawans & J. M. B. V. De Jong (Éds.), *Hereditary neuropathies and spinocerebellar atrophies. Handbook of clinical neurology* (Vol. 16, pp. 451-459). Amsterdam: Elsevier.

- Bouchard, J.-P., Barbeau, A., Bouchard, R., & Bouchard, R. (1978). Autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay. *Canadian Journal of neurological sciences*, 5(1), 61-69.
- Bouchard, J.-P., Barbeau, A., Bouchard, R., & Bouchard, R. (1979). Electromyography and nerve conduction studies in Friedreich's ataxia and autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay (ARSACS). *Canadian Journal of Neurological Sciences*, 6(2), 185-189.
- Bouchard, J.-P., Bouchard, R., Gagné, F., & Richter, A. (1993). Recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay (RSACS): clinical, morphologic, and genetic studies. Dans R. Lechtenberg (Éd.), *Handbook of Cerebellar Disease* (p. 449-494). New-York, NY: Marcel Dekker.
- Bouchard, J.-P., Brais, B., Dupré, N., & Rouleau, G. A. (2007). Hereditary ataxias and spastic parapareses in northeastern Canada. Dans A. Brice & S.-M. Pulst (Éds.), *Blue Books of Neurology* (Vol. 31, pp. 222-243): Elsevier.
- Bouchard, J.-P., Richter, A., Mathieu, J., Brunet, D., Hudson, T. J., Morgan, K., & Melançon, S. B. (1998). Autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay. *Neuromuscular disorders*, 8(7), 474-479.
- Bouchard, J.-P., Richter, A., Melançon, S. B., Mathieu, J., & Michaud, J. (2000). Autosomal recessive spastic ataxia (Charlevoix-Saguenay). Dans T. Klockgether (éd.), *Handbook of Ataxia Disorders*. (pp. 311-324). New-York: Marcel Dekker inc.
- Boucher, A. (2017). *Étude exploratoire des fonctions cognitives chez les individus âgés de 41 à 60 ans atteints d'ataxie récessive spastique de Charlevoix-Saguenay (ARSCS)*. (Essai doctoral) Chicoutimi, QC: Université du Québec à Chicoutimi. Repéré à <https://constellation.uqac.ca/4150/>
- Brassard, K. (2020). *Évaluation des capacités cognitives et de la participation sociale d'individus atteints d'ataxie récessive spastique de Charlevoix-Saguenay*. (Essai doctoral). Chicoutimi, QC: Université du Québec à Chicoutimi. Repéré à <https://constellation.uqac.ca/5545/>
- Brassard, K., Bouchard, J., Forgues, G., Boivin-Mercier, A., & Gagnon, C. (2018). Applicability of Neuropsychological and Psychometric Tests in Autosomal Recessive Spastic Ataxia of Charlevoix-Saguenay (ARSACS). *Applied and Clinical Neuropsychology/Neuropsychologie clinique et appliquée*, 2, 53-67.

- British Psychological Society. (2001). *Fitness to drive and cognition: a document of the Multi-Disciplinary Working Party on Acquired Neuropsychological Deficits and Fitness to Drive 1999*. Leicester : Auteur.
- Brooke, M. M., Questad, K. A., Patterson, D. R., & Valois, T. A. (1992). Driving evaluation after traumatic brain injury. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 71(3), 177-182.
- Budd, M. A. (2004). *Hooper visual organization test (vot) as a predictor of driving status of individuals with dementia*. (Thesis). Fort Worth, TX : University of North Texas. Repéré à [https://unthsc-ir.tdl.org/bitstream/handle/20.500.12503/29169/Budd\\_HooperVisualOrganizationTest.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://unthsc-ir.tdl.org/bitstream/handle/20.500.12503/29169/Budd_HooperVisualOrganizationTest.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Burgess, P. W., & Shallice, T. (1997). *The Hayling and Brixton tests*. London: Pearson Assessment.
- Burguêz, D., Oliveira, C. M. d., Rockenbach, M. A. B. C., Fussiger, H., Vedolin, L. M., Winckler, P. B., ... Saute, J. A. M. (2017). Autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay: a family report from South Brazil. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 75(6), 339-344. doi: 10.1590/0004-282x20170044
- Caroll, J. B. (1993). *Human Cognitive Abilities : A Survey of Factor-analytic Studies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Clouet, A. (2010). *Théorie de l'esprit et compétences de communication : étude exploratoire chez des patients cérébro-lésés*. (Mémoire de maîtrise), Bordeaux, FR: Université Bordeaux Victor-Segalen II. Repéré à [http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDMED\\_MORT\\_2010\\_CLOUET\\_ADELE.pdf](http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDMED_MORT_2010_CLOUET_ADELE.pdf)
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum.
- Colarusso, R. P., & Hammill, D. D. (2003). *Motor-free perception test (MVPT-3)*. California: Academic Therapy Publication.
- Conners, C. K. (1993). *Continuous Performance Test Computer Program (CPT)*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Conners, C. K. (1994). *Conners' continuous performance test computer program 3.0 user's manual*. Toronto, ON: Multi-Health Systems, Inc.

- Conners, C. K. (2000). *Conners' Continuous Performance Test (CPT-2) computer program for windows, technical guide, and software manual*. Toronto, ON: Multi Health Systems Inc.
- Conway, A. R., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in cognitive sciences*, 7(12), 547-552.
- Corporation de recherche et d'action sur les maladies héréditaires (CORAMH). (2018). *L'effet fondateur*. Repéré à : <https://coramh.org/leffet-fondateur/>
- Corsi, P. M. (1972). *Human memory and the medial temporal region of the brain*. (Thèse doctorale inédite), Université McGill. Repéré à <https://escholarship.mcgill.ca/downloads/4m90dw30g>
- Criscuolo, C., Saccà, F., De Michele, G., Mancini, P., Combarros, O., Infante, J., ... & Berciano, J. (2005). Novel mutation of SACS gene in a Spanish family with autosomal recessive spastic ataxia. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society*, 20(10), 1358-1361.
- Cuenen, A., Jongen, E. M., Brijs, T., Brijs, K., Lutin, M., Van Vlierden, K., & Wets, G. (2015). Does attention capacity moderate the effect of driver distraction in older drivers?. *Accident Analysis & Prevention*, 77, 12-20.
- Cyr, A. A., Stinchcombe, A., Gagnon, S., Marshall, S., Hing, M. M. S., & Finestone, H. (2009). Driving difficulties of brain-injured drivers in reaction to high-crash-risk simulated road events: A question of impaired divided attention?. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 31(4), 472-482.
- Daigneault, G., Joly, P., & Frigon, J. Y. (2002). Executive functions in the evaluation of accident risk of older drivers. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24(2), 221-238.
- Dancey, C. P., Reidy, J., Aschehoug, F., Baggio, S., Gauvrit, N., & Mortier, A. (2023). *Statistiques sans maths pour psychologues* (3e édition). De Boeck Supérieur.
- Dawson, J. D., Anderson, S. W., Uc, E. Y., Dastrup, E., & Rizzo, M. (2009). Predictors of driving safety in early Alzheimer disease. *Neurology*, 72(6), 521-527.
- De Braekeleer, M., Giasson, F., Mathieu, J., Roy, M., Bouchard, J., & Morgan, K. (1993). Genetic epidemiology of autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay in northeastern Quebec. *Genetic epidemiology*, 10(1), 17-25.

- Delis, D. C., Kaplan, E., & Kramer, J. H. (2001a). *Delis–Kaplan Executive Function System (D-KEFS): Examiner’s manual*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation
- Delis, D. C., Kaplan, E., & Kramer, J. H. (2001b). *Delis–Kaplan Executive Function System (D-KEFS): Technical manual*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Desmeules, A. (2017). *Étude exploratoire de la personnalité et du profil psychologique chez les individus ayant l’ataxie récessive spastique de Charlevoix-Saguenay (ARSCS)*. (Essai doctoral). Chicoutimi, QC: Université du Québec à Chicoutimi. Repéré à <https://constellation.uqac.ca/4241/>
- Devos, H., Akinwuntan, A. E., Nieuwboer, A., Truijen, S., Tant, M., & De Weerd, W. (2011). Screening for fitness to drive after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Neurology*, *76*(8), 747-756.
- Devos, H., Nieuwboer, A., Tant, M., De Weerd, W., & Vandenberghe, W. (2012). Determinants of fitness to drive in Huntington disease. *Neurology*, *79*(19), 1975-1982.
- Devos, H., Nieuwboer, A., Vandenberghe, W., Tant, M., De Weerd, W., & Uc, E. Y. (2014). On-road driving impairments in Huntington disease. *Neurology*, *82*(11), 956-962.
- Dingus, T. A., Klauer, S. G., Neale, V. L., Petersen, A., Lee, S. E., Sudweeks, J., ... & Bucher, C. (2006). *The 100-car naturalistic driving study, Phase II-results of the 100-car field experiment* (No. DOT-HS-810-593). É.-U.: Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration.
- Dobbs, B. M. (2005). *Medical Conditions and Driving: A Review of the Scientific Literature (1960–2000)*. Technical Report. Washington, DC: National Highway and Traffic Safety Administration and the Association for the Advancement of Automotive Medicine Project
- Drolet, M. (2002). *Étude des fonctions neuropsychologiques des enfants et adolescents atteints de l’ataxie récessive spastique de Charlevoix-Saguenay (ARSCS)*. (Mémoire de maîtrise). Chicoutimi, QC: Université du Québec à Chicoutimi. Repéré à <https://constellation.uqac.ca/874/>
- Duchek, J. M., Carr, D. B., Hunt, L., Roe, C. M., Xiong, C., Shah, K., & Morris, J. C. (2003). Longitudinal driving performance in early-stage dementia of the Alzheimer type. *Journal of the American Geriatrics Society*, *51*(10), 1342-1347.

- Duchek, J. M., Hunt, L., Ball, K., Buckles, V., & Morris, J. C. (1997). The role of selective attention in driving and dementia of the Alzheimer type. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, *11*, 48-56.
- Duquette, A., Brais, B., Bouchard, J. P., & Mathieu, J. (2013). Clinical presentation and early evolution of spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay. *Movement Disorders*, *28*(14), 2011-2014.
- Dürr, A., Cossee, M., Agid, Y., Campuzano, V., Mignard, C., Penet, C., ... & Koenig, M. (1996). Clinical and genetic abnormalities in patients with Friedreich's ataxia. *New England Journal of Medicine*, *335*(16), 1169-1175.
- Dyer, F. N. (1973). The Stroop phenomenon and its use in the study of perceptual, cognitive, and response processes. *Memory & Cognition*, *1*(2), 106-120.
- El Euch-Fayache, G., Lalani, I., Amouri, R., Turki, I., Ouahchi, K., Hung, W. Y., ... & Hentati, F. (2003). Phenotypic features and genetic findings in sarsin-related autosomal recessive ataxia in Tunisia. *Archives of neurology*, *60*(7), 982-988.
- Engert, J. C., Bérubé, P., Mercier, J., Doré, C., Lepage, P., Ge, B., ... Schalling, M. (2000). ARSACS, a spastic ataxia common in northeastern Quebec, is caused by mutations in a new gene encoding an 11.5-kb ORF. *Nature genetics*, *24*(2), 120-125.
- Engström, J., Johansson, E., & Östlund, J. (2005). Effects of visual and cognitive load in real and simulated motorway driving. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, *8*(2), 97-120.
- Fabbro, F., Tavano, A., Corti, S., Bresolin, N., De Fabritiis, P., & Borgatti, R. (2004). Long-term neuropsychological deficits after cerebellar infarctions in two young adult twins. *Neuropsychologia*, *42*(4), 536-545.
- Fancellu, R., Paridi, D., Tomasello, C., Panzeri, M., Castaldo, A., Genitrini, S., ... & Girotti, F. (2013). Longitudinal study of cognitive and psychiatric functions in spinocerebellar ataxia types 1 and 2. *Journal of neurology*, *260*(12), 3134-3143.
- Finkelman, J. M., Zeitlin, L. R., Filippi, J. A., & Friend, M. A. (1977). Noise and driver performance. *Journal of applied psychology*, *62*(6), 713.
- Fisk, G. D., Novack, T., Mennemeier, M., & Roenker, D. (2002). Useful field of view after traumatic brain injury. *The Journal of head trauma rehabilitation*, *17*(1), 16-25.

- Fitten, L. J., Perryman, K. M., Wilkinson, C. J., Little, R. J., Burns, M. M., Pachana, N., ... Ganzell, S. (1995). Alzheimer and vascular dementias and driving: a prospective road and laboratory study. *JAMA*, 273(17), 1360-1365.
- Gagnon, C., Brais, B., Lessard, I., Lavoie, C., Côté, I., & Mathieu, J. (2018). From motor performance to participation: a quantitative descriptive study in adults with autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay. *Orphanet journal of rare diseases*, 13(1), 165.
- Gagnon, C., Desrosiers, J., & Mathieu, J. (2004). Autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay: upper extremity aptitudes, functional independence and social participation. *International Journal of Rehabilitation Research*, 27(3), 253-256.
- Galski, T., Ehle, H. T., & Bruno, R. L. (1990). An assessment of measures to predict the outcome of driving evaluations in patients with cerebral damage. *The American Journal of Occupational Therapy*, 44(8), 709-713.
- Garfield, S. L., & Boyd, J. L. (1981). A validity study of the Hooper Visual Organization Test. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 49(1), 15-19.
- Gazulla, J., Mayayo-Sinués, E., Benavente, I., Modrego, P. J., & Berciano, J. (2014). Ataxia of charlevoix-saguenay: MR and clinical results in lower-limb musculature. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, 41(1), 37-41. doi: 10.1017/S0317167100016231
- Giasson, F. (1992). *Épidémiologie génétique de l'ataxie spastique de Charlevoix-Saguenay dans le nord-est du Québec*. Université Laval École des gradués.
- Golper, L., Rau, M., & Marshall, R. (1980). Aphasic adults and their decisions on driving: an evaluation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 61(1), 34-40.
- Goode, K. T., Ball, K. K., Sloane, M., Roenker, D. L., Roth, D. L., Myers, R. S., & Owsley, C. (1998). Useful field of view and other neurocognitive indicators of crash risk in older adults. *Journal of Clinical Psychology in Medical Settings*, 5, 425-440.
- Gorman, A. A., Foley, J. M., Ettenhofer, M. L., Hinkin, C. H., & Van Gorp, W. G. (2009). Functional consequences of HIV-associated neuropsychological impairment. *Neuropsychology review*, 19(2), 186-203.
- Gouvernement du Québec. (2023). *Code de la sécurité routière : L.R.Q., c. C-24.2., r. 40.1. Règlement relatif à la santé des conducteurs [Québec] : Éditeur officiel du Québec*

- Graca, J. L. (1986). Driving and aging. *Clinics in Geriatric Medicine*, 2(3), 577-589.
- Grace, J., Amick, M. M., D'abreu, A., Festa, E. K., Heindel, W. C., & Ott, B. R. (2005). Neuropsychological deficits associated with driving performance in Parkinson's and Alzheimer's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11(6), 766-775.
- Grieco, G. S., Malandrini, A., Comanducci, G., Leuzzi, V., Valoppi, M., Tessa, A., ... & Federico, A. (2004). Novel SACS mutations in autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay type. *Neurology*, 62(1), 103-106.
- Grossi, D. & Trojano, L. (2001). Constructional and visuospatial disorders. Dans M. Behrmann, (Éd.), *Disorders of visual behavior. Handbook of Neuropsychology* (3<sup>e</sup> éd., vol. 4, p. 99-120). Amsterdam: Elsevier.
- Groth-Marnat, G. (2009). *Handbook of psychological assessment* (5e éd.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Gücüyener, K., Özgül, K., Paternotte, C., Erdem, H., Prud'homme, J. F., Özgüç, M., & Topaloğlu, H. (2001). Autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay in two unrelated Turkish families. *Neuropediatrics*, 32(3), 142-146.
- Hargrave, D. D., Nupp, J. M., & Erickson, R. J. (2012). Two brief measures of executive function in the prediction of driving ability after acquired brain injury. *Neuropsychological rehabilitation*, 22(4), 489-500.
- Hartje, W., Willmes, K., Pach, R., Hannen, P., & Weber, E. (1991). Driving ability of aphasic and non-aphasic brain-damaged patients. *Neuropsychological Rehabilitation*, 1(3), 161-174.
- Hoel, J., Boujon, C., & van Elslande, P. (2012, 3-5 septembre). *Impact de la charge perceptive et de la discriminabilité sur les performances attentionnelles : exemple de la conduite automobile* [communication par affiche]. 54<sup>e</sup> congrès de la Société Française de Psychologie-SFP, Université Montpellier, France. <https://hal.science/file/index/docid/955787/filename/doc00017382.pdf>
- Hooper, H. E. (1958). *The Hooper visual organization test, test manual*. Los Angeles, CA: Western Psychological Services (WPS).
- Johansson, K., & Lundberg, C. (1997). The 1994 international consensus conference on dementia and driving: A brief report. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 11, 62-69.

- Joy, S., Kaplan, E., & Fein, D. (2004). Speed and memory in the WAIS-III Digit Symbol—Coding subtest across the adult lifespan. *Archives of Clinical Neuropsychology, 19*(6), 759-767.
- Junor, S., & Usher, A. (2002). *Le prix du savoir : L'accès à l'éducation et la situation financière des étudiants au Canada*. Montréal : Fondation canadienne des bourses d'étude du millénaire.
- Kaufman, A. S. & Lichtenberg, E. O. (1999). *Essentials of WAIS-III Assessment*. New-York, NY: Wiley
- Kaufman, A. S. & Lichtenberg, E. O. (2006). *Assessing Adolescent and Adult Intelligence* (3<sup>e</sup> éd.). Hoboken, NJ: Wiley
- Kawano, N., Umegaki, H., Suzuki, Y., Yamamoto, S., Mogi, N., & Iguchi, A. (2010). Effects of educational background on verbal fluency task performance in older adults with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *International Psychogeriatrics, 22*(6), 995-1002.
- Klauer, S. G., Dingus, T. A., Neale, V. L., Sudweeks, J. D., & Ramsey, D. J. (2006). *The impact of driver inattention on near-crash/crash risk : an analysis using the 100-car naturalistic driving study data*. Springfield, VA, É.-U.: National Technical Information Service.
- Klein, R. (1991). Age-related eye disease, visual impairment, and driving in the elderly. *Human factors, 33*(5), 521-525.
- Korner-Bitensky, N., Bitensky, J., Sofer, S., Man-Son-Hing, M., & Gelinas, I. (2006). Driving evaluation practices of clinicians working in the United States and Canada. *The American journal of occupational therapy, 60*(4), 428-434.
- Knopman, D. S., Selnes, O. A., Niccum, N., Rubens, A. B., Yock, D., & Larson, D. (1983). A longitudinal study of speech fluency in aphasia: CT correlates of recovery and persistent nonfluency. *Neurology, 33*(9), 1170-1170.
- Kreiner, D. S., & Ryan, J. J. (2001). Memory and motor skill components of the WAIS-III Digit Symbol-Coding subtest. *The Clinical Neuropsychologist, 15*(1), 109-113.
- Kyttälä, M., & Lehto, J. (2008). Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence. *European Journal of Psychology of Education, 23*(1), 77-94.

- Langelier, R., Bouchard, J. P., & Bouchard, R. (1979). Computed tomography of posterior fossa in hereditary ataxias. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, 6(2), 195-198.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, 21(3), 451.
- Lee, S., Lee, J. A., & Choi, H. (2016). Driving Trail Making Test part B: a variant of the TMT-B. *Journal of physical therapy science*, 28(1), 148-153.
- Lemercier, C., & Cellier, J. M. (2008). Les défauts de l'attention en conduite automobile: inattention, distraction et interférence. *Le travail humain*, 71(3), 271-296.
- Lévesque, K. (2004). *Relation entre les troubles affectifs et les difficultés scolaires chez les jeunes atteints d'ataxie récessive spastique de Charlevoix-Saguenay et ayant un quotient intellectuel normal*. (Mémoire de maîtrise). Chicoutimi, QC: Université du Québec à Chicoutimi. Repéré à <https://constellation.uqac.ca/681/>
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological assessment*, (5<sup>e</sup> éd.). É.-U.: Oxford University Press.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Loring, D. W., & Fischer, J. S. (2004). *Neuropsychological assessment*. É.-U.: Oxford University Press.
- Lezak, M. D. & McCormick, L. (2005) L'évaluation neuropsychologique. Dans T. Botez-Marquard & F. Boller, (Ed.), *Neuropsychologie clinique et neurologie du comportement* (3<sup>e</sup> éd., pp.59-70). Canada : Presses de l'Université de Montréal.
- Lichtenberg, E. O. & Kaufman, A. S. (2009). *Essentials of WAIS-IV Assessment*, New York, NY: Wiley.
- Long, E. C., Hill, J., Luna, B., Verhulst, B., & Clark, D. B. (2015). Disruptive behavior disorders and indicators of disinhibition in adolescents: The BRIEF-SR, anti-saccade task, and D-KEFS color-word interference test. *Journal of Adolescence*, 44, 182-190.
- Lopez, M. N., Lazar, M. D., & Oh, S. (2003). Psychometric properties of the Hooper Visual Organization Test. *Assessment*, 10, 66-70.
- Loring, D. W., Martin, R. C., Meador, K. J., & Lee, G. P. (1990). Psychometric construction of the Rey-Osterrieth Complex Figure: methodological considerations and interrater reliability. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 5(1), 1- 14.

- Lundqvist, A., Alinder, J., Modig-Arding, I., & Samuelsson, K. (2011). Driving after brain injury: A clinical model based on a quality improvement project. *Psychology*, 2(6), 615.
- Lundqvist, A., Alinder, J., & Rönnerberg, J. (2008). Factors influencing driving 10 years after brain injury. *Brain Injury*, 22(4), 295-304.
- Marino, M., De Belvis, A., Basso, D., Avolio, M., Pelone, F., Tanzariello, M., & Ricciardi, W. (2013). Interventions to evaluate fitness to drive among people with chronic conditions: systematic review of literature. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 377-396
- Marottoli, R. A., Richardson, E. D., Stowe, M. H., Miller, E. G., Brass, L. M., Cooney Jr, L. M., & Tinetti, M. E. (1998). Development of a test battery to identify older drivers at risk for self-reported adverse driving events. *Journal of the American Geriatrics Society*, 46(5), 562-568.
- Marshall, S. C., Molnar, F., Man-Son-Hing, M., Blair, R., Brosseau, L., Finestone, H. M., ... & Wilson, K. G. (2007). Predictors of driving ability following stroke: a systematic review. *Topics in stroke rehabilitation*, 14(1), 98-114.
- Martin, M. H., Bouchard, J. P., Sylvain, M., St-Onge, O., & Truchon, S. (2007). Autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay: a report of MR imaging in 5 patients. *American Journal of Neuroradiology*, 28(8), 1606-1608.
- Mathias, J. L., & Lucas, L. K. (2009). Cognitive predictors of unsafe driving in older drivers: a meta-analysis. *International psychogeriatrics*, 21(4), 637.
- Mazer, B. L., Korner-Bitensky, N. A., & Sofer, S. (1998). Predicting ability to drive after stroke. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 79(7), 743-750.
- McInerney, K., & Suhr, J. (2016). Neuropsychological correlates of hazard perception in older adults. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 22(3), 332-340.
- McKenna, P. (1998). Fitness to drive : A neuropsychological perspective. *Journal of Mental Health*, 7(1), 9-18.
- McKenna, P. (2009). *Rookwood Driving Battery*. London: Pearson Assessment.
- McKenna, P., & Bell, V. (2007). Fitness to drive following cerebral pathology: The Rookwood Driving Battery as a tool for predicting on-road driving performance. *Journal of neuropsychology*, 1(1), 85-100.

- McKenna, P., Jefferies, L., Dobson, A., & Frude, N. (2004). The use of a cognitive battery to predict who will fail an on-road driving test. *British Journal of Clinical Psychology, 43*(3), 325-336.
- McKenna, P., Rees, J., Skucek, E., Nichols, E., Fisher, P., Bayer, T., & Bell, V. (2005). The Rookwood Driving Battery and the older adult. Dans G. Underwood, *Traffic and Transport Psychology : Theory and Application* (pp. 115-126). Amsterdam: Elsevier.
- Meyers, J. E., & Meyers, K. R. (1996). *Rey Complex Figure Test and Recognition Trial Supplemental Norms for Children and Adults*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources (PAR), Inc.
- Meyers, J. E., Volbrecht, M., & Kaster-Bundgaard, J. (1999). Driving is more than pedal pushing. *Applied neuropsychology, 6*(3), 154-164.
- Mitchel, R. K., Castleden, C. M., & Fanthome, Y. C. (1995). Driving, Alzheimer's disease and ageing: A potential cognitive screening device for all elderly drivers. *International Journal of Geriatric Psychiatry, 10*(10), 865-869.
- Morgan, S. F., & Wheelock, J. (1992). Digit symbol and symbol digit modalities tests: Are they directly interchangeable?. *Neuropsychology, 6*(4), 327.
- Motta, K., Lee, H., & Falkmer, T. (2014). Post-stroke driving: examining the effect of executive dysfunction. *Journal of safety research, 49*, 33-38.
- Mrissa, N., Belal, S., Ben Hamida, C., Amouri, R., Turki, I., Mrissa, R., ... Hentati, F. (2000). Linkage to chromosome 13q11-12 of an autosomal recessive cerebellar ataxia in a Tunisian family. *Journal of the Peripheral Nervous System, 5*(4), 241-242.
- Myers, R. S., Ball, K. K., Kalina, T. D., Roth, D. L., & Goode, K. T. (2000). Relation of useful field of view and other screening tests to on-road driving performance. *Perceptual and motor skills, 91*(1), 279-290.
- Nouri, F. M., & Lincoln, N. B. (1992). Validation of a cognitive assessment: predicting driving performance after stroke. *Clinical Rehabilitation, 6*(4), 275-281.
- Nouri, F. M., & Lincoln, N. B. (1993). Predicting driving performance after stroke. *BMJ: British Medical Journal, 307*(6902), 482-483.
- Nouri, F. M., Tinson, D. J., & Lincoln, N. B. (1987). Cognitive ability and driving after stroke. *International disability studies, 9*(3), 110-115.

- Novack, T. A., Baños, J. H., Alderson, A. L., Schneider, J. J., Weed, W., Blankenship, J., & Salisbury, D. (2006). UFOV performance and driving ability following traumatic brain injury. *Brain injury*, 20(5), 455-461.
- Okawa, S., Sugawara, M., Watanabe, S., Toyoshima, I., & Imota, T. (2006). A novel sascin mutation in a Japanese woman showing clinical uniformity of autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 77(2), 280-282.
- Olson, R. L., Hanowski, R. J., Hickman, J. S., & Bocanegra, J. (2009). *Driver distraction in commercial vehicle operations* (No. FMCSA-RRT-09-042). É.-U. : Department of Transportation. Federal Motor Carrier Safety Administration.
- Osterrieth, P. A. (1944). Le test de copie d'une figure complexe ; contribution a l'étude de la perception et de la mémoire /Test of copying a complex figure; contribution to the study of perception and memory. *Archives de psychologie*, 30, 206-356.
- Oswanski, M. F., Sharma, O. P., Raj, S. S., Vassar, L. A., Woods, K. L., Sargent, W. M., & Pitcock, R. J. (2007). Evaluation of two assessment tools in predicting driving ability of senior drivers. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 86(3), 190-199.
- Ott, B. R., Davis, J. D., Papandonatos, G. D., Hewitt, S., Festa, E. K., Heindel, W. C., ... & Carr, D. B. (2013). Assessment of driving-related skills prediction of unsafe driving in older adults in the office setting. *Journal of the American Geriatrics Society*, 61(7), 1164-1169.
- Ott, B. R., Heindel, W. C., Whelihan, W. M., Caron, M. D., Piatt, A. L., & DiCarlo, M. A. (2003). Maze test performance and reported driving ability in early dementia. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 16(3), 151-155.
- Owens, D. A., Wood, J. M., & Owens, J. M. (2007). Effects of age and illumination on night driving: a road test. *Human Factors*, 49(6), 1115-1131.
- Owsley, C., Ball, K., McGwin Jr, G., Sloane, M. E., Roenker, D. L., White, M. F., & Overley, E. T. (1998). Visual processing impairment and risk of motor vehicle crash among older adults. *JAMA: Journal of the American Medical Association*, 279(14), 1083-1088.
- Pascual-Castroviejo, I., Pascual-Pascual, S. I., Viano, J., & Martinez, V. (2000). Charlevoix-Saguenay type recessive spastic ataxia. A report of a Spanish case. *Revista de neurologia*, 31(1), 36-38.

- Pilliod, J., Moutton, S., Lavie, J., Maurat, E., Hubert, C., Bellance, N., ... & Thauvin-Robinet, C. (2015). New practical definitions for the diagnosis of autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix–Saguenay. *Annals of neurology*, 78(6), 871-886.
- Pinel, J. (2007). *Biopsychologie* (6<sup>e</sup> éd). Paris: Pearson Education.
- Poitrenaud, J., Kalafat, M., Israel, L., & Guez, D. (1997). Une revue critique des instruments disponibles pour l'évaluation des médicaments promnésiants dans la maladie d'Alzheimer. *La Revue de Médecine Interne*, 18(1), 59-71.
- Prévoist, C. (2013). *Apport de la simulation dans l'évaluation des aptitudes à la conduite: l'exemple des personnes cérébrolésées* [thèse de doctorat, Université Rennes 2]. HAL theses. <https://theses.hal.science/tel-00962172/>
- Psychological Corporation, The. (1997). *WAIS-III—WMS-II technical manual*. San Antonio, TX : Author.
- Psychological Corporation, The. (2008). *WAIS-IV Technical and interpretive manual*. San Antonio, TX : Author.
- Puel, M., Cardebat, D., Demonet, J. F., Elghozi, D., Cambier, J., Guiraud-Chaumeil, B., & Rascol, A. (1986). Le rôle du thalamus dans les aphasies sous-corticales. *Review of Neurology*, 142(4), 431-440.
- Radford, K. A., Lincoln, N. B., & Murray-Leslie, C. (2004). Validation of the stroke drivers screening assessment for people with traumatic brain injury. *Brain Injury*, 18(8), 775–786.
- Rae-Grant, A., & Parsons, M. W. (2014). Neuropsychology in the clinical setting: conceptual and practical issues. Dans M. W. Parsons, T. A. Hammeke, & P. J. Snyder (Éds.), *Clinical Neuropsychology : A Pocket Handbook for Assessment* (3<sup>e</sup> éd., pp. 9-30). Washington, DC : American psychological association.
- Rapport, L. J., Hanks, R. A., & Bryer, R. C. (2006). Barriers to driving and community integration after traumatic brain injury. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 21(1), 34-44.
- Rebok, G. W., Keyl, P. M., Bylsma, F. W., Blaustein, M. J., & Tune, L. (1994). The effects of Alzheimer disease on driving-related abilities. *Alzheimer disease and associated disorders* 8(4), 228-240.

- Regan, M. A., Hallett, C., & Gordon, C. P. (2011). Driver distraction and driver inattention: Definition, relationship and taxonomy. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1771-1781.
- Reger, M. A., Welsh, R. K., Watson, G., Cholerton, B., Baker, L. D., & Craft, S. (2004). The relationship between neuropsychological functioning and driving ability in dementia: a meta-analysis. *Neuropsychology*, 18(1), 85.
- Reitan, R. M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage. *Perceptual and motor skills*, 8(3), 271-276.
- Reitan, R. M. (1986). *Trail Making Test manual for scoring and administration*. Tucson, AZ: Reitan Neuropsychological Laboratory.
- Rey, A. (1941). L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique /The psychological examination in cases of traumatic encephalopathy. *Archives de psychologie*, 28, 286-340.
- Riccio, C. A., Reynolds, C. R., & Lowe, P. A. (2001). *Clinical applications of continuous performance tests : measuring attention and impulsive responding in children and adults*. New-York : John Wiley.
- Richardson, E. D., & Marottoli, R. A. (2003). Visual attention and driving behaviors among community-living older persons. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 58(9), M832-M836.
- Richter, A. (2003). Autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay (ARSACS/SACS)—No longer a local disease. Dans S.-M. Pulst. *Genetics of Movement Disorders* (pp. 189-193). Academic Press.
- Richter, A., Rioux, J. D., Bouchard, J. P., Mercier, J., Mathieu, J., Ge, B., ... & Morgan, K. (1999). Location score and haplotype analyses of the locus for autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay, in chromosome region 13q11. *The American Journal of Human Genetics*, 64(3), 768-775.
- Rizzo, M. (2011). Impaired driving from medical conditions: a 70-year-old man trying to decide if he should continue driving. *Jama*, 305(10), 1018-1026.
- Roenker, D. L., Cissell, G. M., Ball, K. K., Wadley, V. G., & Edwards, J. D. (2003). Speed-of-processing and driving simulator training result in improved driving performance. *Human factors*, 45(2), 218-233.

- Rosenbloom, S. (2001). Driving Cessation Among Older People: When Does It Happen and What Impact Does It Have? *Transportation Research Record*, 1779(1), 93–99.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological review*, 103(3), 403.
- Salthouse, T. A. (2004). What and when of cognitive aging. *Current directions in psychological science*, 13(4), 140-144.
- Sattler, J. M., & Ryan, J. J. (2009). *Assessment with the WAIS-IV*. La Mesa, CA: Jerome M. Sattler Publisher, Inc.
- Schmahmann, J. D. (2004). Disorders of the cerebellum: ataxia, dysmetria of thought, and the cerebellar cognitive affective syndrome. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 16(3), 367-378.
- Schmahmann, J. D., & Sherman, J. C. (1998). The cerebellar cognitive affective syndrome. *Brain: a journal of neurology*, 121(4), 561-579.
- Schultheis, M. T., & Fleksher, C. (2009). Driving and stroke. Dans Schultheis, M. T., DeLuca, J., & Chute, D. (Ed.). *Handbook for the assessment of driving capacity* ((Eds), pp. 117-130). San Diego : Academic Press.
- Schultheis, M. T., Weisser, V., Ang, J., Elovic, E., Nead, R., Sestito, N., ... & Millis, S. R. (2010). Examining the relationship between cognition and driving performance in multiple sclerosis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 91(3), 465-473.
- Shorr, J. S., Delis, D. C., & Massman, P. J. (1992). Memory for the Rey-Osterrieth Figure: Perceptual clustering, encoding, and storage. *Neuropsychology*, 6(1), 43-50.
- Shum, D. H., McFarland, K. A., & Bain, J. D. (1990). Construct validity of eight tests of attention: Comparison of normal and closed head injured samples. *The Clinical Neuropsychologist*, 4(2), 151-162.
- Simms, B., & O'Toole, L. (1994). The contribution of cognitive and visual assessment to the prediction of driving performance. *TRL PROJECT REPORT*, (PR 50).
- Sims, R. V., Owsley, C., Allman, R. M., Ball, K., & Smoot, T. M. (1998). A preliminary assessment of the medical and functional factors associated with vehicle crashes by older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 46(5), 556-561.

- Sivak, M. (1996). The information that drivers use: is it indeed 90% visual?. *Perception*, 25(9), 1081-1089.
- Smith, A. (1973). *Symbol digit modalities test*. Los Angeles, CA: Western Psychological Services.
- Snellen, H. (1875). *Optotypi ad visum determinandum*. Utrecht
- Société de l'Assurance Automobile du Québec. (2020). *Comportements. Distractions au volant*. Repéré à <https://saaq.gouv.qc.ca/securite-routiere/comportements/distractions/>
- Spreen, O., & Strauss, E. (1998). *A compendium of neuropsychological tests: administration, norms, and commentary* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Stolwyk, R. J., Charlton, J. L., Triggs, T. J., Iansek, R., & Bradshaw, J. L. (2006). Neuropsychological function and driving ability in people with Parkinson's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28(6), 898-913.
- Strauss, E., Sherman, E. M. S., & Spreen, O. (2006). *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary* (3<sup>e</sup> éd.). New York, NY: Oxford University Press.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology*, 18(6), 643-662.
- Synofzik, M., Soehn, A. S., Gburek-Augustat, J., Schicks, J., Karle, K. N., Schüle, R., ... & Senderek, J. (2013). Autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix Saguenay (ARSACS): expanding the genetic, clinical and imaging spectrum. *Orphanet journal of rare diseases*, 8(1), 41.
- Takiyama, Y. (2006). Autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix-Saguenay. *Neuropathology*, 26(4), 368-375.
- Taylor, E. M. (1959). *Psychological appraisal of children with cerebral defects*. Oxford, Angletterre: Harvard University Press.
- Thiffault, I., Dicaire, M. J., Tetreault, M., Huang, K. N., Demers-Lamarche, J., Bernard, G., ... & McPherson, P. S. (2013). Diversity of ARSACS mutations in French-Canadians. *Canadian journal of neurological sciences*, 40(1), 61-66.
- Tremblay, M. P., Potvin, O., Callahan, B. L., Belleville, S., Gagnon, J. F., Caza, N., ... & Macoir, J. (2015). Normative data for the Rey–Osterrieth and the Taylor complex

- figure tests in Quebec-French people. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 30(1), 78-87.
- Tupler, L. A., Welsh, K. A., Asare-Aboagye, Y., & Dawson, D. V. (1995). Reliability of the Rey-Osterrieth Complex Figure in use with memory-impaired patients. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 17(4), 566-579.
- Tuokko, H., Hadjistavropoulos, T., Miller, J. A., Horton, A., & Beattie, B. L. (1995). *The Clock Test: Manual for administration and scoring*. Toronto, ON: Multi-Health Systems.
- Vaa, T. (2003). *Impairments, diseases, age and their relative risks of accident involvement: Results from meta-analysis* (Vol. 690). Oslo : Institute of Transport Economics.
- Van Zomerén, A. H., & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. Oxford University Press.
- Verhaeghen, P., Steitz, D. W., Sliwinski, M. J., & Cerella, J. (2003). Aging and dual-task performance: a meta-analysis. *Psychology and aging*, 18(3), 443.
- Verhoeven, W. M., Egger, J. I., Ahmed, A. I., Kremer, B. P., Vermeer, S., & Van De Warrenburg, B. P. (2012). Cerebellar cognitive affective syndrome and autosomal recessive spastic ataxia of charlevoix-saguenay: a report of two male sibs. *Psychopathology*, 45(3), 193-199.
- Vermeer, S., Van de Warrenburg, B. P., & Kamsteeg, E. J. (2003). ARSACS. Dans R. A. Pagon, M. P. Adam, H. H. Ardinger, S. E. Wallace, A. Amemiya, L. J. H. Bean, T. D. Bird, C. T. Fong, H. C. Mefford, R. J. H. Smith, et K. Stephens (Éds.), *GeneReviews [Internet]*. Seattle (WA) : University of Washington.
- Vernon, M. S. (1995). Accidents in the elderly population. Dans W. Reichel (Ed.), *Care of the elderly: Clinical aspects of aging*. Philadelphia, PA: Williams & Wilkins.
- Vogel, A. P., Rommel, N., Oettinger, A., Stoll, L. H., Kraus, E. M., Gagnon, C., ... & Schöls, L. (2018). Coordination and timing deficits in speech and swallowing in autosomal recessive spastic ataxia of Charlevoix–Saguenay (ARSACS). *Journal of neurology*, 265(9), 2060-2070.
- Waber, D. P., & Holmes, J. M. (1985). Assessing children's copy productions of the Rey-Osterrieth Complex Figure. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 7(3), 264-280.

- Weaver, B., Bédard, M., McAuliffe, J., & Parkkari, M. (2009). Using the Attention Network Test to predict driving test scores. *Accident Analysis & Prevention, 41*(1), 76-83.
- Wechsler, D. (1981). *WAIS-R. Wechsler adult intelligence scale-revised – Manual*. New York, NY: The Psychological Corporation, Harcourt Brace Jovanovich.
- Wechsler, D. (1997). *WMS-III: Wechsler memory scale – Technical Manual*. New York, NY: The Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2008). *Wechsler adult intelligence scale* (4<sup>e</sup> éd.). San Antonio, TX: NCS Pearson, Inc.
- Whelihan, W. M., DiCarlo, M. A., & Paul, R. H. (2005). The relationship of neuropsychological functioning to driving competence in older persons with early cognitive decline. *Archives of Clinical Neuropsychology, 20*(2), 217-228.
- Wilson, B. A., Alderman, N., Burgess, P. W., Emslie, H., & Evans, J. J. (1996). *BADS: Behavioural assessment of the dysexecutive syndrome*. London, UK: Pearson.
- Withaar, F. K., Brouwer, W. H., & Van Zomeren, A. H. (2000). Fitness to drive in older drivers with cognitive impairment. *Journal of the International Neuropsychological Society, 6*(4), 480-490.
- Wolfe, B., Sawyer, B. D., & Rosenholtz, R. (2022). Toward a theory of visual information acquisition in driving. *Human factors, 64*(4), 694-713.
- Wolfe, P. L., & Lehouckey, K. A. (2016). Neuropsychological assessment of driving capacity. *Archives of clinical neuropsychology, 31*(6), 517-529.
- Wood, J. M., McGwin, G., Elgin, J., Vaphiades, M. S., Braswell, R. A., DeCarlo, D. K., ... & Owsley, C. (2009). On-road driving performance by persons with hemianopia and quadrantanopia. *Investigative ophthalmology & visual science, 50*(2), 577-585.
- Woutersen, K., Guadron, L., van den Berg, A. V., Boonstra, F. N., Theelen, T., & Goossens, J. (2017). A meta-analysis of perceptual and cognitive functions involved in useful-field-of-view test performance. *Journal of vision, 17*(14), 11-11.
- Yale, S. H., Hansotia, P., Knapp, D., & Ehrfurth, J. (2003). Neurologic conditions : assessing medical fitness to drive. *Clinical medicine & research, 1*(3), 177-188.

Zajano, M. J., & Gorman, A. (1986). Stroop interference as a function of percentage of congruent items. *Perceptual and Motor Skills*, 63(3), 1087-1096.

## **Appendice A**

Certification éthique

Cet essai doctoral a fait l'objet d'une certification éthique auprès du Comité d'éthique de la recherche du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Saguenay–Lac-Saint-Jean. Le numéro du certificat est « 2019-047 ».