

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

THÈSE PRÉSENTÉE À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE

PAR
CAROLIE CHAMPAGNE

L'ANALYSE DES PROFILS COGNITIFS CHEZ DES ENFANTS AYANT SUBI UN
TRAUMATISME CRANIO-CÉRÉBRAL MODÉRÉ/GRAVE

AVRIL 2012

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE (Ph.D.)

PROGRAMME OFFERT PAR L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

L'ANALYSE DES PROFILS COGNITIFS CHEZ DES ENFANTS AYANT SUBI UN
TRAUMATISME CRANIO-CÉRÉBRAL MODÉRÉ/GRAVE

PAR
CAROLIE CHAMPAGNE

Dr Pierre Nolin, directeur de recherche

Université du Québec à Trois-Rivières

Dr Christian Joyal, président du jury

Université du Québec à Trois-Rivières

Dr Danny Dessureault, évaluateur interne

Université du Québec à Trois-Rivières

Dr Michelle McKerral, évaluatrice externe

Université de Montréal

Thèse soutenue le 16 décembre 2011

Sommaire

Le pronostic de récupération cognitive suite à un traumatisme crânio-cérébral (TCC) est souvent établi en fonction de la gravité neurologique de la blessure. La présence d'une relation dose-réponse entre la sévérité neurologique et les séquelles cognitives et comportementales résiduelles a fréquemment été rapportée. Toutefois, plusieurs études ont souligné la présence d'une certaine hétérogénéité des profils de récupération au sein de la population TCC. En effet, il semble parfois que peu de correspondance soit notée entre la sévérité de la blessure et l'intensité des séquelles cognitives qui en découlent. Toutefois, les milieux cliniques impliqués auprès des individus s'en remettent souvent au diagnostic médical établi pour déterminer les cibles d'interventions, lesquelles peuvent s'avérer peu adéquates lorsque les particularités cognitives ne sont pas prises en considération. L'objectif de la présente étude était de mettre en évidence des profils de performance différenciés sur la base de la gravité et du type de séquelles cognitives retrouvées suite à un TCC plutôt que sur la sévérité neurologique. La présente étude, de nature rétrospective, a été réalisée à partir de dossiers médicaux et neuropsychologiques d'enfants ayant subi un TCC modéré ou grave et ayant été hospitalisés au Centre de Réadaptation Marie-Enfant du Centre Hospitalier Universitaire Ste-Justine entre 1988 et 2006. Les participants avaient tous bénéficié d'une évaluation neuropsychologique, laquelle avait été réalisée par le même neuropsychologue. L'échantillon était composé de 110 participants. Des analyses statistiques factorielles ont été réalisées dans un premier temps, ceci afin de réduire le nombre de variables à être considérées dans les analyses de regroupement. Neuf facteurs ont été retenus par ces analyses et ont servi de

base aux analyses subséquentes. Des analyses statistiques de regroupement ont ensuite été réalisées, lesquelles ont révélé la présence de trois profils cognitifs distincts. Parmi ces différents profils cognitifs, un indiquait la présence de difficultés et deux se situaient à l'intérieur des limites normatives. De plus, à l'intérieur de tous les profils, se retrouvaient des participants ayant subi un TCC modéré et des participants ayant subi un TCC grave. Ainsi, à la lumière des résultats aux analyses statistiques, l'hypothèse de base de la présente étude se trouve confirmée. En effet, des profils cognitifs différents ont émergé, lesquels incluaient des enfants ayant subi un TCC modéré et des enfants ayant subi un TCC grave. Les résultats sont discutés à la lumière de différentes avenues explicatives axées sur les facteurs d'influence pouvant moduler l'expression des séquelles, dont la théorie de la réserve cognitive.

Table des matières

Sommaire	iii
Liste des tableaux.....	viii
Liste des figures	ix
Remerciements.....	x
Introduction	1
Contexte théorique	7
Généralités	8
Mécanismes de production du TCC.....	10
La blessure primaire.....	10
La blessure secondaire	12
Évaluation de la gravité du TCC.....	13
Niveau d'altération de conscience	14
L'amnésie post-traumatique (APT)	15
Les atteintes neurologiques.....	16
Séquelles neuropsychologiques	17
Relation dose-réponse	19
Variabilité des résultats.....	20
Variabilité des résultats entre des études différentes	20
Variabilité des résultats entre des personnes souffrant de TCC de même sévérité	22
Études de facteurs pouvant influencer l'expression des séquelles.....	24

Âge.....	25
Prémorbidité.....	26
Genre	27
Statut social.....	27
Autre perspective : analyse des profils cognitifs	29
Objectifs	37
Méthode.....	38
Participants.....	39
Mesures et procédures.....	41
Instruments psychométriques.....	42
Wechsler Intelligence Scale for Children-III	42
California Verbal Learning Test-Children's Version	45
Wisconsin Card Sorting Test	47
Analyses statistiques	50
Analyse de composantes principales	50
Analyses de regroupement.....	52
Résultats	54
Résultats aux épreuves neuropsychologiques	55
Facteurs identifiés	58
Analyses de regroupement.....	63
Profils cognitifs	64
Sous-groupe I	64

Sous-groupe 2	66
Sous-groupe 3	67
Discussion	70
Causes possibles de la variabilité.....	78
Mesures des séquelles	79
Étiologie de l'accident	80
Variables utilisées	80
Critères de sévérité choisis.....	82
Amnésie post-traumatique	83
Glasgow Coma Scale	84
Influences de l'environnement.....	87
Hétérogénéité de la clientèle TCC	88
Développement	89
Limites de la recherche	96
Conclusion	98
Références	102
Appendice A. Grille de dépouillement des données médicales	118
Appendice B. Grille de dépouillement des dossiers neuropsychologiques	127
Appendice C. Matrice de corrélations du WISC-III	132
Appendice D. Matrice de corrélations du CVLT-C	134
Appendice E. Matrice de corrélations du WCST.....	136
Appendice F. Profil cognitif non retenu par l'analyse de validation, sous-groupe 4.....	138
Appendice G. Profil cognitif non retenu par l'analyse de validation, sous-groupe 5	141

Liste des tableaux

Tableau

1	Description des sous-tests sélectionnés du WISC-III et concepts rattachés	44
2	Description des variables sélectionnées du CVLT-C	46
3	Description des variables sélectionnées du WCST	49
4	Critères de validité des matrices de corrélations	52
5	Moyenne et écart-type des variables du WISC-III de l'échantillon	56
6	Moyenne et écart-type des variables du CVLT-C de l'échantillon	57
7	Moyenne, valeur maximale et minimale des variables sélectionnées du WCST	57
8	Facteurs issus du WISC-III	59
9	Facteurs issus du CVLT-C	61
10	Facteurs issus du WCST	63
11	Tableau récapitulatif des facteurs retenus pour les analyses de regroupement ...	64
12	Matrice de corrélations entre les sous-tests du WISC-III	133
13	Matrice de corrélations entre les variables du CVLT-C	135
14	Matrice de corrélations entre les variables du WCST	137

Liste des figures

Figure

- | | | |
|---|---|-----|
| 1 | Profil cognitif du sous-groupe 1 « Bon fonctionnement intellectuel avec bonne résistance à l'interférence » | 66 |
| 2 | Profil cognitif du sous-groupe 2 « Fonctionnement cognitif dans la moyenne » .. | 67 |
| 3 | Profil cognitif du sous-groupe 3 « Atteinte cognitive globale avec dysfonctionnement exécutif » | 69 |
| 4 | Profil cognitif du sous-groupe 4 « Fonctions verbales atteintes » | 139 |
| 5 | Profil cognitif du sous-groupe 5 « Force au plan des fonctions exécutives » | 142 |

Remerciements

L'auteure désire exprimer sa plus profonde gratitude à Monsieur Pierre Nolin, Ph.D., directeur de thèse. Merci Pierre d'avoir été un directeur humain, présent, passionné et inspirant. Merci pour la confiance que tu m'as témoignée depuis le début. Tu restes mon mentor et obtiens toute ma reconnaissance.

Merci à messieurs Christian Joyal, Ph.D. et Danny Dessureault, Ph.D. de même qu'à madame Michelle McKerral, Ph.D. pour leurs judicieux conseils.

Merci à monsieur Gilbert Desmarais, Ph.D., neuropsychologue au CRME et à madame Catherine Pothier, Ph.D. pour leur collaboration et leur dévouement à ce projet depuis le tout début. Merci aussi et surtout pour ton amitié Catherine.

Je désire remercier mes parents, Serge et Line, pour leurs encouragements et leur soutien indéfectible depuis toujours. Les mots me manquent pour vous exprimer toute ma reconnaissance. Merci à mon conjoint pour avoir accepté de m'accompagner dans les sacrifices que ce travail demandait. Merci à toute ma famille et à mes amis pour avoir été là. Merci d'avoir cru en moi.

Merci à mon fils, Vincent, pour me faire redécouvrir chaque jour toute la beauté du monde.

Introduction

Un enfant victime d'un traumatisme crânio-cérébral (TCC) modéré ou sévère peut présenter une variété de déficits neuropsychologiques. Parmi les séquelles les plus fréquemment documentées suite à un TCC, on note des troubles des fonctions exécutives (planification, organisation, vitesse de traitement de l'information, mémoire de travail, attention, etc.), des troubles de mémoire, de même que des problèmes de comportement (Ewing-Cobbs, Fletcher, & Levin, 1986; Lehr, 1990; Michaud, Duhaime, & Gatshaw, 1993). On tend à expliquer ces déficits cognitifs par les atteintes neurologiques consécutives au TCC.

La classification actuelle des personnes atteintes se base sur la sévérité neurologique du TCC, laquelle est déterminée par des variables reliées à la blessure (profondeur et durée de la perte de conscience, durée de l'amnésie post-traumatique, site lésionnel, etc.). Ce système de classification sous-entend l'existence d'une relation entre la sévérité neurologique et l'intensité des séquelles cognitives suite au TCC : il est généralement attendu qu'un TCC plus grave engendrera des conséquences neuropsychologiques plus prononcées. En effet, plusieurs études ont démontré que les TCC plus sévères sont habituellement associés à des séquelles cognitives plus importantes (Fletcher, 1988; Levin, Ewing-Cobbs, & Eisenberg, 1995; Schwartz et al., 2003). En d'autres termes, il est attendu que les fonctions cognitives d'un individu ayant subi un TCC grave seront plus affectées que celles d'un autre individu qui aurait subi un TCC modéré ou léger.

Toutefois, l'expérience clinique révèle que certaines personnes ayant subi un TCC sévère démontrent parfois de meilleures capacités résiduelles que d'autres ayant subi un TCC modéré (Newcombe, 1987). Certains auteurs ont souligné à cet effet que la population TCC demeure très hétérogène au plan de la présentation clinique (Taylor, 2004). Par exemple, cela peut se traduire par des déficits cognitifs moins prononcés qu'initialement attendus en présence d'une blessure grave, où le pronostic de récupération était à la base plus sombre ou inversement, alors que des séquelles prononcées sont rapportées suite à une blessure modérée, voire légère.

Le fait de s'appuyer majoritairement sur le diagnostic médical à des fins pronostiques lors de l'établissement de pistes d'intervention personnalisées peut alors s'avérer problématique puisque les particularités du fonctionnement cognitif de la personne sont alors négligées au profit de recommandations plus générales axées sur le fonctionnement attendu par les catégories médicales utilisées. En effet, les capacités cognitives résiduelles et les particularités du fonctionnement neuropsychologique de la personne détermineront en grande partie sa capacité de compréhension de sa nouvelle condition de même que sa capacité à appliquer des stratégies enseignées dans le cadre de la réadaptation.

Plusieurs avenues explicatives ont été proposées au fil des années pour expliquer cette hétérogénéité des profils de récupération suite à un TCC. Entre autres, l'âge de l'enfant et son stade de développement lors du TCC (Anderson & Moore, 1995), son

genre (Donders & Hoffman, 2002), son fonctionnement pré morbide (Kinsella, Ong, Murtagh, Prior, & Sawyer, 1999), le statut social de sa famille (Taylor, Schatschneider, & Rich, 1992) et ses capacités d'adaptation (Taylor, 2004) de même que celles de son environnement (Asarnow, Satz, Light, Lewis, & Neumann, 1991) ont été reconnues en tant que variables pouvant moduler l'intensité des séquelles cognitives suite à un TCC pédiatrique, au-delà de la sévérité neurologique. D'autres explications de cette variabilité des résultats entre les études portant sur les conséquences d'un TCC pédiatrique ont également été avancées. Parmi celles-ci, on retrouve la méthodologie de la recherche, plus particulièrement les outils d'évaluation utilisés pour mesurer la sévérité du TCC et ses séquelles, la possibilité d'interactions complexes entre les facteurs reliés à la blessure et les facteurs propres à l'enfant et à son environnement et finalement la variabilité en lien avec le développement de l'enfant (Babikian & Asarnow, 2009; Fletcher, Ewing-Cobbs, Francis, & Levin, 1995).

À ce jour, aucun consensus n'est toutefois retrouvé en regard des principales sources d'influence sur les séquelles cognitives consécutives à un TCC modéré ou sévère. Taylor (2004) mentionnait que même lorsque les enfants étaient regroupés selon les critères de sévérité reconnus, la variabilité des séquelles du TCC restait en grande partie inexpliquée. Les études se poursuivent en regard des différents facteurs influençant l'expression des déficits au niveau du comportement et de l'apprentissage de même que des processus responsables des changements reliés à l'âge ou à la persistance des séquelles (Taylor).

L'originalité de la présente recherche tenait au fait qu'elle suggérait un changement de perspective. L'optique principale n'était pas de se questionner sur les sources potentielles d'influence de l'expression des séquelles ni sur la raison de l'hétérogénéité des profils observés suite à un TCC. En effet, il a déjà été démontré que la sévérité des séquelles cognitives n'est pas nécessairement équivalente à la sévérité neurologique du TCC. De plus, l'influence de nombreuses autres variables sur le fonctionnement cognitif post-TCC a été étudiée, sans qu'un consensus s'en dégage. Ces études partaient du principe qu'en améliorant la qualité prédictive des connaissances, le pronostic de récupération serait plus facilement établi et les interventions à privilégier plus facilement ciblées. La présente recherche a inversé ce processus de réflexion et a cherché à démontrer que peu importe la sévérité neurologique de la blessure initiale, le fonctionnement cognitif de l'enfant déterminera en lui-même les interventions à privilégier.

L'objectif premier de la présente étude était de mettre en évidence, chez des enfants ayant subi un TCC modéré ou grave, les profils de performance différenciés sur la base de la gravité et du type de séquelles cognitives. Un second objectif visait à déterminer la proportion d'enfants avec un TCC modéré ou un TCC grave pour chacun des profils identifiés.

La prochaine section présente les bases théoriques de la présente recherche, fait état des connaissances actuelles dans le domaine de la recherche sur le TCC pédiatrique et

expose le cheminement réalisé pour établir cette recherche. La méthodologie de la recherche sera ensuite présentée, où des informations sur le déroulement de la recherche et la cueillette de données sont exposées. La section des résultats suivra et présentera le processus de sélection ayant mené au choix des analyses statistiques et le traitement privilégié pour les données. Le lecteur y trouvera également les résultats des analyses statistiques appliquées sur les variables recueillies. La discussion complète l'ouvrage. Cette dernière section propose des pistes explicatives des résultats de la présente recherche, et ce d'un point de vue théorique et clinique.

Contexte théorique

Les fondements théoriques sur lesquels la présente étude s'est appuyée se retrouvent dans cette section. Dans un premier temps, le lecteur pourra se familiariser avec la problématique du traumatisme crano-cérébral (TCC), ses mécanismes de production et l'évaluation de sa gravité. Les séquelles neuropsychologiques habituellement retrouvées suite à un TCC pédiatrique seront ensuite exposées. Par la suite, une section relatant la présence d'une certaine variabilité des résultats observés entre les études portant sur les atteintes cognitives consécutives au TCC, quelques résultats d'études qui se sont attardés à l'analyse de facteurs autres que neurologiques pouvant influencer le portrait cognitif post TCC de même que différentes explications sur les causes possibles de cette variabilité sera présentée. Ensuite, une nouvelle perspective sera exposée, soit celle de l'analyse des profils cognitifs. La section se termine par la présentation des hypothèses et des objectifs de recherche.

Généralités

Le traumatisme crano-cérébral (TCC) pédiatrique est l'une des premières causes de mortalité et d'handicaps chez les enfants et les adolescents (Yeates, 2000). Aux États-Unis seulement, il surviendrait au-delà de 100 000 hospitalisations par année (Anderson et al., 2001).

Dans les pays industrialisés, le TCC est considéré comme un problème majeur de santé publique (Corrigan, 2001), parfois même qualifié d'épidémie silencieuse (Burleigh, Farber, & Gillard, 1998). En raison des avancées dans le domaine médical, un plus haut taux de survie est observé depuis 20 ans, ce qui fait qu'on dénombre une quantité croissante d'individus porteurs de séquelles (Herrick, Krefting, Johnston, Carlson, & Minnes, 1994). Selon les études effectuées au Québec, tous âges confondus, on estimerait à environ 4000 le nombre de TCC survenant annuellement (SAAQ, 2000). Il est difficile d'établir la proportion de ce nombre survenant dans la population des enfants et des adolescents au Québec.

Les causes du TCC sont multiples. Parmi les plus fréquentes, on retrouve les chutes (35 %), les accidents de la route (24 %), les accidents de sports (29 %) (SAAQ, 2000). Toutefois, ces causes varient en importance selon les groupes d'âge. En effet, alors que chez les enfants et les personnes âgées ce sont les chutes et les accidents de la route, incluant les collisions piétonnières et de bicyclette, qui sont les premières causes de TCC, ce sont les accidents de la route qui sont les causes les plus importantes chez l'adolescent et l'adulte.

Selon Gervais & Dubé (1999, p.8), le TCC est défini comme :

[...] représentant une atteinte cérébrale, excluant toute étiologie dégénérative ou congénitale, causée par une force physique extérieure susceptible de déclencher une diminution ou une altération de l'état de conscience avec la perturbation des fonctions cognitives associées ou non à une dysfonction physique ; des modifications du comportement et de l'état émotionnel peuvent également être observées. L'incapacité qui résulte du traumatisme est soit temporaire, soit permanente avec des limitations physiques, neuropsychologiques ou psychosociales partielles ou totales.

Mécanismes de production du TCC

Les dommages cérébraux observés lors d'un TCC surviennent en deux étapes. La blessure première survient au moment de l'impact alors que la blessure secondaire renvoie aux effets des processus physiologiques mis en branle par la blessure primaire (Lezak, Howieson, & Loring, 2004).

La blessure primaire

Les mécanismes du TCC expliquent plusieurs des patrons symptomatiques (Pang, 1989). Plusieurs sortes de forces mécaniques dommageables ont été identifiées dont la plus évidente est la force de l'impact. Lorsque la tête s'arrête brusquement, le cerveau est projeté sur la boîte crânienne et se lèse : cette lésion est appelé le coup. Plus la force de l'impact est grande, plus la lésion sera prononcée : si la force est suffisante, le crâne peut être fracturé augmentant les risques d'infection et de dommage tissulaire supplémentaire. On retrouve aussi des lésions de contrecoup, alors que le cerveau est contusionné dans l'aire opposée au coup par un effet de rebond : elle survient plus typiquement dans l'aire occipitale. Le dommage du contrecoup résulte de la

transmission de la force et de la direction de l'impact au cerveau (Gurdjian, 1975). Les lésions de coup et de contrecoup contribuent aux changements spécifiques qui accompagnent le TCC.

Même en l'absence d'un coup direct à la tête, des contusions peuvent apparaître lorsque le phénomène de décélération rapide s'amorce, résultat du fait que le cerveau est projeté contre les protubérances osseuses du crâne en réponse aux forces de transmission générées par l'accélération rapide de la tête (Pang, 1989). Ces contusions sont, de façon caractéristique au TCC, plus prononcées dans les lobes frontaux et temporaux et sous ces lobes, où le cortex repose sur la surface rugueuse du crâne.

Un autre type de dommage cérébral survient lors du TCC, résultant de la combinaison de la force de transmission et de l'accélération rotationnelle du cerveau à l'intérieur des structures osseuses du crâne (Pang, 1989). Le mouvement de va-et-vient du cerveau à l'intérieur du crâne exerce une force d'étirement sur les axones et peut même aller jusqu'à les déchirer (Strich, 1961). Ces micro-déchirures axonales peuvent être observées partout dans le cerveau (Oppenheimer, 1968) mais tendent à être plus concentrées dans les lobes frontaux et temporaux (Grosswasser, Reider-Grosswasser, Soroker, & Machtey, 1987) de même qu'à la jonction des substances grise et blanche, autour des ganglions de la base, des zones périventriculaires et du corps calleux (Pang). Dans les impacts les plus violents, le cervelet peut aussi être touché. Ce type de blessure est nommé lésions axonales diffuses et s'accompagne de micro-hémorragies des

vaisseaux sanguins touchés dans la matière blanche (Boström & Helander, 1986). Des vaisseaux sanguins plus importants peuvent aussi être atteints et donner lieu à la création d'un hématome. Globalement, il est à retenir que lors d'un TCC, les lésions focales peuvent être observées mais qu'elles tendent à être surimposées sur un dommage cérébral diffus.

La blessure secondaire

Le TCC ne constitue pas un événement unique au plan neurologique. En effet, les dommages en découlant surviennent classiquement en deux phases (Davis, Pauly, Readnower, Rho, & Sullivan, 2008). La blessure secondaire résulte des processus physiologiques consécutifs à la blessure primaire. Ceux-ci peuvent être aussi destructeurs que les effets immédiats de l'accident. Les hémorragies et leurs séquelles (œdème, altérations du volume et débit sanguin) sont les processus physiopathologiques les plus importants causant des lésions secondaires (Levin, Benton, & Grossman, 1982), parmi lesquels on note l'augmentation de la pression intracrânienne et l'élargissement des ventricules.

Au-delà des dommages visibles, il est maintenant reconnu que TCC marque le début d'une cascade de perturbations de plusieurs fonctions contribuant au déséquilibre du système nerveux central. Parmi celles-ci, l'altération des processus de neurotransmission a reçu une attention croissante au cours des dernières années. En effet, la présence d'une libération surabondante et potentiellement toxique de neurotransmetteurs excitateurs a

été observée suite au TCC (Giza, Kolb, Harris, Asarnow, & Prins, 2009). Plusieurs systèmes de neurotransmetteurs seraient également perturbés par le TCC dont les glutamatergiques (Giza, Santa Maria & Hovda, 2006), les GABA-ergiques (Lowenstein, Thomas, Smith, & McIntosh, 1992), les cholinergiques (Dixon et al., 1999) et les aminergiques (Walter et al., 2004). Ces perturbations neurophysiologiques et neurochimiques entraînent, entre autres choses, un débalancement de l'apoptose et de la mort cellulaire (Bittigau, Siffringer, Felderhoff-Mueser, & Ikonomidou, 2004), la perturbation des fonctions et des circuits neuronaux et les changements du métabolisme cérébral (Giza et al., 2009).

Évaluation de la gravité du TCC

Le besoin de séparer les patients à la fois pour des fins de traitement et de prédiction du pronostic a mené au développement d'un système de classification généralement accepté. Ce système est basé sur la présence, le degré et la durée de l'altération de l'état de conscience. Même si certaines différences existent au niveau de la définition selon les lieux, pour des fins pratiques, la classification de la sévérité a des significations universelles (Lezak et al., 2004).

Les variables habituellement utilisées pour évaluer la sévérité d'un TCC sont la perte ou l'altération de l'état de conscience, le score global au Glasgow Coma Scale (GCS), les anomalies à l'examen neurologique et à la scanographie cérébrale et

l'amnésie de l'événement (Harad & Kerstein, 1992). La sévérité d'un TCC peut être évaluée comme légère, modérée ou sévère.

Selon les critères en vigueur en neurotraumatologie, pour qu'un TCC soit jugé comme léger, la durée de l'altération de conscience doit être de moins de 30 minutes, le GCS doit être entre 13 et 15 et l'amnésie post-traumatique doit s'étendre sur moins de 24 heures. Dans ce cas, la scanographie cérébrale est généralement négative mais l'imagerie par résonance magnétique peut révéler certaines atteintes neurologiques. Pour qu'un TCC soit diagnostiqué comme étant modéré, on doit retrouver une perte de conscience entre 30 minutes et 6 heures, avec un maximum de 24 heures, un GCS entre 9 et 12, la présence de lésions objectivées aux examens neuroradiologiques et une durée d'amnésie post-traumatique entre 1 et 14 jours. Lorsque l'atteinte est qualifiée de sévère, c'est que la période de coma a duré obligatoirement plus de 6 heures, que le GCS était à 8 ou moins, que les examens neuroradiologiques étaient positifs et que l'amnésie post-traumatique s'est échelonnée sur plusieurs semaines.

Niveau d'altération de conscience

Le Glasgow Coma Scale (GCS) a été décrit en 1974 en tant qu'outil clinique pour aider les neurochirurgiens à évaluer la sévérité d'une blessure cérébrale et pour prédire à court terme le pronostic des patients TCC hospitalisés (Teasdale & Jennett, 1974). Depuis ce temps, il a été démontré que le GCS est un outil valide pour évaluer le niveau de conscience. Cette échelle évalue la meilleure réponse que le blessé peut fournir

lorsqu'on lui demande d'ouvrir les yeux (sur 4 points), de répondre à une question (sur 5 points) et d'exécuter un ordre simple (sur 6 points). La somme des trois chiffres fixe le degré d'atteinte de l'état de conscience du blessé. Le score maximal est de 15 et témoigne d'une vigilance normale alors que le minimum est de 3 reflétant un état de coma aréactif.

L'amnésie post-traumatique (APT)

L'amnésie post-traumatique est une période s'étendant au-delà de la perte ou de l'altération de conscience au cours de laquelle l'encodage en mémoire ne se fait pas de façon continue, provoquant une amnésie antérograde des événements. Ainsi, cette période est caractérisée par une désorientation dans le temps, l'espace et par rapport aux gens de même que des comportements tels que la confabulation et l'agitation. L'amnésie post-traumatique peut être évaluée par le Galveston Orientation and Amnesia Test (GOAT; Levin, O'Donnell, & Grossman, 1979). Il s'agit d'un questionnaire qui vise à établir le degré d'orientation de la personne par rapport à elle-même, dans le temps et les lieux. Cette grille permet d'obtenir un score sur 100, où un résultat de moins de 65 indique que la personne est en état d'amnésie post-traumatique, où entre 65 et 75 il y a des doutes à avoir sur l'état de la personne alors qu'un score de 76 indique une orientation dans les limites de la normale. Lorsque la personne obtient ce dernier score deux jours consécutifs, on peut considérer qu'elle est sortie de l'APT, que son état de vigilance et d'orientation est revenu à la normale. Une version pour enfants a été développée, le Children's Orientation and Amnesia Test (COAT; Ewing-Cobbs, Levin,

Fletcher, Miner, & Eisenberg, 1990). Cet instrument s'inspire de la version pour adultes en ce sens qu'elle évalue l'orientation générale, l'orientation temporelle et la mémoire mais est adapté à l'âge de l'enfant. En effet, l'instrument peut être segmenté selon l'âge de l'enfant. Par exemple, la partie orientation temporelle ne peut être administrée aux enfants de moins de 8 ans. Une version française a été réalisée et validée par Moreau, Laurent-Vannier et De Agostini (COAT-VF; 2008). Les résultats de leur étude de validation concluaient, par ailleurs, que cet instrument permettait une évaluation plus précise de la durée de l'APT chez les enfants.

Les atteintes neurologiques

Les anomalies lors de l'examen neurologique ou des examens neuroradiologiques (scan) servent à objectiver la présence de lésions neurologiques et témoignent des conséquences anatomiques du TCC. Toutefois, certains auteurs ont suggéré que des lésions minuscules peuvent être causées par le TCC et non détectées par les examens neuroradiologiques (Kolb & Whishaw, 1996).

Dans le domaine de la recherche en neurotraumatologie, plusieurs variables différentes en lien avec la sévérité de la blessure sont considérées (réactivité pupillaire, GCS, amnésie post-traumatique, résultats examens neuroradiologiques, etc.). Toutefois, en pratique clinique, il arrive fréquemment que le diagnostic de sévérité du TCC soit émis sur la seule base du GCS initial, c'est-à-dire sur le score du GCS pris lors de l'arrivée à l'urgence.

Séquelles neuropsychologiques

Les séquelles neuropsychologiques consécutives à un TCC chez l'adulte sont bien documentées, cette problématique ayant fait l'objet de plusieurs recherches depuis de nombreuses années. Toutefois, chez l'enfant, l'étude des séquelles neuropsychologiques suite à un TCC est un champ de recherche relativement récent. En 1981, Rutter avait noté qu'à ce jour, les études des conséquences de blessures neurologiques à un jeune âge n'arrivaient pas à fournir un portrait uniforme de déficits neuropsychologiques (Rutter, 1981). La recherche dans le domaine de la neurotraumatologie pédiatrique a été prolifique depuis ce temps. Toutefois, il appert qu'encore aujourd'hui, les séquelles neuropsychologiques rapportées varient dramatiquement selon les échantillons d'enfants TCC (Babikian & Asarnow, 2009; Fletcher et al., 1995; Taylor & Alden, 1997).

Certaines tangentes neuropsychologiques peuvent toutefois être dégagées, conséquences directes des lésions cérébrales fronto-temporales caractéristiques du TCC. Typiquement, sur fond de dommage cérébral diffus, on note de façon prédominante des atteintes focales dans les régions cérébrales frontales et temporales (Mattson & Levin, 1990; Stuss & Gow, 1992). Les séquelles neuropsychologiques du TCC habituellement retrouvées correspondent à des atteintes des fonctions prises en charge par ces zones (Catroppa, Anderson, Morse, Haritou, & Rosenfeld, 2007). En ce sens, des déficits au plan des fonctions exécutives (Muscara, Catroppa, & Anderson, 2008), de la mémoire et de l'apprentissage (Yeates, Blumenstein, Patterson, & Delis, 1995; Catroppa & Anderson, 2007), de l'attention (Dennis, Wilkinson, Koski, & Humphreys, 1995;

Fenwick & Anderson, 1999), de la vitesse motrice (Fletcher & Levin, 1988; Wozniak et al., 2007) et du langage (Chapman et al., 2001) se retrouvent habituellement parmi les séquelles neuropsychologiques les plus fréquemment rapportées. Quant aux lésions axonales diffuses, elles pourraient compromettre la vitesse de traitement de l'information et de la pensée et l'efficience cognitive (van Zomeren & Brouwer, 1990). Lorsque ces fonctions sont atteintes, des scores affaissés aux épreuves chronométrées peuvent être retrouvés même si l'habileté à réaliser la tâche peut être intacte. Les tâches sollicitant l'attention sélective ou divisée semblent être particulièrement sensibles aux effets d'un dommage diffus (Sohlberg & Mateer, 1989).

Des séquelles neurocomportementales sont également rapportées, se traduisant par des commentaires ou des actions inappropriées, de l'agressivité et des accès de colère, un affect plat, de l'apathie, de l'irritabilité et des désordres de l'humeur de même qu'un manque de conscience par rapport aux limitations personnelles (Levin et al., 1982). On note également des atteintes au niveau du fonctionnement adaptatif (Ewing-Cobbs, Fletcher, Levin, Iovino, & Miner, 1998). Des déficits fonctionnels persistants dont l'impact peut s'exacerber dans le temps peuvent être caractéristiques des enfants ayant subi un TCC et ce, en dépit d'une récupération partielle des fonctions cognitives (Anderson, Catroppa, Haritou, Morse, & Rosenfeld, 2005).

Relation dose-réponse

Au plan neurologique, l'impact du TCC entraîne la génération de forces intraparenchymateuses et celles-ci sont responsables de l'altération du niveau de conscience, des atteintes neurologiques et des blessures intracrâniennes (Rosenthal & Bergman, 1989). La classification actuelle des personnes atteintes se base sur la sévérité neurologique du TCC, laquelle est déterminée par des variables reliées à la blessure (durée du coma, durée de l'amnésie post-traumatique, site lésionnel, etc.). L'établissement du pronostic de récupération suite au TCC est également fait sur la base de ce système axé sur les variables neurologiques.

Le système de classification utilisé dans le domaine de la neurotraumatologie, axé sur la sévérité de la blessure, sous-entend l'existence d'une relation entre la sévérité neurologique et le pronostic de récupération suite au TCC : il est généralement attendu qu'un TCC plus sévère engendrera un pronostic neuropsychologique plus pauvre. En ce sens, certaines études ont démontré que le pronostic de récupération était fonction de la sévérité du TCC (Fletcher et al., 1995; Rutter, Chadwick, Shaffer, & Brown, 1980). En effet, il semble que la sévérité du TCC est généralement corrélée aux pronostics comportementaux et neuropsychologiques (Levin, 1985), bien que certains résultats aient suggéré que cette association diminuait dans le temps (Groom, Shaw, O'Connor, Howard, & Pickens, 1998). Ainsi, alors qu'un meilleur pronostic peut être espéré pour les enfants ayant subi un TCC léger ou modéré, les enfants ayant subi un TCC sévère

seraient plus à risque de démontrer des déficits dans plusieurs sphères fonctionnelles (Anderson et al., 2005).

Toutefois, cette relation dose-réponse est fréquemment questionnée à la fois dans la pratique clinique et la recherche. En effet, nombreux (Gronwall, 1989; Newcombe, 1987) sont les cliniciens et même les chercheurs soutenant que des exceptions surviennent fréquemment alors que des séquelles légères sont retrouvées chez une personne ayant subi un TCC pourtant sévère. Le contraire est parfois également observé alors que la survenue d'un TCC léger amène des répercussions prononcées. Ainsi, il semble que la relation dose-réponse serait davantage une règle générale : un impact crânio-cérébral sévère est habituellement associé à un GCS bas, une plus longue durée de l'inconscience et des irrégularités au CT scan (Ratan, Pandey, & Ratan, 2001). Cependant, selon Ratan et al. (2001), en se basant sur les expériences cliniques et certaines études (Rivara, Tanaguchi, Parish, Stimac, & Mueller, 1987; Zimmerman & Bilanuk, 1994), il faut garder à l'esprit que cela n'est pas toujours le cas. En ce sens, certains auteurs ont suggéré que la sévérité du TCC serait davantage un indicateur qu'un prédicteur (Chapman, Levin, Matejka, Harward, & Kufera, 1995).

Variabilité des résultats

Variabilité des résultats entre des études différentes

Alors que l'existence d'une relation dose-réponse entre la sévérité du TCC et l'intensité des séquelles observées est habituellement attendue et acceptée de façon

générale, certains résultats n'ont pas supporté une telle hypothèse. En effet, Filley, Cranberg, Alexander et Hart (1987) n'ont observé aucune relation entre la durée du coma et les séquelles neuropsychologiques. Une relation dose-réponse avait été démontrée par Brown, Chadwick, Shaffer, Rutter et Traub (1981) entre la sévérité du TCC et le taux de nouvelle incidence de troubles psychiatriques, où les enfants avec TCC sévère démontrent plus de problèmes de cet ordre que les groupes TCC léger et modéré. Ces auteurs attribuaient les troubles psychiatriques post-morbides des enfants TCC léger à la présence de problématiques pré morbides. Toutefois, Asarnow et al. (1991) observaient une augmentation des problèmes comportementaux en lien avec le TCC chez des enfants avec TCC léger; résultats qui n'étaient pas soutenus par ceux de Knights et al. (1991). Les résultats de Fletcher, Ewing-Cobbs, Miner, Levin et Eisenberg (1990) ne supportaient aucun des constats précédents, alors qu'aucune relation significative n'était observée dans leur échantillon entre les perturbations comportementales et la sévérité du TCC, quelle qu'elle soit.

L'étude de Levin & Eisenberg (1979) a exploré les relations entre les scores obtenus au GCS et les fonctions langagières, somato-sensorielles et la vitesse motrice sans qu'un lien significatif entre ces variables soit démontré. Toutefois, leurs résultats indiquaient que les déficits de mémoire et visuo-spatiaux étaient plus à risque de survenir chez les enfants avec des scores bas à l'échelle verbale du GCS. De plus, aucune association statistique significative n'était retrouvée entre les anomalies à la scanographie cérébrale et les déficits neuropsychologiques. Ces résultats vont à l'encontre de ceux de

Winograd, Knights, & Bawden (1984) qui indiquaient des corrélations positives entre les scores au GCS et chaque domaine du fonctionnement neuropsychologique. De plus, d'autres auteurs ont démontré que le score total d'atrophie à la scanographie cérébrale était utile à des fins pronostiques (Kriel, Hrach, & Sheehan, 1988).

Plus récemment, les résultats de Brenner, Freier, Holshouser, Burley, & Ashwal (2003) n'indiquaient aucune corrélation entre le score au GCS et les séquelles neuropsychologiques et intellectuelles. En effet, les seules variables cliniques les plus prédictives de ces aires de fonctionnement étaient l'électroencéphalogramme et l'âge de l'enfant lors du TCC. De plus, une corrélation significative était observée entre le traitement visuo-spatial et l'étiologie de la blessure mais pas avec le score au GCS. Même en combinant l'ensemble de leurs variables cliniques, seulement 30 % de la variance était expliquée.

Variabilité des résultats entre des personnes souffrant de TCC de même sévérité

L'idée même de classifier les individus ayant subi un TCC selon la sévérité de leur blessure, telle que mesurée habituellement par le GCS, pourrait laisser suggérer implicitement que l'intensité de leurs séquelles neuropsychologiques sera équivalente. Toutefois, il n'en est rien. En effet, il appert parfois que la sévérité de la blessure ne corresponde pas toujours au niveau de récupération, puisque certains enfants avec des TCC sévère montrent une récupération relativement bonne (Chapman et al., 1995). Des séquelles importantes autant au niveau cognitif que social ont été rapportées chez des

gens ayant subi un TCC de sévérité pourtant légère (Binder, Rohling, & Larrabee, 1997; Vanderploeg, Curtiss, & Belanger, 2005). De même, des individus dont les blessures ont été classifiées comme modérée ou sévère par les méthodes acceptées et chez qui le pronostic de récupération est plutôt sombre, ont présenté des séquelles résiduelles peu prononcées (Newcombe, 1987). Ces résultats suggèrent que même en présence d'une blessure d'égale sévérité neurologique, la symptomatologie neuropsychologique ne sera pas manifestée de la même façon chez deux individus différents. En ce sens, il a été rapporté que même chez des enfants présentant des TCC sérieux, l'expression des symptômes apparaissait très variable (Fletcher et al., 1995).

La plupart des études ont regroupé les enfants ayant subi un TCC selon la sévérité de leur atteintes neurologiques en se basant sur les mesures de coma (GCS). Les groupes ainsi formés sont présumés homogènes dans leur composition, c'est-à-dire qu'ils devraient renfermer des individus démontrant le même degré d'atteinte neurologique. Logiquement, les manifestations cliniques comportementales ou cognitives consécutives au TCC devraient être présentes chez tous les individus de ce groupe. Toutefois, certains résultats ont indiqué que cela n'est pas toujours le cas. Par exemple, des auteurs s'étant intéressés aux problèmes comportementaux observés chez les enfants suite à un TCC ont démontré que seulement 52 % des enfants TCC sévère présentaient des manifestations d'importance clinique (Anderson et al., 2005). De même, le dénouement scolaire des enfants ayant subi un TCC a été exploré et il est rapporté que 80 % des enfants du groupe TCC sévère avaient repris une année ou se trouvaient dans un environnement

scolaire adapté (Ewing-Cobbs et al., 1990). Ainsi, les manifestations ne sont pas présentées de la même façon par tous les sujets d'un groupe jugé homogène d'un point de vue neurologique.

D'un point de vue strictement neurologique, Ratan, Pandey et Ratan (2001) se sont intéressés aux associations possibles entre la durée de la perte de conscience, le score au GCS et les anomalies à la scanographie cérébrale chez une population d'enfants ayant subi un TCC. Ils ont formé leurs groupes en se basant sur la durée de la perte de conscience et le score au GCS. Leurs résultats indiquaient que la fréquence de résultats positifs à la scanographie cérébrale (environ 70 %) était comparable entre les groupes TCC léger, modéré et sévère. De plus, aucune des corrélations entre les résultats positifs à la scanographie et le GCS ou entre la durée de la perte de conscience et les irrégularités aux examens neuroradiologiques n'était statistiquement significative. Ils concluaient donc à la prudence et recommandaient une surveillance médicale même chez les individus ayant de bons scores au GCS puisque ceux-ci pouvaient également nécessiter des soins, au même titre que ceux avec des scores plus bas au GCS.

Études de facteurs pouvant influencer l'expression des séquelles

Suite à un TCC pédiatrique, une certaine variabilité des résultats est observée, dont les causes ne peuvent à ce jour être identifiées avec certitude (Taylor, 2004). Le pronostic de récupération suite à une blessure cérébrale chez l'enfant ne semble pas pouvoir être établi uniquement sur la base de la sévérité neurologique. En ce sens, dans

l'impossibilité de statuer sur les déficits neuropsychologiques post-morbides uniquement sur la base de la classification selon la sévérité neurologique, plusieurs auteurs se sont penchés sur l'étude des sources d'influence potentielles dans l'expression des séquelles. Au cours des dernières années, l'emphase a été placée sur l'identification des facteurs ayant une valeur prédictive de l'intensité des séquelles suite à un TCC. De tels facteurs, une fois identifiés, pourraient permettre aux cliniciens de mieux anticiper le potentiel de récupération d'un patient et ses besoins de traitements (Drake, McDonald, Magnus, Gray, & Gottshall, 2006).

Âge

Il est implicitement reconnu que la sévérité neurologique du TCC n'explique pas entièrement la variance retrouvée à l'intérieur des groupes. En effet, les variables telles que l'âge de l'enfant et son stade de développement interagissent avec les paramètres de la blessure et influencent les séquelles (Anderson & Moore, 1995). Plus l'enfant est jeune au moment du TCC, plus les séquelles risquent d'être prononcées. Chez l'enfant, le TCC survient dans un organisme en pleine évolution, où des fonctions cognitives émergent de façon rapide selon les stades de développement de l'enfant : il perturbe la séquence normale de développement cognitif. Les séquelles du TCC peuvent passer relativement inaperçues ou être sous-estimées lorsque l'enfant présente un bon fonctionnement peu de temps après le TCC pour n'être révélées que plus tard alors que le développement de l'enfant se poursuit. Ainsi, selon le moment où la mesure est prise, le portrait de fonctionnement neuropsychologique peut varier alors qu'une fonction ne se

développe pas normalement. Selon certains, les symptômes seraient reliés en partie à la sévérité du TCC, à l'âge au moment de la blessure et au temps écoulé depuis la prise de mesure (Taylor & Alden, 1997). Pour d'autres, les séquelles à long terme seraient variables puisqu'elles résulteraient d'interactions cumulatives entre la nature de la blessure, les variables de la phase de récupération et les facteurs expérientiels et ce, indépendamment de l'âge de l'enfant (St.James-Roberts, 1979).

Prémorbidité

Le statut développemental et comportemental prémorbide de l'enfant et l'étendue des déficits neuropsychologiques initiaux semblent également influencer le cours de la récupération (Kinsella et al., 1999). Les enfants avec des histoires de vies compliquées pré-TCC pourraient être plus à risque de présenter des séquelles plus prononcées (Rutter et al., 1980). En effet, il a été rapporté que les enfants qui présentaient déjà, avant le TCC, des retards ou troubles de développement pouvaient être plus vulnérables aux séquelles du TCC, à la fois parce que le TCC interrompt et perturbe le développement neurologique déjà non-normatif mais également parce qu'ils peuvent avoir des capacités d'adaptation plus limitées. De même, il a été démontré que les enfants qui présentaient déjà des troubles particuliers tels que le trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité avant le TCC étaient premièrement, plus à risque de subir un TCC de par leurs comportements impulsifs et lunatiques mais deuxièmement, également plus susceptibles de présenter des problèmes attentionnels et comportementaux plus prononcés comparativement à des enfants ayant subi un TCC d'égale sévérité (Max et

al., 2004). De même, la présence de problèmes psychiatriques après le TCC était associée avec non seulement un milieu socioéconomique défavorisé mais également avec la présence d'antécédents de problèmes comportementaux (Rutter et al., 1980).

Genre

Les conséquences d'une blessure cérébrale pourraient aussi être reliées à des facteurs tels que le sexe. En effet, en plus d'être la plupart du temps surreprésentés dans les études s'intéressant au TCC pédiatrique (Yeates, 2000), il semble que les garçons aient également une récupération moins bonne au plan des habiletés mnésiques (Donders & Hoffman, 2002) et du fonctionnement adaptatif (Papero, Prigatano, Snyder, & Johnson, 1993).

Statut social

La récupération apparaît également influencée par l'environnement familial tel que déterminé en outre par le statut social et le niveau socio-économique (Taylor et al., 1992). En effet, des séquelles comportementales et adaptatives plus prononcées ont été observées chez les enfants provenant de milieux défavorisés ou dysfonctionnels (Max et al., 1997; Taylor et al., 1999). En ce sens, un environnement favorisé semble promouvoir un meilleur développement des compétences comportementales et académiques. Certains auteurs ont également rapporté que non seulement la sévérité du TCC et l'environnement post-morbide pouvaient potentiellement influencer le portrait neuropsychologique et comportemental mais que ces deux influences interagissaient

dans la production des problèmes d'adaptation comportementale suite à un TCC pédiatrique (Brown et al., 1981). En effet, des déficits plus marqués étaient retrouvés chez les enfants TCC sévère provenant de milieux défavorisés comparativement à des enfants TCC sévère originaires d'une classe socio-économique plus élevée. Ainsi, ces auteurs ont démontré que l'influence de l'environnement et celle des effets du TCC n'étaient pas simplement surimposées l'une à l'autre mais plutôt que la nature de leur relation était interactive (Fletcher et al., 1995).

Capacités d'adaptation. Le niveau de récupération pourrait être également relié à la manière dont l'enfant et sa famille sont affectés par l'événement, par les façons avec lesquelles les parents et les professeurs répondent aux difficultés post-morbides de l'enfant (Taylor, 2004) et par les capacités propres à l'enfant à s'adapter ou à compenser les déficits de traitements spécifiques (Asarnow et al., 1991).

Ainsi, il ressort à la lumière des écrits que plusieurs facteurs semblent concourir à l'intensité des séquelles suite à un TCC pédiatrique dont plusieurs ne sont pas en lien avec la sévérité neurologique. Globalement, bien que cette dernière variable soit celle qui ait le plus de puissance prédictive des séquelles, il reste que plusieurs autres sources d'influence convergent et interagissent entre elles pour donner lieu au portrait observé suite à un TCC pédiatrique. Par extension, ces différents facteurs d'influence variant entre chaque individu atteint pourraient également expliquer, en partie du moins, la

variabilité des portraits neuropsychologiques et fonctionnels retrouvés à la fois dans les écrits et dans la pratique clinique.

Tel que mentionné par Taylor (2004), une meilleure connaissance de la nature et des sources de la variabilité observée chez les sujets TCC est un but important pour les recherches futures puisque même en regroupant les enfants selon les classifications traditionnelles de sévérité, la plus grande partie de l'hétérogénéité des séquelles du TCC reste inexpliquée.

Autre perspective : analyse des profils cognitifs

Les premières recherches dans le domaine de la neuropsychologie s'inscrivaient dans un courant de pensée qui maintenait, explicitement ou implicitement, que l'enfant atteint d'une condition neurologique telle qu'un TCC ou un trouble d'apprentissage avait forcément beaucoup en commun avec d'autres enfants atteints de la même condition (Rourke, 2000). Il semblait alors pertinent de croire qu'une meilleure compréhension neuropsychologique des séquelles du TCC ou du trouble d'apprentissage pouvait être obtenue par comparaison des enfants atteints de cette condition et d'autres enfants contrôles du même âge sur un certain nombre de variables (Rourke). Les résultats obtenus par cette approche comparative étaient utilisés pour déterminer les déficits et habiletés neuropsychologiques caractéristiques de l'enfant atteint (Doehring, 1978). L'utilisation de cette méthode présumait que de tels enfants formaient une entité homogène, aux performances globalement équivalentes.

D'autres auteurs insistaient sur le fait que les dimensions importantes d'une condition neurologique étaient individualisées à un point tel que les généralisations significatives étaient virtuellement impossibles. Cette dernière approche a pris de l'ampleur lorsque certains auteurs ont identifié des différences dans les profils d'habiletés et déficits neuropsychologiques chez des enfants avec trouble d'apprentissage et que ces variations spécifiques de problèmes de développement semblaient provenir de ces différents profils (Johnson & Myklebust, 1967). De ce point de vue, non seulement le trouble d'apprentissage pouvait regrouper plusieurs sous-types de profils particuliers mais cela impliquait également que ces différents profils pouvaient mener vers différents modes d'intervention.

Selon Rourke (2000), une limitation majeure dans la majorité des recherches s'intéressant aux troubles d'apprentissage ou au TCC et le fonctionnement psychosocial des enfants atteints est l'absence de considération de leur hétérogénéité. Ce type de recherche pourrait obscurcir les différences intra-groupes potentiellement significatives. Par l'analyse de sous-typage (analyse factorielle Q et analyse de regroupement), Butler, Rourke, Fuerst, & Fisk (1997) ont identifié sept sous-groupes différents de fonctionnement psychosocial chez les enfants et adolescents ayant subi un TCC, ce qui est complètement à l'opposé de la notion d'un fonctionnement psychosocial unitaire résultant du TCC. La classification des enfants en sous-groupes homogènes n'implique pas que les enfants ainsi classifiés soient identiques. Plutôt, il est probable que les enfants classifiés en sous-types devraient démontrer, en plus de leurs similitudes, des

différences individuelles substantielles. Ainsi, même s'ils peuvent être très semblables les uns aux autres au plan de leur patron d'habiletés adaptatives et de leurs déficits, toute différence dans les circonstances environnementales et patterns de renforcement aura un impact différent sur le fonctionnement psychosocial de l'enfant. C'est pour cette raison que les pronostics et les traitements doivent être élaborés comme des amalgames reflétant des caractéristiques communes d'une part (sous-typales), et uniques (historiques) d'autre part.

Dans la perspective où il est suspecté que des groupes cliniques présumés homogènes recèlent en fait des différences cognitives individuelles et que des profils pourraient en émerger, certains auteurs ont procédé à des analyses de regroupement avec diverses clientèles. Parmi celles-ci, on retrouve la démence de type Alzheimer (DTA) : alors qu'il a été démontré que la majorité des gens atteints de DTA présentaient un déclin cognitif global avec des problèmes dans les domaines sémantique et visuo-spatial en plus de troubles de mémoire épisodique (Becker, Huff, Nebes, Holland, & Boller, 1988), il semble qu'un petit groupe de patients avec DTA démontrait un trouble de mémoire épisodique seul, avant que les autres troubles cognitifs ne se manifestent (Hodges & Patterson, 1995; Perry, Watson, & Hodges, 2000).

La schizophrénie a également été étudiée dans cette perspective. Paulsen et al. (1995) ont démontré que 50 % de leur échantillon de patients atteints de schizophrénie montraient des profils d'apprentissage et de mémoire similaires à ceux de patients avec

démence sous-corticale, que 15 % démontraient des atteintes plus caractéristiques d'une démence corticale alors que le tiers de leur échantillon était relativement sans atteintes. Les études portant sur l'hétérogénéité cognitive de la schizophrénie ont démontré non seulement une grande diversité à travers les patients mais également que les patients présentant des habiletés cognitives allant de significativement atteintes à normales, ou près de la normale, se retrouvaient dans chacun de ces sous-groupes (Seaton, Goldstein & Allen, 2001). Ainsi, même à l'intérieur d'un sous-groupe diagnostique formé sur la base de manifestations comportementales, une hétérogénéité cognitive a été observée (Goldstein, Shemansky & Allen, 2005).

L'étude de la dyslexie a également donné lieu à de nombreuses recherches dont les résultats ne concordaient pas toujours. En ce sens, Howes, Bigler, Lawson, & Burlingame (1999) suggéraient qu'une explication à cette variabilité était que les sous-types de lecteurs avec dyslexie n'étaient pas différenciés dans les recherches mais plutôt combinés pour former un groupe général avec difficultés de lecture (Flynn & Deering, 1989; Flynn, Deering, Goldstein, & Rahbar, 1992). Selon ces auteurs, même si la présence d'un plus grand échantillon permettait théoriquement d'accroître la puissance statistique, la combinaison des sous-groupes présentant des patrons distincts de déficits pouvait obscurcir les différences critiques entre les groupes contrôles et étudiés. Par l'application d'analyses de regroupement, Howes et al. (1999) ont démontré que les lecteurs atteints de dyslexie pouvaient être catégorisés en des sous-types distincts,

qualitativement différents, par leur performance à une batterie de tests de mémoire et d'apprentissage.

Une variabilité au niveau du fonctionnement cognitif est également rapportée dans la population neurologiquement normale. En effet, en appliquant des analyses de regroupement sur les résultats à une batterie de tests neuropsychologiques obtenus par des adultes âgés entre 55 et 84 ans, il a été démontré que six sous-groupes pouvaient être identifiés dans le niveau global de performance et que des différences qualitatives dans la performance cognitive étaient observées (Valdois, Joanette, Poissant, Ska, & Dehaut, 1990).

La variabilité des séquelles consécutives au TCC ne semble pas être l'unique lot de la neuropsychologie. En effet, de hauts niveaux de variabilité ont été rapportés par des études s'intéressant aux fonctions langagières (Hinchliffe, Murdoch, Chenery, Baglioni, & Harding-Clark, 1998). Selon Peach (1992), plusieurs conclusions en lien avec le système langagier suite au TCC ont été basées sur la performance collective de groupes hétérogènes de participants TCC. Pour remédier à cela, Coppens (1995) a proposé qu'une approche plus pertinente pour examiner les sous-groupes à l'intérieur d'un échantillon d'adultes ayant subi un TCC serait de les classifier selon leur portrait symptomatologique linguistique et cognitif, indépendamment de leur niveau de sévérité. Ces résultats ont indiqué la présence de différents sous-groupes à l'intérieur de la population TCC. En effet, à l'intérieur de son échantillon composé d'adultes ayant subi

un TCC, il a démontré l'existence d'un premier sous-groupe dont les déficits les plus prégnants se situaient au niveau des habiletés visuospatiales, alors que des atteintes plus marquées relativement aux fonctions langagières et mnésiques caractérisaient le deuxième sous-groupe. Le profil du troisième sous-groupe était à l'effet d'habiletés cognitives et langagières globalement atteintes. Finalement, le quatrième sous-groupe démontrait des performances langagières pauvres, lesquelles s'inscrivaient à l'intérieur d'un profil où les habiletés cognitives, visuospatiales et de discours apparaissaient relativement préservées.

Les résultats de Hinchliffe et ses collaborateurs (1998) ont également supporté l'hypothèse que les atteintes mises en relief par les analyses statistiques de groupes formés sur la base du diagnostic ne représentaient pas des caractéristiques universelles de la population TCC. En effet, par l'application d'analyses statistiques de regroupement, ils ont mis en évidence qu'en dépit du fait que des déficits communs étaient retrouvés dans l'ensemble des participants, des sous-groupes pouvaient en être extraits. En ce sens, le premier sous-groupe démontrait des performances similaires au groupe contrôle sur certains facteurs langagiers (compréhension auditive simple, dénomination) alors que des atteintes plus marquées au niveau du système sémantique et des capacités attentionnelles étaient retrouvées dans le deuxième profil. Le profil du troisième sous-groupe était à l'effet de performances globalement effondrées sur l'ensemble des facteurs neuropsychologiques et langagiers mesurés, à l'exception du facteur de mémoire visuelle/visuospatiale. Quant au dernier profil, il présentait des

performances semblables à celui du troisième sous-groupe mais contrairement à celui-ci, présentait une force relative au plan de la mémoire verbale. Il est intéressant de noter que les résultats rapportés témoignent du fait que certains déficits langagiers (habiletés lexicales-sémantiques, sémantiques-sententielles, compréhension auditive complexe) et cognitifs (fluence verbale, attention) semblaient communs à tous les participants TCC. Toutefois, la performance aux tâches sollicitant la compréhension auditive, la dénomination, la mémoire verbale, la mémoire visuelle et les habiletés visuospatiales semblait différencier les groupes. Ces auteurs concluent que certaines séquelles linguistiques et cognitives pouvaient constituer les déficits cardinaux suite à un TCC et que malgré la petite taille de leur échantillon, leurs résultats soulignaient l'importance de considérer la population TCC comme étant plus qu'une entité unitaire. L'analyse des profils cognitifs semble donc permettre une compréhension plus raffinée du fonctionnement de l'individu.

Les études citées précédemment ont mis en évidence la présence d'hétérogénéité à l'intérieur de différentes populations estimées neurologiquement homogènes et ce, peu importe l'âge. Ces résultats ont souligné la pertinence clinique des analyses statistiques de regroupement et ont témoigné du fait que l'établissement d'un diagnostic sur la base de manifestations cliniques ne devrait pas induire d'attentes voulant que tous les individus regroupés sous cette étiquette soient cognitivement équivalents. Par extension, ces recherches constituent le support théorique de la présente étude, laquelle cherche à aller au-delà de la classification traditionnelle de gravité du TCC basée sur la sévérité

neurologique afin de mieux définir le fonctionnement des individus atteints. En ce sens, selon Taylor (2004), l'utilisation des analyses de sous-types, qui peuvent être identifiés empiriquement par l'analyse de regroupement, est la première stratégie pour découvrir les variations importantes dans les séquelles rapportées suite à un TCC pédiatrique.

Il est intéressant de constater que dans le domaine de la recherche sur la compréhension des séquelles suite à un TCC, un changement de perspective semble s'être produit au fil des années. En effet, les résultats des travaux de Rutter (1981) et Brown et al., (1981) cherchaient à établir des liens dans une optique prédictive. En ce sens, la sévérité neurologique du TCC était considérée comme une variable centrale dans la prédiction des séquelles cognitives et comportementales. Depuis, la recherche sur les séquelles du TCC a été très prolifique. L'avancement des connaissances dans le domaine des neurosciences a clairement établi la normalité de l'hétérogénéité des séquelles observées en présence d'un TCC ou de toute autre atteinte neurologique. Ainsi, il est maintenant théoriquement reconnu que malgré un même diagnostic neurologique, les manifestations peuvent être qualitativement différentes. L'attribution d'un lien causal ne semble plus constituer le point de mire et l'intérêt semble s'être déplacé de la valeur prédictive à la valeur contributive de la sévérité neurologique à l'intensité des séquelles post-TCC. Parallèlement, l'émergence d'études s'intéressant aux profils cognitifs à l'intérieur de différentes populations présentant des atteintes neurologiques témoigne bien de ce changement de courant. C'est dans cette perspective que s'inscrit la présente étude, axée sur un volet plus clinique et cherchant à mettre en lumière la présence de

profils cognitifs différents chez les enfants ayant subi un TCC modéré/grave. En effet, même si quelques recherches se sont attardées à l'étude des profils langagiers et cognitifs dans la clientèle TCC, bien peu se sont penchées sur les fonctions typiquement touchées par le TCC (QI, mémoire, attention, fonctions exécutives) et encore moins à l'intérieur d'une population pédiatrique. Toutefois, les quelques études qui se sont intéressées aux différences des profils cognitifs dans cette population, dans d'autres domaines que la neuropsychologie, ont soutenu la pertinence de le faire.

Objectifs

À la lumière des écrits consultés, il est attendu que les enfants ayant subi un TCC démontreront des profils cognitifs différents selon la gravité et le type de séquelles cognitives telles que mesurées aux épreuves neuropsychologiques. De plus, ces sous-groupes seront composés d'enfants ayant subi des TCC de diverses sévérités (i.e. modéré ou grave). Il est attendu que ces modes de fonctionnement cognitif devraient s'interpréter selon les théories cognitives actuellement reconnues dans le domaine de la neuropsychologie et pourront servir à orienter les services de réadaptation.

Méthode

La prochaine section s'attarde à la description des particularités de l'échantillon utilisé dans la présente étude. Le lecteur y trouvera également des informations sur les instruments de mesures choisis et les procédures adoptées de même que le raisonnement ayant motivé le choix des analyses statistiques.

Participants

L'échantillon varie de 72 à 110 enfants selon les méthodes statistiques qui ont été utilisées pour le traitement des données. Ainsi, les analyses qui n'ont porté que sur un test à la fois, comme cela était le cas pour les analyses factorielles visant à réduire le nombre de variables servant aux analyses de regroupement, ont été faites avec le maximum de participants ($n = 110$). Par contre, les analyses de regroupements qui ont été faites à l'aide de plusieurs tests comptaient moins de participants ($n = 72$) car cette technique entraînait le rejet de participants dès qu'un score à l'un des tests était absent. La description des participants est basée sur le nombre qui a été inclus dans les analyses de regroupement, soit 72 enfants. Il s'agit d'enfants ayant subi un TCC modéré ou sévère et ayant été hospitalisés entre 1988 et 2006 au programme de neurotraumatologie du Centre de Réadaptation Marie-Enfant (CRME) du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) Ste-Justine. La présente recherche est de type rétrospectif et a été effectuée à partir de dossiers médicaux et neuropsychologiques. Le lecteur est référé à l'appendice A pour voir la grille de dépouillement utilisée pour la collecte des données médicales et

à l'appendice B pour consulter la grille élaborée pour colliger les données neuropsychologiques. L'accès à ces dossiers a été rendu possible grâce à l'approbation du comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Trois-Rivières et celui du Centre Hospitalier Universitaire Ste-Justine.

Le présent projet a été réalisé en collaboration avec M. Gilbert Desmarais, neuropsychologue au CRME.

L'échantillon inclut 66 garçons et 44 filles, qui avaient un âge moyen de 12.93 ans (écart-type : 2.86 ans) lors du TCC et 13.44 ans (écart-type : 2.62 ans) lors de l'évaluation. La plupart avait été blessé lors d'un accident auto-piéton ($n=24$) ou d'un accident vélo-auto ($n=15$) ou auto-auto ($n=9$), les chutes et les activités récréationnelles constituant les autres cas de TCC ($n=24$). Les paramètres de gravité de la blessure ont été déterminés sur la base des critères actuellement reconnus en neurotraumatologie. Notre échantillon s'étendant sur près de 20 ans, un accord interjuge a été instauré afin d'obtenir un diagnostic de gravité plus exact selon les critères actuellement reconnus dans ce domaine. Les juges étaient des neuropsychologues cliniciens et des étudiants de dernière année au doctorat en psychologie. Ils ont procédé à la lecture des dossiers médicaux et ont établi la gravité du TCC pour chacun des sujets retenus. Pour ce faire, ils ont utilisé les critères actuellement en vigueur dans le domaine de la neurotraumatologie au Québec, lesquels sont établis par la Société de l'Assurance Automobile du Québec (SAAQ, document de référence par Gadoury, 2000). Ainsi, le

diagnostic de TCC modéré était posé lorsque le score à l' Échelle de coma de Glasgow initial se situait entre 9 et 12, que la durée du coma variait entre 30 minutes à 6 heures (avec un maximum de 24 heures), que la durée de l'amnésie post-traumatique se situait entre 1 et 4 jours et que les résultats à la scanographie cérébrale ou à l'imagerie par résonance magnétique étaient positifs. Lorsque le score à l'échelle de coma de Glasgow se situait entre 3 et 8, que le coma s'étendait sur plus de 6 heures, que l'amnésie post-traumatiques durait plusieurs semaines et des lésions neurologiques étaient clairement objectivées lors des examens neuroradiologiques, le diagnostic de TCC grave était établi. Le pourcentage initial de cet accord est de 92.7 %. Pour les sujets où il n'y avait pas d'accord, il y a eu discussion entre les juges pour établir un consensus. L'échantillon est ainsi composé de 26 % de TCC modéré et de 74 % de TCC grave.

Mesures et procédures

Seulement les évaluations initiales, tenues en moyenne environ 3 mois après le TCC, ont été incluses dans cette étude. Les épreuves choisies pour la présente étude l'ont été à la fois pour leurs fondements théoriques et leur sensibilité aux séquelles typiques du TCC et également pour leur popularité d'utilisation chez les neuropsychologues en clinique. En effet, tel que précédemment mentionné, les fonctions cognitives relevant davantage des zones fronto-temporales (intelligence, fonctions exécutives, mémoire) du cerveau sont parmi les plus fréquemment touchées lors d'un TCC. L'accès aux dossiers neuropsychologiques a permis d'obtenir les résultats des participants à ces épreuves. Les variables issues des tests utilisés pour les analyses ainsi

que les moyennes et écart types de chacune de ces variables sont présentées dans les tableaux 1 à 6.

Instruments psychométriques

Wechsler Intelligence Scale for Children-III

Le Wechsler Intelligence Scale for Children-III (WISC-III; Wechsler, 1991) est une épreuve psychométrique d'intelligence composée de plusieurs sous-tests différents, faisant appel tour à tour aux habiletés verbales, non verbales ou de vitesse de traitement de l'information. Dix épreuves obligatoires composent l'échelle d'intelligence soit Connaissances, Compréhension, Similitudes, Arithmétique, Vocabulaire, Assemblage d'objets, Blocs, Images à compléter, Code et Arrangements d'images. L'addition des résultats pondérés obtenus lors de l'ensemble de ces épreuves permet l'obtention du score de quotient intellectuel (QI) global. À noter qu'il y a trois épreuves optionnelles qui n'entrent pas dans le calcul du QI global soit Repérage de symboles, Séquences de chiffres et Labyrinthes. L'échelle verbale est constituée des scores pondérés obtenus aux sous-tests Connaissances, Compréhension, Arithmétique et Vocabulaire. À l'aide des scores pondérés obtenus à ces sous-tests, le QI verbal peut être calculé. Quant aux scores pondérés des sous-tests Assemblage d'objets, Blocs, Images à compléter, Code et Arrangements d'images, ils servent à calculer le QI non verbal, qui correspond à l'échelle de performance. Quatre autres indices globaux peuvent être dérivés pour obtenir une évaluation du niveau de fonctionnement de certaines autres aptitudes cognitives. Il s'agit de l'indice Compréhension Verbale, obtenue par addition des scores

pondérés aux sous-tests Connaissances, Similitudes, Vocabulaire et Compréhension et de l'indice Organisation Perceptive, obtenue par la somme des scores pondérés des sous-tests Images à compléter, Arrangements d'images, Blocs et Assemblage d'objets. Il est également possible d'obtenir un indice de Vitesse de traitement par l'addition des résultats aux sous-tests Code et Repérage de symboles alors que le score de Résistance à la distraction est calculé à partir des résultats aux sous-tests Arithmétique et Séquences de chiffres. Chacune des échelles susmentionnées est normalisée avec une moyenne de 100 et un écart-type de 15. Le score brut obtenu à chacun des sous-tests peut être transformé en score pondéré (moyenne = 10, écart-type = 3) en se référant aux tables de normalisation établies en fonction de l'âge du participant. Certains participants de l'échantillon avaient été évalués avec d'autres versions de cet instrument (WISC-R, 1976; WISC-IV, 2003). Afin de pouvoir comparer l'ensemble des sujets sur les mêmes variables, les sous-tests communs à toutes les versions de cet instrument ont été retenus soit Connaissances, Compréhension, Similitudes, Arithmétique, Vocabulaire, Séquence de chiffres, Assemblage d'objets, Blocs, Images à compléter, Code, Arrangements d'images et Recherche de symboles. Le tableau 1 présente une description des sous-tests retenus dans le WISC-III et les concepts s'y rattachant.

Tableau 1

Description des sous-tests sélectionnés du WISC-III et concepts rattachés^a

Test	Variable mesurée
Connaissances	Ce sous-test fait appel aux connaissances générales, sociales et culturelles.
Similitudes	Ce sous-test vise à mesurer la conceptualisation et l'abstraction verbale.
Arithmétique	Dans ce sous-test, le participant doit résoudre mentalement des problèmes d'arithmétique qui lui sont lus.
Vocabulaire	Ce sous-test fait appel au vocabulaire et à l'aptitude à exprimer ses idées par des phrases.
Compréhension	Ce sous-test vise à évaluer le jugement social du participant et sa compréhension des normes sociales.
Séquences de chiffres	Ce sous-test est une mesure de mémoire auditive immédiate et de concentration.
Images à compléter	Dans ce sous-test, les aptitudes de perception et de reconnaissance visuelle sont sollicitées.
Code	Ce sous-test fait appel à la coordination visuo-motrice et à la concentration.
Arrangement d'images	Ce sous-test sollicite l'aptitude à saisir la logique des situations concrètes grâce à une projection dans le temps.
Dessins avec blocs	Dans ce sous-test, les capacités d'abstraction et de représentation de l'espace géométrique sont sollicitées.
Assemblage d'objets	Ce sous-test fait appel aux habiletés d'anticipation permettant de saisir l'ensemble de la situation.
Repérage de symboles	Ce sous-test sollicite les habiletés de discrimination visuelle et de vitesse de traitement.

^a Wechsler, 1991 (Traduction libre)

California Verbal Learning Test-Children's Version

Le *CVLT-C* (Delis, Kramer, Kaplan & Ober, 1994) débute par la lecture à 5 reprises d'une liste de 15 mots contenant 3 catégories différentes (fruits, jouets, vêtements). Après chaque essai, il est demandé au sujet de rappeler le plus de mots possibles, peu importe l'ordre. Après ces cinq essais, une seconde liste de mots contenant elle aussi trois catégories dont une en provenance de la première liste (fruits) est lue au sujet, et il lui est demandé de rappeler le plus de mots possibles de cette liste. Cette seconde liste permet de voir la sensibilité à l'interférence entre les apprentissages. Ensuite, l'examineur procède au rappel libre immédiat des mots de la première liste et au rappel indicé immédiat, où l'examineur nomme les catégories de mots et où le sujet doit dire quels étaient les mots dans cette catégorie. Après un délai temporel de 20 minutes, l'examineur procède au rappel libre et au rappel indicé différé. Ensuite, une tâche de reconnaissance contenant 45 mots dont ceux de la première liste est administrée, il est alors demandé au sujet de préciser si le mot lu se retrouvait dans la première liste. Ce test permet d'évaluer les habiletés mnésiques en modalité verbale, la capacité de formation de concepts verbaux et les stratégies d'apprentissage privilégiées par le sujet. Le système informatisé de correction du *CVLT-C* (The Psychological Corporation, 1994) a été utilisé afin d'uniformiser la correction de l'ensemble des protocoles. Les variables sélectionnées dans cette épreuve sont décrites dans le tableau 2.

Tableau 2

Description des variables sélectionnées du CVLT-C^a

Variable	Description
Essais 1 à 5	Nombre total de bonnes réponses aux 5 premiers essais.
Rappel immédiat libre	Nombre total de mots rappelés de la liste A, sans indice, après présentation de la liste B.
Rappel immédiat indicé	Nombre total de mots rappelés de la liste A, avec indices de catégories donnés par l'examinateur, après présentation de la liste B.
Rappel différé libre	Nombre total de mots de la liste A correctement rappelés, sans indice, après un délai variant entre 20 et 30 minutes.
Rappel différé indicé	Nombre total de mots de la liste A correctement rappelés, avec indice catégoriel donnée par l'examinateur, après un délai variant entre 20 et 30 minutes.
Consistance	Proportion de mots correctement rappelés dans tous les essais et rappels du test.
Intrusions aux rappels indicés	Total de mots n'appartenant pas à la liste originelle nommés par l'enfant lors des rappels indicés immédiat et différé.
Reconnaissance	Nombre de mots de la liste A correctement identifiés parmi des mots distracteurs.
Faux positifs	Total de mots incorrectement reconnus comme appartenant à la liste A lors de l'épreuve de reconnaissance.
Liste B vs Essai 1	Mesure de comparaison entre le nombre de mots rappelés au 1 ^{er} essai de la liste A et lors du rappel de la liste B.
Liste B	Nombre total de mots correctement rappelés de la liste B.

Tableau 2

Description des variables sélectionnées du CVLT-C^a(suite)

Variable	Description
Intrusions aux rappels libres	Total de mots n'appartenant pas à la liste originelle nommés par l'enfant lors des rappels libres immédiat et différé.
Perséverations	Rappel d'un mot qui a été dit à l'intérieur d'un même rappel.
Regroupement sériel	Mots rappelés consécutivement dans le même ordre que leur présentation originale.
Regroupement sémantique	Mots rappelés selon leur catégorie d'appartenance.
Courbe d'apprentissage	Moyenne des nouveaux mots rappelés par l'enfant au cours des 5 premiers essais de la liste A.
Effet de primauté	Rappels de mots figurant parmi les 4 premiers présentés dans la liste A ou B.
Effet de récence	Rappels de mots figurant parmi les 4 derniers de la liste A ou B.
Rappel immédiat vs essai 5	Mesure de comparaison entre le nombre de mots correctement rappelés au 5 ^e essai de la liste A et lors du rappel immédiat.

^a Fridlund & Delis, 1994 (Traduction libre).

Wisconsin Card Sorting Test

Le *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST : Berg & Grant, 1948; version révisée par Heaton, Chelune, Talley, Kay, & Curtiss, 1993) a été élaboré afin d'étudier les capacités d'abstraction et d'alternance entre les concepts. Le sujet se voit remettre un paquet de cartes où se trouvent des symboles variant en forme, couleur et nombre, qu'il doit associer à une des quatre cartes-stimulus (un triangle rouge, deux étoiles vertes, trois

croix jaunes et quatre points bleus). Le sujet doit deviner la règle de formation de la catégorie en fonction de la rétroaction de l'examinateur. Une catégorie est considérée complétée après 10 bonnes réponses. La règle est ensuite changée sans que le sujet n'en soit averti. Le sujet doit parvenir à compléter six catégories soit deux séries de trois catégories (couleur-forme-nombre). Plusieurs habiletés cognitives sont évaluées par ce test, dont le raisonnement abstrait, la résolution de problèmes, la flexibilité cognitive et la capacité à tenir compte du feedback de l'environnement pour se réajuster (Botez-Marquard & Boller, 2005). L'ensemble des protocoles a été recorrigé à l'aide du système informatisé de correction du *WCST* (Psychological Assessment Resources, Inc., 1993). Le tableau 3 présente les variables sélectionnées de cette épreuve de même qu'une brève description.

Tableau 3

Description des variables sélectionnées du WCST^a

Variable	Description
Perséverations	Total de répétitions d'une réponse incorrecte correspondant à une caractéristique d'une carte réponse qui ne correspond pas à la catégorie voulue au moment où le participant donne cette réponse.
Catégories complétées	Nombre total de catégories complétées; une catégorie est formée de 10 bonnes réponses données de façon consécutive.
Capacité d'apprentissage	Rapport exprimé en pourcentage du nombre d'erreurs par rapport au nombre de catégories amorcées ou complétées.
Erreurs non persévérvatives	Total de réponses incorrectes qui ne sont pas une répétition d'une réponse incorrecte précédente.
Échec au maintien d'une catégorie	Nombre de fois où le participant amorce une catégorie mais où après 5 bonnes réponses, il ne maintient pas la catégorie et ne peut la compléter.
Essais pour compléter 1 ^{re} catégorie	Nombre total de cartes utilisées avant que le sujet ne termine la première catégorie.

^a Heaton et al., 1993 (Traduction libre).

Analyses statistiques

Les analyses statistiques se sont déroulées en trois étapes. Premièrement, les résultats aux épreuves neuropsychologiques ont tous été transformés en scores z, ceci afin de pouvoir les comparer d'un test à l'autre sur une même échelle. Les résultats ont été convertis en scores z à partir des normes de chaque test. Les scores transformés de telle sorte sont plus faciles à comparer entre eux puisque la moyenne d'un score z est de 0 et l'écart-type est de 1. Ainsi, si un participant obtient un score z entre -1 et +1, il se retrouve à l'intérieur des limites normatives. Si son résultat le situe sous la limite inférieure de -1, il y a indice de difficulté. Finalement, s'il obtient un score se situant au-delà de la limite supérieure de +1, alors il s'agit d'une force. En ce sens, il y a consensus dans la littérature sur le fait que de diviser chaque variable par son étendue fournit une méthode acceptable pour égaliser les variables (Milligan & Cooper, 1987).

Analyse de composantes principales

Deuxièmement, les variables à inclure dans l'analyse de regroupement ont été réduites en nombre par l'application d'analyses factorielles. En effet, il est préférable lorsque plusieurs mesures du même construit sont disponibles, de combiner les différentes sources d'informations en des mesures plus globales basées sur l'analyse factorielle (Gorman-Smith, Tolan, & Henry, 2000). Ce type d'analyse statistique regroupe en facteurs les variables sur la base de leur coefficient de corrélation, ce qui fournit de l'information sur l'unicité ou la redondance des variables. Elle permet ainsi de réduire le nombre de variables à l'étude et de fournir des mesures plus solides au niveau

des construits. Dans la présente recherche, ce sont les scores obtenus aux tests neuropsychologiques à partir des dossiers des participants qui ont été soumis à ce type d'analyse. Plus précisément, afin d'identifier les facteurs les plus représentatifs parmi l'ensemble de nos données, des analyses factorielles exploratoires en axes principaux (principal axis factoring) ont été privilégiées. Les variables latentes (composante principale ou facteur) mises en évidence par l'analyse représentent des construits cognitifs mesurés par les résultats aux tests neuropsychologiques (variables manifestes). La détermination des facteurs s'est faite par l'évaluation des *Eigenvalues* (plus grand que 1,00). Dans un premier temps, afin de procéder à la vérification de l'amplitude des corrélations entre les facteurs, des rotations obliques (oblimin) ont été réalisées. Lorsque les relations entre les facteurs étaient considérables, comme lors de l'analyse factorielle réalisée à partir des sous-tests du *WISC-III*, la solution de cette rotation oblique était conservée. Toutefois, en présence de relations faibles entre les facteurs, les solutions de rotations de type orthogonal (varimax) étaient retenues. C'est le cas pour les analyses factorielles portant sur le *CVLT-C* et le *WCST*. Le tableau 4 présente les critères de validité retenus pour les analyses factorielles. Tous les critères ont été rencontrés à chacun des tests soumis aux analyses.

Tableau 4

Critères de validité des matrices de corrélations

Test	Corrélation entre les facteurs	Type de rotation	Déterminant de corrélation	K-M-O	Test de sphéricité de Bartlett
<i>WISC-III</i>	.63	Oblimin	.001	.88	.00
<i>CVLT-C</i>	entre -.06 et .20	Varimax	.000	.73	.00
<i>WCST</i>	.24	Varimax	.089	.61	.00

Analyses de regroupement

Troisièmement, les variables issues des analyses factorielles ont été utilisées pour faire émerger les profils cognitifs à l'aide de l'analyse de regroupement (cluster). Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du programme SPSS (version 12). En raison de l'aspect exploratoire de la présente recherche, une méthode de regroupement hiérarchique utilisant la méthode de Ward a été choisie, en mentionnant des solutions ouvertes de 3 à 7 sous-groupes. Cette méthode a été préférée aux autres techniques de regroupement hiérarchique car elle est reconnue être résistante aux influences des sujets extrêmes et fournit des résultats fiables (Blashfield, 1976). La mesure de similarité choisie est la distance Euclidienne au carré, puisqu'elle est reconnue être sensible à la fois au niveau et au patron de performance contrairement aux coefficients qui sont sensibles au patron mais non au niveau de performance (Carter, Morris, & Blashfield, 1989). Afin de déterminer le nombre optimal de sous-groupes à être identifiés par

l'analyse de regroupement, il avait été décidé a priori que chaque sous-groupe retenu devait être théoriquement interprétable et être composé d'au moins 5 % (i.e. ≥ 6 participants) du nombre total de participants pour être considéré comme suffisamment significatif, ce qui est conforme aux exigences établies dans des études précédentes (Mottram & Donders, 2006). Par la suite, tel que proposé par Skinner (1978), une seconde analyse de regroupement a été réalisée sur les mêmes variables en utilisant cette fois la méthode de *complete linkage* afin de valider les profils issus des premières analyses.

Résultats

Le lecteur trouvera dans la section suivante les résultats obtenus aux analyses statistiques réalisées à chaque étape décrite précédemment. Dans un premier temps, les résultats obtenus par les participants aux épreuves neuropsychologiques seront présentés. Suivront ensuite les résultats observés aux analyses factorielles puis finalement ceux obtenus lors des analyses de regroupements.

Résultats aux épreuves neuropsychologiques

Trois épreuves neuropsychologiques ont été retenues à des fins d'analyses statistiques dans la présente étude. Le tableau 5 présente les résultats des analyses aux différents indices extraits du WISC-III de même que la valeur minimale et maximale observée dans l'échantillon. Le tableau 6 présente les résultats à l'épreuve d'apprentissage et de mémoire verbale, le CVLT-C. Les valeurs moyennes, minimales et maximales obtenus par les participants à l'épreuve du WCST sont présentées dans le tableau 7.

Tableau 5

Moyenne et écart-type des variables du WISC-III de l'échantillon (scores pondérés)

Variable	Moyenne	Écart-type	Valeur maximale	Valeur minimale
Quotient intellectuel global	-0.42	15.63	127	55
Quotient intellectuel verbal	-0.27	14.93	127	57
Quotient intellectuel non verbal	-0.55	18.07	130	55
Compréhension verbale	-0.42	14.18	124	59
Organisation perceptuelle	-0.47	17.90	126	55
Résistance à la distraction	-0.32	16.27	129	58
Vitesse de traitement	-0.96	17.13	137	53

Tableau 6

Moyenne et écart-type des variables du CVLT-C de l'échantillon (score z)

Variable	Moyenne	Écart-type	Valeur maximale	Valeur minimale
Essai 1	-.36	1.13	3	-3.5
Essai 5	-.50	1.62	1.5	-5
Liste B	-.41	1.25	2.5	-3
Courbe	-.37	1.23	2	-4
Rappel libre immédiat	-.64	1.61	2.5	-5
Rappel libre différé	-.54	1.74	2	-5
Regroupement sémantique	-.76	1.41	3	-3.5
Regr sériel	.05	1.22	5	-3.5
Intrusion	.20	1.21	5	-1
Persévérations	.39	1.42	5	-2

Tableau 7

Moyenne, valeur maximale et minimale des variables sélectionnées du WCST

Variable	Moyenne	Valeur maximale	Valeur minimale
Catégories complétées (score brut)	5.03	6	0
Erreurs non persévéritatives (Score T)	45	50	80
Persévérations (Score T)	47	31	>80

Facteurs identifiés

L'analyse factorielle du WISC-III a révélé la présence de deux facteurs. La variance expliquée par ces facteurs est : 50,10 % et 9,36 %, pour un total de 59,46 %. La première composante, nommée « Facteur verbal », regroupe les variables Connaissances, Arithmétique, Similitudes, Vocabulaire, Recherche de symboles, Code et Séquences de chiffres. Le deuxième facteur, nommé « Facteur non-verbal », regroupe les sous-tests Blocs, Assemblage d'objets, Images à compléter et Arrangements d'images. Il appert intéressant de noter que certains sous-tests du « Facteur verbal » soit Arithmétique, Similitudes, Compréhension, Recherche de symboles, Code et Séquences de chiffres partagent un poids important avec le deuxième facteur. De même, il semble important de souligner que les variables Blocs, Assemblage d'objets, Images à compléter et Arrangement d'images retrouvées dans le « Facteur non-verbal » apparaissent également en lien de façon non négligeable avec le premier facteur issu de cette analyse (voir tableau 8).

Tableau 8

Facteurs issus du WISC-III

Variable	Facteur		Indice de variance commune
	1	2	
Connaissances	.84	.45	.63
Arithmétique	.83	.59	.68
Similitudes	.73	.49	.52
Compréhension	.70	.46	.59
Vocabulaire	.65	.34	.55
Recherche de symboles	.65	.60	.69
Code	.61	.48	.49
Séquences de chiffres	.53	.45	.44
Blocs	.48	.76	.46
Assemblage d'objets	.47	.74	.49
Images à compléter	.66	.71	.56
Arrangements d'images	.63	.63	.41
Eigenvalues	6.01	1.12	
% de variance	50.10	9.36	

*Déterminant = ,001**Note.* 1 = Facteur verbal, 2 = Facteur non-verbal.

Les poids factoriels des variables les plus liées conceptuellement à un construit sont en gras

Le tableau 9 présente les résultats de l'analyse factorielle qui a été réalisée sur les variables obtenues de l'épreuve du California Verbal Learning Test-Children's version (CVLT-C). Cinq facteurs ont été identifiés par cette analyse dont le premier « Capacité générale d'apprentissage verbal » est constitué des variables Nombre total de mots aux essais 1 à 5, Rappel différé libre, Rappel immédiat libre, Rappel différé indicé, Rappel immédiat indicé, Consistance, Intrusions aux rappels indicés, Reconnaissance, Faux positifs et Intrusions aux rappels libres. Les variables Liste B vs nombre de mots à l'Essai 1 et Nombre de mots à la liste B se retrouvent sous le deuxième facteur « Effet proactif ». Les variables Intrusions aux rappels libres, Persévérations, Intrusions aux rappels indicés et Faux positif composent le troisième facteur « Dysfonction exécutive en mémoire verbale ». Sous le quatrième facteur « Stratégies » se retrouvent les variables Regroupement sériel, Courbe d'apprentissage et Regroupement sémantique. Une seule variable, Rappel immédiat vs essai 5, est retrouvée dans la cinquième composante nommée « Interférence rétroactive ». Les variables Effet de primauté et Effet de récence n'exercent aucun poids factoriel. La variance expliquée par chacun des facteurs est respectivement : 35,09 %, 10,11 %, 8,49 %, 7,61 % et 6,50 %. La variance totale expliquée est donc de 67,80 %.

Tableau 9

Facteurs issus du CVLT-C

Variable	Facteur					Indice de variance commune
	1	2	3	4	5	
Essais 1 à 5	.91	.08	-.04	-.15	.01	.94
Rappel différé libre	.91	.07	-.06	-.08	.12	.87
Rappel immédiat libre	.91	.16	-.03	.07	.27	.94
Rappel différé indicé	.90	-.04	-.04	.03	-.02	.82
Rappel immédiat indicé	.85	-.01	.00	.08	-.06	.87
Consistance	.72	.13	-.16	.09	-.09	.88
Intrusion rappels indicés	-.60	-.04	.43	-.04	.10	.37
Reconnaissance	.53	-.02	.19	-.05	-.03	.37
Faux positif	-.52	-.07	.45	-.06	-.11	.21
Liste B vs Essai 1	-.14	.93	-.03	.21	-.07	.22
Liste B	.47	.73	.04	-.19	.14	.64
Intrusion rappels libres	-.52	-.09	.65	-.09	.00	.67
Persévération	.06	.03	.47	.03	.10	.31
Regroupement sériel	.13	-.02	-.01	.69	.16	.60
Courbe d'apprentissage	.26	.27	-.06	.45	-.29	.60
Regroupement sémantique	.25	-.05	.21	-.43	-.13	.39
Effet de primauté	-.14	-.01	.02	.30	-.12	.50
Effet de récence	-.13	-.03	-.17	-.23	-.02	.85
Rappel immédiat vs Essai 5	.03	.01	.12	.04	.74	.66
Eigenvalues	6.67	1.92	1.61	1.45	1.23	
% de variance	35.09	10.11	8.49	7.61	6.50	

Déterminant = ,000

Note. 1 = Capacité générale d'apprentissage verbal, 2 = Effet proactif, 3 = Dysfonction exécutive en mémoire verbale, 4 = Stratégies, 5 = Interférence rétroactive.

Les poids factoriels des variables les plus liées conceptuellement à un construit sont en gras

L'analyse factorielle du Wisconsin Card Sorting Test (WCST) démontre la présence de deux composantes à l'intérieur de notre échantillon (voir tableau 10). Le premier facteur « Apprentissage catégoriel par rétroaction » est constitué des variables *Learning to learn*, Nombre de catégories complétées, Erreurs non persévérvatives et Erreurs persévérvatives. La seconde composante « Conceptualisation » regroupe les variables Nombre d'essais avant de compléter la première catégorie. La variable Échec à maintenir la catégorie n'exerce aucun poids factoriel. La variance commune expliquée par ces facteurs est : 46,38 % et 20,17 %. La variance totale est donc de 66,55 %.

Tableau 10

Facteurs issus du WCST

Variable	Facteur		Indice de variance commune
	1	2	
<i>Learning to learn</i>	.96	.18	.73
Nombre de catégories complétées	.84	-.45	.78
Erreurs non persévérvatives	-.57	.37	.46
Erreurs persévérvatives	-.50	.14	.26
Nombre d'essais avant de compléter la 1 ^{re} catégorie	-.00	.83	.49
Échec à maintenir la catégorie	-.22	.27	.16
Eigenvalues	2.79	1.21	
% de variance	46.38	20.17	

Déterminant = ,001.

Note. 1 = Apprentissage catégoriel par rétroaction, 2 = Conceptualisation.

Les poids factoriels des variables les plus liées conceptuellement à un construit sont en gras

Analyses de regroupement

Les résultats de l'analyse de regroupement réalisée avec la méthode de Ward ont révélé la présence de cinq sous-groupes. Par contre, les résultats de l'analyse de regroupement selon la méthode de complete linkage n'ont validé que trois des cinq profils issus des analyses précédentes. Les descriptions des trois profils cognitifs communs suivent ici-bas. Le tableau 11 récapitule les facteurs identifiés par les analyses

factorielles afin de faciliter la compréhension des profils cognitifs qui ont émergé des analyses de regroupement.

Tableau 11

Tableau récapitulatif des facteurs retenus pour les analyses de regroupement

Facteur	Nom	Provenance
1	Apprentissage catégoriel par rétroaction	WCST
2	Conceptualisation	WCST
3	Habiletés verbales	WISC
4	Habiletés non verbales	WISC
5	Capacité générale d'apprentissage verbal	CVLT-C
6	Effet proactif	CVLT-C
7	Dysfonctionnement exécutif en mémoire verbale	CVLT-C
8	Stratégies	CVLT-C
9	Interférence rétroactive	CVLT-C

Profils cognitifs

Sous-groupe 1

« Bon fonctionnement intellectuel avec bonne résistance à l'interférence » (n=10).

L'analyse du profil de ce sous-groupe (voir figure 1) indique la présence de plusieurs forces dont la principale se trouvait au niveau de la capacité de résistance à l'interférence proactive lors d'une tâche d'apprentissage verbal (facteur 6; Effet proactif). De même, ce sous-groupe démontrait de belles forces au plan des habiletés

verbales (facteur 3; Habiléités verbales) et non verbales (facteur 4; Habiléités non verbales). Les fonctions mnésiques et d'apprentissage verbal se sont révélées adéquates (facteur 5; Capacité générale d'apprentissage verbal). Toutefois, on remarquait la présence d'une légère difficulté au plan de la conceptualisation (facteur 2; Conceptualisation), qui peut se traduire par une difficulté à abstraire l'information. Ainsi, en dépit de cette difficulté de conceptualisation, ce sous-groupe présentait un bon fonctionnement cognitif général. Il était composé de 50 % de garçons et 50 % de filles parmi lesquels on ne relevait aucun antécédent de reprises d'années scolaires ou autres indications de problématiques quelconques (trouble cognitif, de comportement ou psychologique). La sévérité du TCC était hétérogène dans ce sous-groupe alors qu'on retrouvait 50 % de TCC modéré et 50 % de TCC grave.

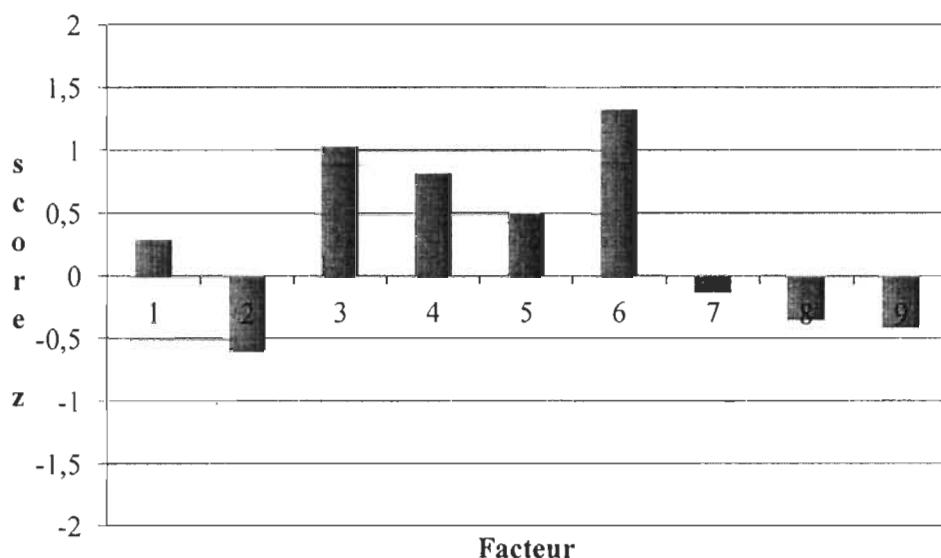


Figure 1. Profil cognitif du sous-groupe 1 « Bon fonctionnement intellectuel avec bonne résistance à l'interférence».

1 = Apprentissage catégoriel par rétroaction; 2 = Conceptualisation; 3 = Habiletés verbales; 4 = Habiletés non verbales; 5 = Capacité générale d'apprentissage verbal; 6 = Effet proactif; 7 = Dysfonctionnement exécutif en mémoire verbale; 8 = Stratégies; 9 = Interférence rétroactive

Sous-groupe 2

« Fonctionnement cognitif dans la moyenne » (n=28). L'analyse de ce profil a indiqué un fonctionnement cognitif globalement adéquat où aucune faiblesse particulière n'était observée, mais où ni force n'en ressortait non plus (voir figure 2). L'ensemble des performances obtenues par ce sous-groupe se retrouvait à l'intérieur des limites normatives. Ainsi, les habiletés verbales et non verbales, les fonctions exécutives et la capacité d'apprentissage verbal apparaissaient globalement préservées. Aucune particularité cognitive ne se démarquait dans le profil de ce sous-groupe, ce qui témoigne du peu de séquelles résiduelles du TCC à l'intérieur de ce sous-groupe. Ce sous-groupe est composé de 68 % de garçons et de 32 % de filles. Près de 36 % des

enfants provenaient d'un milieu socio-économique défavorable. On note que 21 % de ce sous-groupe avait repris une année scolaire et que 11 % avaient bénéficié d'un suivi en orthopédagogie. La majorité du sous-groupe (79 %) présentait un TCC grave alors que les 21 % restants présentaient des atteintes modérées.

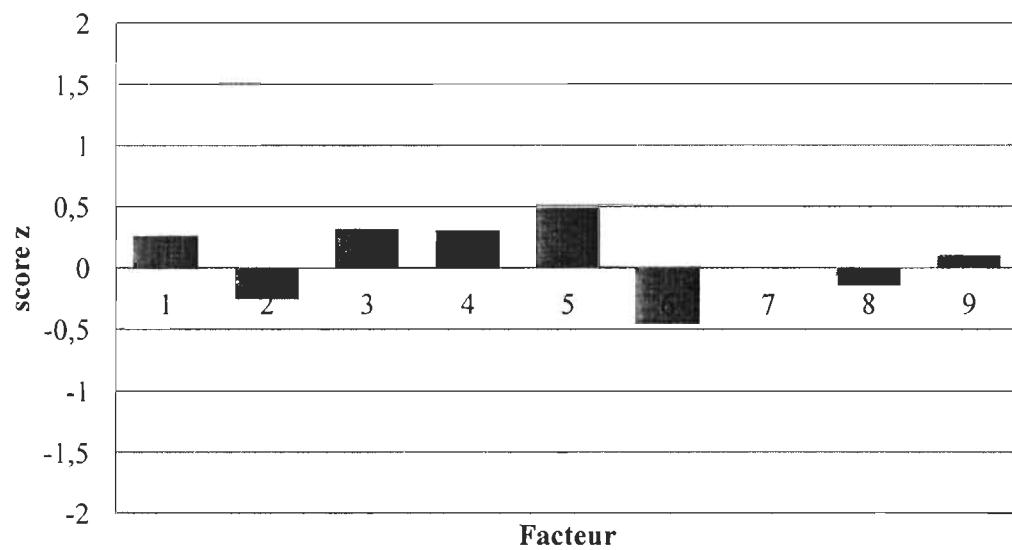


Figure 2. Profil cognitif du sous-groupe 2 « Fonctionnement cognitif dans la moyenne ». 1 = Apprentissage catégoriel par rétroaction; 2 = Conceptualisation; 3 = Habilétés verbales; 4 = Habilétés non verbales; 5 = Capacité générale d'apprentissage verbal; 6 = Effet proactif; 7 = Dysfonctionnement exécutif en mémoire verbale; 8 = Stratégies; 9 = Interférence rétroactive

Sous-groupe 3

« Atteinte cognitive globale avec dysfonction exécutive » (n=12). On observe chez ce sous-groupe un fonctionnement intellectuel globalement atteint, que ce soit au plan des habiletés verbales (facteur 3; Habilétés verbales) ou non verbales (facteur 4; Habilétés non verbales) (voir figure 3). Toutefois, ce qui caractérisait ce profil était la difficulté marquée notée au plan de l'habileté d'apprentissage catégoriel par rétroaction

(facteur 1; Apprentissage catégoriel par rétroaction). Ainsi, ce sous-groupe démontrait une difficulté particulière dans l'ajustement et l'adaptation de sa réponse en fonction des demandes et rétroactions de l'environnement. De plus, on note que ce sous-groupe démontrait des difficultés au plan de la résistance à l'interférence proactive (facteur 6; Effet proactif) et à l'interférence rétroactive (facteur 9; Interférence rétroactive) en mémoire verbale. L'ensemble du profil était donc à l'effet d'un fonctionnement intellectuel relativement faible, d'où se démarquaient des difficultés au plan de certaines fonctions exécutives et de la sensibilité à l'interférence rétroactive. Les résultats observés dans ce profil soulignent le fait que les fonctions exécutives sont constituées de plusieurs fonctions différentes et qu'ainsi, plusieurs instruments différents seraient nécessaires pour bien saisir le fonctionnement exécutif de la personne. Ce sous-groupe était composé à 83 % de garçons et à 17 % de filles et la majorité présentait un TCC grave (92 %). Parmi les antécédents pertinents, on note que 58 % des enfants avaient repris une année scolaire et que 50 % avaient reçu des services en orthopédagogie avant de subir leur TCC.

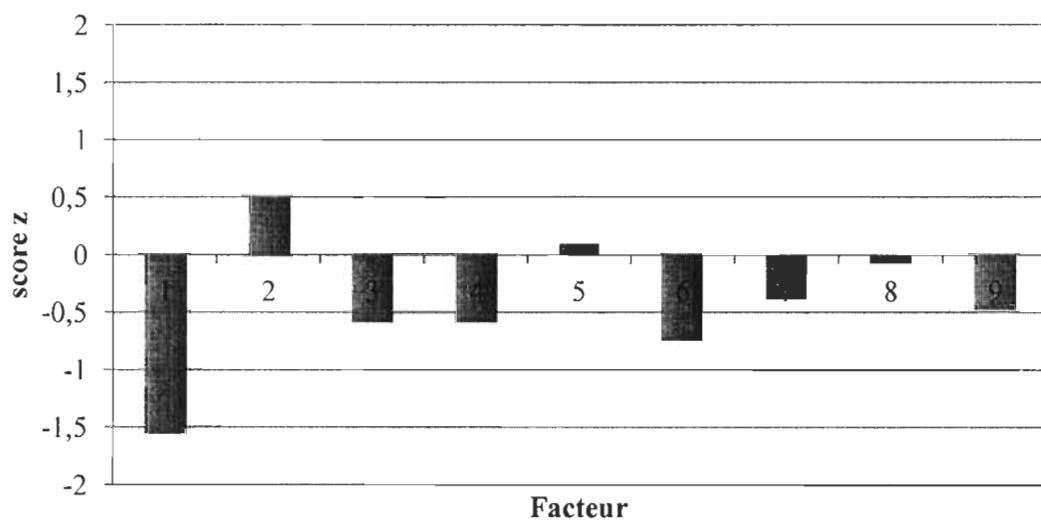


Figure 3. Profil cognitif du sous-groupe 3 « Atteinte cognitive globale avec dysfonctionnement exécutif ».

1 = Apprentissage catégoriel par rétroaction; 2 = Conceptualisation; 3 = Habilétés verbales; 4 = Habilétés non verbales; 5 = Capacité générale d'apprentissage verbal; 6 = Effet proactif; 7 = Dysfonctionnement exécutif en mémoire verbale; 8 = Stratégies; 9 = Interférence rétroactive

Discussion

La discussion générale rappellera brièvement les résultats de la recherche, lesquels seront discutés à la lumière des connaissances tirées des études sur les séquelles cognitives du TCC chez l'enfant et sur les facteurs pouvant moduler l'expression des dommages neurologiques encourus lors du TCC. Les implications des résultats sur le développement d'une nouvelle perspective de pratique clinique en neuropsychologie seront discutées. Finalement, les limites de la présente recherche seront examinées et des orientations de recherche seront proposées.

Le but premier de cette recherche s'inscrivait dans une perspective exploratoire et visait à déterminer si des sous-groupes pouvaient être dégagés sur la base des fonctions cognitives évaluées chez des enfants ayant subi un traumatisme crânio-cérébral modéré ou sévère. Un second visait à identifier la proportion de cas de TCC modérés et de TCC graves parmi ces sous-groupes. Les résultats obtenus suite à une première réduction des données par des analyses factorielles et ensuite par des analyses de regroupement ont révélé la présence de sous-groupes regroupés selon leur performance aux tests neuropsychologiques. La comparaison des sujets à l'intérieur des sous-groupes révèle que ceux-ci étaient composés à la fois de sujets avec TCC modéré et de sujets avec TCC grave. Ainsi, les hypothèses de départ voulant que des sous-groupes présentant des patrons différents de fonctionnement cognitif soient identifiés et que ceux-ci soient

composés de sujets TCC de différentes sévérités (i.e. modéré, grave) se trouvent confirmées pour le présent échantillon.

Mottram & Donders (2006), dans leur étude basée sur l'analyse des profils observés au CVLT-C chez des enfants ayant subi un TCC, soulignaient que leurs résultats mettaient en lumière la variabilité des performances psychométriques après un TCC pédiatrique. En effet, ils ont démontré la présence de quatre sous-groupes distincts dans leur échantillon, lesquels se différenciaient tant au plan du niveau qu'au plan du patron de performance. En ce sens, leurs résultats soulignent l'importance de comprendre les processus ayant mené aux résultats observés et invitent à aller plus loin que le simple diagnostic neurologique de TCC. Nos résultats vont également dans ce sens. En effet, non seulement les sujets ne se regroupent pas selon la gravité de leur atteinte neurologique mais ils se regroupent selon différents profils cognitifs. La présente étude a mis en évidence la présence de trois profils cognitifs différents. Parmi les profils retrouvés, l'un d'eux indique la présence de difficultés neuropsychologiques particulières alors que les deux autres profils s'inscrivent davantage dans le spectre de la normalité.

Parmi les profils cognitifs mis en évidence, un seul indique la présence de difficultés cognitives soit celui du sous-groupe 3 « atteinte cognitive globale avec dysfonction exécutive ». En effet, le profil observé témoigne d'atteintes intellectuelles généralisées autant en modalité verbale que non verbale de même que des faiblesses

particulières au plan de l'apprentissage catégoriel par rétroaction et de la résistance à l'interférence proactive et rétroactive en mémoire verbale. L'ensemble de ce profil indique un fonctionnement cognitif globalement altéré et est fréquemment observé suite à un TCC lorsque la blessure affecte l'ensemble des sphères cognitives ou davantage les régions cérébrales antérieures. Ce sous-groupe se compose de 83 % de garçons et de 17 % de filles. La majorité des enfants constituant ce sous-groupe avaient subi un TCC grave (92 %). Au plan de la pré morbidity, on relève que 58 % des enfants avaient repris une année scolaire et que 50 % avaient reçu des services en orthopédagogie. Ce type de profil cognitif où les fonctions mnésiques et exécutives apparaissent atteintes est observé fréquemment suite à un TCC. En effet, les atteintes cérébrales typiques relatives au TCC se retrouvent habituellement au niveau des lobes frontaux et temporaux en raison de la morphologie cérébrale et crânienne (Pang, 1989). Le bon fonctionnement exécutif est associé à l'intégrité des lobes frontaux. En effet, il est reconnu que des atteintes localisées à ces régions mènent souvent à des dysfonctions exécutives, autant sur le plan cognitif que comportemental. Quant aux lobes temporaux, ils sont reconnus pour prendre en charge les habiletés mnésiques. Les atteintes fronto-temporales typiquement observées suite à un TCC donnent donc souvent lieu à des portraits cognitifs marqués par un dysfonctionnement mnésique et exécutif. L'ensemble du portrait de ce sous-groupe semble donc correspondre à celui retrouvé lors d'une atteinte fronto-temporale. Également, ce type de profil cognitif indique la présence d'atteintes cognitives généralisées, reflet d'une atteinte globale à l'intégrité neurologique et cognitive.

Parmi les profils cognitifs dits normaux retrouvés dans le présent échantillon, on retrouve le profil du sous-groupe 1 « bon fonctionnement intellectuel avec bonne résistance à l'interférence » et celui du sous-groupe 2 « fonctionnement cognitif dans la moyenne ». Le profil du sous-groupe 1 est marqué par un fonctionnement cognitif relativement égal où la plus grande force réside au plan de la capacité de résistance à l'interférence proactive en mémoire verbale. On note également de belles forces au plan des habiletés verbales et non verbales. Toutefois, une légère difficulté est notée au plan de la capacité d'abstraction. Ce sous-groupe est composé à parts égales de garçons et de filles, tous sans antécédent. La moitié de ce sous-groupe avait subi un TCC modéré alors que chez la seconde moitié on notait la présence d'un TCC grave. Le profil cognitif du sous-groupe 2 quant à lui ne laisse voir aucune force ou faiblesse particulière. L'ensemble des performances se situe à l'intérieur des limites normatives. Ce sous-groupe est composé à 68 % de garçons et de 32 % de filles. Plus du tiers de l'échantillon provenaient d'un milieu socio-économique défavorisé. Parmi les antécédents pertinents, on relève que 21 % des enfants avaient repris une année scolaire et que 11 % avaient eu recours à des suivis orthopédagogiques. À l'intérieur de ce sous-groupe, 79 % des enfants avaient subi un TCC grave alors que chez les 21 % restants, des atteintes modérées étaient documentées.

Pris dans leur ensemble, ces profils relativement normaux apparaissent quelque peu surprenants dans un contexte de neurotraumatologie. D'une part, la force du sous-groupe 1 au plan de la résistance à l'interférence lors de tâches d'apprentissage laisse perplexe

considérant que cette fonction exécutive est prise en charge par les lobes frontaux, aires cérébrales qui se retrouvent typiquement atteintes lors d'un TCC. Cette force est d'autant plus surprenante considérant la légère difficulté observée au plan de la capacité de conceptualisation, fonction exécutive relevant elle aussi des lobes frontaux. Ces résultats soulignent la multiplicité des facettes incluses dans le terme fonctions exécutives (Miller & Cohen, 2001) et l'importance de considérer ces nuances lors de l'évaluation à des fins de recommandations cliniques. D'autre part, la présence de ces profils cognitifs s'inscrivant à l'intérieur des limites normatives attendues appuie l'hypothèse voulant que des variables autres que celles reliées à la blessure viennent moduler l'expression des séquelles. En ce sens, selon Kesler et ses collègues (2003), malgré le fait que les variables reliées à la blessure telles que l'amnésie post-traumatique ou la sévérité de la blessure aient été des facteurs grandement étudiés dans la recherche d'explications de la variabilité du fonctionnement cognitif suite à un TCC, les résultats ne permettent pas de tirer des conclusions sur ce plan. La notion de réserve cognitive apparaît être une avenue intéressante dans la compréhension de la variabilité des résultats observés à l'intérieur d'une population présentant des atteintes neurologiques similaires. Ce concept a été élaboré pour expliquer la variabilité des manifestations cliniques observée entre les individus suite à une atteinte neurologique de même sévérité (Stern, 2003). Le postulat de base du concept de la réserve cognitive est que les différences individuelles dans les processus cognitifs ou les réseaux neuronaux sous-jacents à une tâche de performance cognitive permettent à certains individus de mieux

s'adapter que d'autres suite à une atteinte neurologique (Stern, 2009). Différents points de vue théoriques naissent de ce concept.

D'une part, un modèle dit passif où la réserve cognitive fait référence davantage à une réserve neurologique qui serait mise en évidence par des données anatomiques telles que la taille du cerveau, la circonférence crânienne et le nombre de neurones ou de synapses (Lee, 2003). Ce modèle s'articule d'ailleurs autour d'un concept de base nommé « capacité de réserve neurologique » (Satz, 1993). De ce point de vue, il y aurait existence d'un seuil critique de capacité de réserve neurologique qui, une fois dépassé, laisserait voir l'apparition de déficits cognitifs et fonctionnels. Ainsi, face à une atteinte neurologique d'égale intensité, deux individus pourraient manifester des symptômes cliniques différents selon leur capacité individuelle de réserve neurologique (Stern, 2009).

D'autre part, on retrouve un modèle dit actif de la réserve cognitive. Ce modèle ne considère pas, en tant qu'explications de la variabilité des performances suite à une atteinte neurologique, qu'il y aurait présence d'un seuil critique de capacité de réserve neurologique au-delà duquel la présence de déficits serait manifestée. Plutôt, l'explication de la différence résiderait dans l'efficience et la flexibilité du cerveau dans le recrutement de systèmes alternatifs et ne serait pas fonction de la quantité des synapses ou de la taille du cerveau (Kesler et al., 2003). En effet, selon ce modèle, suite à une lésion, le cerveau cherche activement à s'adapter à la blessure en sollicitant des

processus cognitifs préexistants ou en développant des processus compensatoires (Stern, 2002). En ce sens, même si deux individus présentent le même niveau de capacité de réserve neurologique, à lésion égale, l'individu possédant une plus grande capacité de réserve cognitive démontrera moins de déficits (Stern, 2009). Ce modèle implique la participation de plusieurs facteurs différents en tant que sources d'influence de la réserve cognitive tels que les différences génétiques, les expériences de vie, le niveau éducationnel et les activités de loisirs (Stern, 2003). Fay et ses collègues (Fay et al., 2009) se sont intéressés au rôle de la réserve cognitive dans l'expression des symptômes post-commotionnels chez des enfants ayant subi un TCC léger simple ou complexe. Leurs analyses ont démontré que le nombre et l'intensité de symptômes post-commotionnels rapportés étaient influencés à la fois par le niveau de fonctionnement cognitif et la sévérité du TCC. En effet, des symptômes post-commotionnels de type cognitif étaient significativement plus rapportés chez les enfants qui avaient subi un TCC léger compliqué et qui présentaient un plus faible niveau de fonctionnement cognitif. Ils concluaient qu'un meilleur fonctionnement cognitif de l'enfant pouvait agir comme une protection contre les effets du TCC léger complexe. Ainsi, il est possible que dans la présente étude, les participants retrouvés à l'intérieur des sous-groupes dont le profil cognitif est sans particularité d'intensité clinique aient tout simplement bénéficié d'une plus grande réserve cognitive. Ces avenues théoriques s'avèrent particulièrement intéressantes en regard du profil obtenu par le sous-groupe I du présent échantillon « bon fonctionnement intellectuel avec bonne résistance à l'interférence ». En effet, non seulement le profil de ce sous-groupe ne dévoile aucune difficulté

particulière mis à part une légère difficulté relative à la conceptualisation mais on y retrouve de belles forces au plan des fonctions exécutives telle que la résistance à l'interférence proactive Le fonctionnement cognitif observé est globalement adéquat et bien que cela puisse paraître surprenant dans le présent contexte, il est permis de croire que les forces particulières au plan de certaines fonctions exécutives pourraient amener l'enfant à compenser ou à développer plus facilement des stratégies compensatoires pour pallier à ses difficultés. En ce sens, ce sous-groupe semble constituer un parfait exemple du modèle actif de la réserve cognitive, tel que développé par Stern (2002).

La section suivante reprend les différentes causes envisagées de la variabilité des séquelles documentées suite à un TCC pédiatrique et les met en relation avec les résultats de la présente recherche.

Causes possibles de la variabilité

Les résultats de la présente étude démontrent bien la diversité des profils cognitifs retrouvés suite à un TCC modéré/grave. L'hétérogénéité des séquelles et du fonctionnement retrouvé suite à un TCC est fréquemment soulignée à travers les différentes revues de littérature portant sur les outcomes observés suite à un TCC (Babikian & Asarnow, 2009; Fletcher et al., 1995). Selon Babikian et Asarnow, cette variabilité pouvait découler en partie de plusieurs caractéristiques du TCC telles que l'hétérogénéité des blessures (site lésionnel, mécanisme de la blessure) et l'influence des processus sociaux et de développement (âge, fonctionnement pré morbide, ressources

familiales) sur la capacité de récupération de la personne atteinte. Ils soulignaient également les nombreuses différences méthodologiques entre les études s'intéressant aux séquelles post-TCC telles que les caractéristiques de l'échantillon (sévérité de la blessure, âge lors de la blessure et le temps écoulé depuis) de même que le devis de la recherche. Fletcher et ses collaborateurs (1995) mentionnaient également qu'un autre facteur devait être considéré comme cause de la variabilité, lequel était unique à toute recherche pédiatrique : la variabilité inhérente au développement.

Mesures des séquelles

Fletcher et al. (1995) relevaient trois principales façons de procéder à la mesure des séquelles soit les évaluations qualitatives (jugement clinique), les tests psychométriques s'inscrivant dans une approche quantitative et les échelles de mesure et entrevues, ces dernières prenant typiquement de l'information qualitative pour la placer sur une échelle quantitative, continue. Ils en concluaient que de façon générale, aucune forme d'évaluation n'était meilleure qu'une autre puisque c'est la raison pour laquelle les séquelles sont mesurées qui dictera la sélection d'une forme particulière de mesure. La présente recherche a pu bénéficier d'un nombre appréciable de participants évalués à l'aide de tests psychométriques. Toutefois, puisqu'il s'agissait d'un devis rétrospectif et que celui-ci s'étendait sur plusieurs années, le choix des instruments psychométriques a été limité. Ainsi, bien que les instruments inclus dans les analyses de la présente étude aient été reconnus en neuropsychologie, il importe de considérer que l'utilisation de

versions plus récentes ou de nouveaux instruments auraient pu fournir des profils différents.

Étiologie de l'accident

Les méthodes utilisées pour caractériser la nature et la sévérité du TCC sont des sources majeures de variabilité des séquelles (Fletcher et al., 1995). En effet, chez l'enfant, l'étiologie du TCC est appelée à varier selon son âge : les enfants plus jeunes étant plus à risque de blessure en raison de chutes alors que les adolescents sont plus à risque de subir un TCC lors d'un accident de la route. Ces multiples causes impliquent des mécanismes de production différents du TCC, alors que la quantité de force à laquelle la tête sera soumise variera en fonction de l'étiologie : l'impact lors d'un accident de voiture dégageant une plus grande force d'impact qu'une chute en bas d'un lit. Dans le présent échantillon, environ 67 % des participants avaient subi un TCC suite à un accident impliquant un véhicule automobile. Ces résultats correspondent à ce qu'on retrouve dans un contexte où les accidents de la route sont les causes les plus fréquemment rapportées de TCC chez les enfants et les adolescents. Nos résultats vont donc dans le sens des tendances documentées par la Société de l'Assurance Automobile du Québec (SAAQ, 2005).

Variables utilisées

Selon Hoofien, Vakil, Gilboa, Donovick, & Barak (2002), au-delà de la sévérité neurologique, l'incohérence entre certains résultats serait reliée à la variabilité des

mesures spécifiques utilisées et de leur valeur prédictive. Même si ces variables peuvent être regroupées en quelques catégories plus saillantes, témoignant du fait que les chercheurs semblent partager un concept général des catégories prédictives potentielles, il demeure que certaines variables peuvent être davantage reliées à la culture, spécifiques à l'échantillon et donc difficiles à généraliser entre les études. En ce sens, alors qu'une étude pourrait démontrer la valeur prédictive significative d'une variable dans son échantillon, une autre pourrait ne pas arriver aux mêmes conclusions même s'ils représentent le même domaine conceptuel qu'est le TCC, en raison des différences étiologiques et socioéconomiques. Leurs résultats pointent en ce sens, alors que les variables ayant les plus grandes valeurs prédictives de séquelles statistiquement étaient le nombre de frères et sœurs et la durée de l'hospitalisation, des variables grandement influencées par la culture et les lois locales. De même, une moins grande puissance prédictive était observée pour les variables moins spécifiques à leur échantillon telles que la durée du coma. Ces auteurs ont conclu que les recherches à des fins cliniques devraient favoriser l'utilisation de variables culturellement spécifiques. Il est difficile de se positionner sur cette cause possible puisqu'en raison du devis rétrospectif de la présente étude, nous n'avons pas en mains toutes les données nécessaires. En effet, malgré notre volonté de départ d'aller chercher ces variables, ce fut impossible de le faire. Les critiques soulevées par ces auteurs sont aussi applicables à ce qui s'est fait au Québec pendant des années au plan de l'emphase portée, entre autres, vers la durée du coma et de l'hospitalisation. Par ailleurs, on pourrait dire notre échantillon était assez hétérogène puisque les participants provenaient de plusieurs régions. En effet, le centre

de réadaptation Marie-Enfant est un centre suprarégional, situé à l'intérieur d'un grand centre où on compte quelques ethnies et populations autochtones. Tous les investissements de la Société d'Assurance Automobile du Québec (SAAQ) en lien avec la standardisation des procédures d'évaluation et de suivi à l'échelle provinciale, celle-ci s'étant étendue à l'ensemble des TCC peu importe la cause, permettront probablement de mieux contrôler le rôle de ces facteurs dans les prochaines études.

Critères de sévérité choisis

L'hétérogénéité des résultats observés à travers les études portant sur la récupération des enfants suite à un TCC pourrait être imputable en partie au manque d'uniformité des critères de sévérité utilisés. En effet, Ruijs, Keyser, & Gabreëls (1994) ont procédé à une recension des écrits à ce sujet et ont souligné qu'un tel travail était difficile en raison d'une inconsistance dans l'établissement de la sévérité neurologique entre les études, principalement lors des recherches neuropsychologiques.

Cet état de fait est illustré en comparant les études de Dickerson-Mayes, Pelco, & Campbell (1989) pour qui un TCC sévère devait être caractérisé par un coma de plus de cinq jours et de Pelco, Sawyer, Duffield, Prior, & Kinsella (1992) qui estimaient qu'un coma excédant une heure indiquait un TCC sévère. De même, Filley et al. (1987) définissaient un TCC modéré par un coma d'une durée variant entre une et quatre semaines alors que Capruso & Levin (1992) s'en remettaient uniquement à un GCS entre 9 et 12 tandis que Levin et al. (1988) incluaient dans leur groupe TCC modéré les

sujets présentant un GCS entre 9 et 12 mais également ceux dont le GCS était entre 13 et 15 présentant une fracture linéaire du crâne sans perte de conscience.

Amnésie post-traumatique

La plupart des recherches se sont appuyées sur les paramètres neurologiques de la blessure tels que la période d'amnésie post-traumatique (APT), la période d'inconscience (coma) ou le score au GCS à l'admission afin de définir la sévérité du TCC. La durée de l'APT a été suggérée (Ahmed, Bierley, Sheikh, & Date, 2000; Brown et al., 2005; van der Naalt, Hew, van Zomeren, Sluiter, & Minderhoud, 1999) en tant que facteur prédictif en regard de la persistance et la sévérité des symptômes associés autant avec le TCC léger que sévère.

Pour des fins pronostiques, la période d'APT serait utile chez les adultes (Russell & Smith, 1961). Chez les enfants, le fonctionnement mnésique post-morbide serait plus relié à la durée de l'APT que les scores obtenus au GCS (Levin, 1992). Toutefois, alors que certains résultats ont démontré une association entre l'APT et un fonctionnement post-morbide plus atteint (McCullagh, Oucherlony, Protzner, Blair, & Feinstein, 2001; Brown et al., 2005), d'autres chercheurs (Ponsford et al., 2000) ont conclu que la relation entre la durée de l'APT et la persistance des symptômes serait peu probable, principalement lors d'un TCC léger.

L'obtention d'une évaluation exacte de la durée de l'APT est cliniquement plus difficile à obtenir comparativement à la période de coma mesurée par le GCS (Ruijs et al., 1994). Pour cette raison, l'utilisation de l'APT pour ces fins de pronostics a été critiquée (King, 1997; Gronwall & Wrightson, 1981). De plus, différentes définitions de ce qu'est l'APT ont été émises et plusieurs méthodes et outils ont été élaborés pour la mesurer (Rimel, Giordani, Barth, & Jane, 1982; Levin & Eisenberg, 1979). Présentement, il n'y a aucun accord sur un protocole d'estimation de la durée de l'APT (Drake et al., 2006). Ainsi, les résultats différents selon les études pourraient être influencés par un nombre de facteurs, dont les différentes méthodologies utilisées.

Glasgow Coma Scale

Depuis sa formulation en 1974, le GCS a été largement appliqué pour évaluer la sévérité du TCC. Il s'agit d'une échelle pratique avec une haute validité et une bonne sensibilité aux changements du niveau de conscience. De plus, il a été démontré que la fiabilité inter-juge est généralement faible (Prasad, 1996). Néanmoins, le GCS continue d'être universellement utilisé et accepté.

Plusieurs études ont remis en cause l'exactitude des pronostics faits sur la base du GCS (Davis et al., 1994; Dietrich, Bowman, Ginn-Pease, Kosnik, & King, 1993; Stein & Ross, 1992). Ces études ont rapporté des fréquences variables de blessures intracrâniennes (10-40 %) chez des participants avec GCS de 13 et plus, donc traditionnellement classifiés comme ayant eu un TCC léger, et ont recommandé

l'utilisation du CT scan même chez les patients avec de GCS élevés. De même, il semblerait que le pouvoir de prédiction du GCS pour les individus se situant dans la sévérité modérée (GCS entre 9 et 12) soit plutôt pauvre (Bazarian, Eirich, & Salhanick, 2003). De plus, des trois composantes qui constituent le GCS (motrice, ouverture des yeux, verbale), une ou plus peuvent ne pas être testée en pratique clinique, limitant l'utilité d'un score global. En ce sens, il semble que les prédictions faites à partir du GCS puissent être influencées par un certain nombre de variables (Alvarez, Nava, Rué, & Quintana, 1998).

Dans plusieurs cas, le GCS n'est pas approprié (Lezak et al., 2004). En ce sens, lorsqu'il est administré très peu de temps après la survenue du TCC, il échouerait à classifier les cas exceptionnels (Richardson, 1990). De même, il arrive que l'état d'une personne se dégrade dans les premiers jours suivant le TCC. Il est possible qu'un sujet ayant subi un TCC sans perte de conscience voit son état se détériorer de façon significative dans les jours suivants, habituellement de façon consécutive à une hémorragie interne. Ainsi, les gens dans cette situation sont habituellement mal classés si la mesure du GCS a été prise à l'admission (Young, Gleave, Schmidek, & Gregory, 1984).

Bien qu'on lui reconnaisse une certaine valeur prédictive des séquelles post-morbides, le score du GCS a ses limites lorsqu'il est utilisé seul sans autre variable neurologique (Prasad, Ewing-Cobbs, Swank, & Kramer, 2002). Plusieurs auteurs ont

donc considéré d'autres indicateurs cliniques de la sévérité de la blessure conjointement avec le score du GCS parmi lesquels on retrouve la présence de pupilles non réactives (Levin et al., 1992), et les techniques d'imagerie cérébrale (van der Naalt et al., 1999). Chacune de ces méthodes, prises individuellement, explique une partie de la variance des séquelles cognitives et comportementales (Fletcher et al., 1995). Toutefois, une plus grande efficacité de prédiction est observée lorsque ces paramètres sont combinés, certains résultats démontrant qu'ils peuvent classifier correctement jusqu'à 80 % des sujets comme ayant une blessure légère ou sévère (Choi & Barnes, 1996). Ainsi, le fait de s'en remettre uniquement au score du GCS pour établir un diagnostic de la sévérité du TCC augmenterait le risque de mal classifier l'enfant.

Le GCS peut fournir de l'information exacte sur la sévérité du TCC. Toutefois, un score bas au GCS n'est pas le seul prédicteur d'une pauvre récupération chez les enfants avec TCC. Des atteintes de type ischémique-hypoxique au moment de l'accident semble être une variable confondante et dévastatrice chez les patients avec TCC, et ce facteur devrait être considéré séparément lorsque le pronostic de récupération du TCC est émis sur la base du score au GCS (Lieh-Lai et al., 1992).

Globalement, il ressort qu'il est commun d'utiliser des indices reliés au coma ou à l'altération de conscience et à la sévérité neurologique pour caractériser la sévérité du TCC. Selon Fletcher et al. (1995), une des sources majeures de variabilité serait quand et comment la mesure est réalisée. Ces auteurs rajoutent que l'incapacité à comparer les

caractéristiques du TCC entre les différentes études est un problème majeur dans l'interprétation de la variabilité des séquelles après un TCC pédiatrique.

Influences de l'environnement

Plusieurs études ont démontré qu'au-delà de la sévérité neurologique du TCC, d'autres facteurs semblaient influencer le cours de la récupération. Ainsi, le niveau de fonctionnement prémorbide de l'enfant de même que son environnement familial lors du TCC semble jouer un rôle particulièrement important. De plus, l'environnement familial suite au TCC joue aussi un rôle important dans la récupération. En effet, Brown et al. (1981) ont rapporté que la sévérité du TCC et l'environnement post-TCC interagissaient dans la production des problèmes d'adaptation comportementale suite à un TCC. Leurs résultats démontrent que les enfants ayant subi un TCC sévère et qui provenaient de familles vivant dans un milieu défavorisé montraient plus de problèmes comparativement aux enfants TCC sévère en provenance de familles de statut socio-économique plus élevées. Selon Fletcher et al. (1995), le point important de cette recherche est que de tels facteurs comptent pour la variabilité des séquelles qui n'est pas expliquée par les variables reliées à la sévérité du TCC. Cette variable revêt une importance majeure et de plus en plus reconnue dans le domaine de la neurotraumatologie. Toutefois, considérant le devis rétrospectif de la présente étude, ces données n'étaient pas accessibles. Il serait important qu'elles soient intégrées dans les nouvelles recherches de même que dans les approches courantes en réadaptation.

Hétérogénéité de la clientèle TCC

Certains auteurs ont suggéré que, comparativement à d'autres populations neurologiques, la clientèle TCC en elle-même présenterait une plus grande hétérogénéité de ses performances (Stuss et al., 1989). De plus, elle serait également marquée par une plus grande inconsistance des performances individuelles. En ce sens, un rendement inconstant et variable dans le temps est rapporté plus fréquemment dans cette population. Les résultats de Stuss et al. (1989) vont dans le même sens, soulignant une plus grande diversité de la performance dans le groupe des patients TCC comparativement au groupe contrôle. Ces auteurs ont démontré que les patients TCC étaient significativement moins stables dans leur performance que les sujets contrôles. Dans leur étude, aucune corrélation significative entre les mesures de variabilité de performance et les indicateurs de sévérité du TCC ou socioculturels n'était observée : ils interprétaient leurs résultats en attribuant l'augmentation de la variabilité à la présence du trouble, plutôt qu'à sa sévérité ou à d'autres caractéristiques du patient. En ce sens, la variabilité intra-individuelle apparaît être un phénomène général de plusieurs conditions, parce qu'elle est observée après des conditions neurologiques d'étiologies variées de même qu'avec le vieillissement (Smith & Brewer, 1985). La présente étude tente de corriger ces particularités par l'application d'analyses de regroupements. En ce sens, le fait de regrouper des participants sur la base de leur profil cognitif plutôt que de comparer des groupes formés selon la sévérité neurologique du TCC a permis de mettre en évidence la présence de 3 profils cognitifs différents. Non seulement l'hétérogénéité

de la clientèle TCC est-elle considérée par nos objectifs de recherche, mais elle se retrouve également démontrée par les présents résultats.

Développement

Il est intéressant de noter que selon Fletcher et al. (1995) cette variabilité, reflétant le processus de changement que représente le développement, distingue les études portant sur les adultes de celles portant sur les enfants. Chez l'adulte, la question principale des recherches portant sur les séquelles est le degré auquel la personne retournera à son niveau pré morbide de fonctionnement. Chez l'enfant, le niveau pré morbide de fonctionnement n'est pas équivalent au niveau qu'atteindra l'enfant à son rendement final dans un champ particulier, puisque chez l'enfant le TCC interrompt le développement en cours. La mesure des séquelles variera selon l'âge lors du TCC et l'âge lors de la prise de mesure (Levin, Ewing-Cobbs, & Benton, 1984). Selon ces auteurs, toute mesure concernant l'enfant doit considérer le changement dans le temps, lequel représente une source primaire de variabilité. Il s'agit ici d'une limite importante de l'étude puisque nous n'avons pu tenir compte de cette variable. Nous la considérons essentielle pour la compréhension de l'outcome suite à un TCC pédiatrique et avions la volonté d'aller chercher ce type d'information mais cela fut impossible. En effet, plusieurs des travaux d'Anderson démontrent bien toute la complexité d'un TCC lorsqu'il survient chez l'enfant. Les prochaines études devraient en tenir compte.

Il ressort donc que la variabilité des séquelles suite à un TCC est reconnue, que ce soit de façon explicite ou implicite. Les causes de l'hétérogénéité des séquelles retrouvées suite à un TCC modéré/grave ont été étudiées sous différents angles, chacun apportant une compréhension nouvelle de la problématique et démontrant toute sa complexité en dépit d'un diagnostic médical reconnu, basé sur une symptomatologie clinique. En effet, pour un même diagnostic, le profil de récupération ne sera pas le même : les séquelles s'exprimeront différemment chez deux enfants différents. Toutefois, il demeure qu'à des fins de recommandations cliniques, le profil cognitif obtenu par l'enfant nous en apprendra davantage sur ses besoins de réadaptation que le fait de comprendre d'où vient cette variabilité. C'est de cette nouvelle perspective que la présente étude s'inspirait. Les résultats démontrent bien les diverses formes sous lesquelles peuvent se présenter les particularités neuropsychologiques de l'enfant après un TCC.

Pour l'ensemble des profils cognitifs obtenus dans la présente étude, différentes pistes explicatives doivent être considérées en tant que source d'influence de l'expression des séquelles du TCC. Ainsi, il importe de souligner que le moment auquel s'effectue l'évaluation peut influencer le profil cognitif observé. En effet, l'enfant étant constamment en développement, il est possible que les déficits soient mis à jour lorsqu'une fonction échoue à se développer ultérieurement à un âge donné et ce, même si lors de l'évaluation initiale aucune difficulté n'avait été notée (Anderson & Moore, 1995). En ce sens, Taylor et Alden (1997) suggèrent que l'expression des symptômes

suite à un TCC varierait en fonction de la sévérité du TCC, de l'âge lors de la blessure et du temps écoulé entre le TCC et l'évaluation cognitive. De même, les caractéristiques pré morbides de l'enfant (Kinsella et al., 1999) et de son environnement (Taylor, et al., 1992) semblent également moduler l'expression des séquelles. En effet, l'enfant présentant des problèmes de développement préalablement au TCC pourrait être plus vulnérable aux séquelles de cette blessure, en raison de la fragilité de son développement neurologique mais également en raison d'un potentiel de capacités d'adaptation plus restreint (Asarnow et al., 1991). Le fait que différents profils cognitifs aient été mis en évidence dans le présent échantillon souligne le fait qu'au-delà de la sévérité neurologique de la blessure, plusieurs autres facteurs semblent concourir dans la récupération de cette blessure et dans l'expression des séquelles neuropsychologiques qui pourraient en découler. En ce sens, cela pourrait expliquer, du moins en partie, la variabilité des résultats aux épreuves neuropsychologiques de certaines études qui regroupaient les enfants en fonction de la sévérité du TCC puisque des enfants performant normalement se trouvent jumelés à des enfants dont le fonctionnement cognitif est atteint.

Considérant qu'à notre connaissance aucune autre recherche ne s'est intéressée aux profils cognitifs globaux avec plusieurs fonctions cognitives chez l'enfant, il ne nous est pas possible de comparer nos résultats. Toutefois, contrairement aux résultats obtenus par Mottram et Donders (2006) qui soulignaient que le niveau global de performance de leur échantillon au test du CVLT-C était directement relié aux paramètres de sévérité du

TCC tels que la durée du coma et les résultats aux examens neuroradiologiques, nos résultats ne pointent pas tous en ce sens. En effet, mis à part le sous-groupe 3 de notre échantillon « atteinte cognitive globale avec dysfonction exécutive » qui est composé presqu'entièrement de sujets ayant subi un TCC grave, tous les autres sous-groupes sont composés de sujets TCC modéré et grave. De plus, au-delà de la moitié des sujets de ce sous-groupe avait repris une année scolaire. Ainsi, la sévérité neurologique ne semble pas avoir exercé une influence aussi marquée dans la formation des sous-groupes que celle rapportée par Mottram et Donders.

Nos résultats démontrent que l'ensemble des profils cognitifs retrouvés suite à un TCC, peu importe qu'ils témoignent d'un fonctionnement pathologique ou non, recèlent chacun de particularités mêmes si les différences peuvent apparaître subtiles. C'est dans ces subtilités que la présente étude trouve son but : chacune de ces différences cognitives appellent à des interventions différentes.

Par exemple, le sous-groupe 1 « bon fonctionnement intellectuel avec bonne résistance à l'interférence », en dépit du fait qu'il présente globalement de bonnes capacités cognitives, démontre tout de même une légère difficulté au plan de l'abstraction. Ainsi, même si les fonctions mnésiques apparaissent intactes en tant que telles, il est permis de croire que ce type d'atteinte exécutive pourrait éventuellement mener à des problématiques d'apprentissage en lien avec une difficulté à raisonner, à se désengager de l'aspect concret des choses et à visualiser la conséquence d'un geste

concret. Des interventions métacognitives structurées où on guide l'enfant dans son raisonnement et son processus de résolution de problèmes seraient adaptées. Plusieurs différents programmes d'intervention axée sur les fonctions exécutives ont été élaborés pour une population adulte. Bien que la réalité clinique d'un dysfonctionnement exécutif ne soit pas la même entre la clientèle adulte et pédiatrique, il demeure que certaines interventions peuvent s'appliquer aux deux clientèles avec un peu d'adaptation. Ainsi, un programme d'entraînement à la résolution de problèmes tel que proposé par Von Cramon, Matthes-Von Cramon, & Mai (1991) pourrait amener une amélioration du fonctionnement exécutif. En effet, suite aux interventions visant à l'entraînement de la détection et la formulation du problème, de la générativité de solutions alternatives, de la prise de décision et de la vérification de la solution choisie, des gains significatifs étaient notés dans leur échantillon. Parallèlement, des interventions psychoéducatives pourraient s'avérer pertinentes dans la gestion des comportements que des difficultés d'abstraction peuvent induire (difficulté à cerner le sens et l'impact de ses gestes).

Quant au sous-groupe 3 « atteinte cognitive globale avec dysfonction exécutive », les objectifs d'intervention devraient tenir compte des capacités cognitives altérées et ainsi mener à la réduction des attentes d'apprentissage de l'environnement. En ce sens, les cibles d'apprentissage devraient être priorisées en fonction des capacités intellectuelles globalement atteintes et la capacité diminuée de résistance à l'interférence. Les nouveaux apprentissages devront être présentés de façon à ne pas être concurrentiels entre eux. De plus, ce sous-groupe présente une difficulté d'apprentissage

par rétroaction, c'est-à-dire que les enfants de ce sous-groupe peinent à tenir compte du feedback de leur environnement pour orienter leurs actions. Ainsi, l'introduction d'une structure dans l'environnement, avec des attentes claires et des conséquences clairement établies de même que des interventions comportementales seraient à prévoir. Également, les difficultés retrouvées au plan des habiletés verbales devraient être considérées dans l'enseignement qui sera fait aux enfants de ce sous-groupe. Ainsi, des interventions utilisant un support visuel, avec du matériel non verbal, structuré visuellement et l'introduction d'un aide-mémoire ou d'un agenda seraient plus adaptées au fonctionnement cognitif de ce sous-groupe. De plus, un programme d'intervention axé sur l'élaboration des différentes stratégies d'encodage de l'information verbale, tel que celui rapporté par Oberg et Turkstra (1998) pourrait être pertinent. Les participants étaient deux jeunes adultes victimes d'un TCC sévère présentant des déficits mnésiques prononcés. Ils ont bénéficié de thérapies orthophoniques au cours desquelles différentes stratégies d'encodage d'information verbale leur ont été enseignées. Les résultats obtenus témoignent de l'efficacité de ce type d'intervention chez les deux sujets de leur étude. Ce sous-groupe pourrait également bénéficier d'interventions métacognitives sous forme d'un programme d'interventions axé sur l'entraînement des fonctions exécutives, tel que rapporté précédemment pour le sous-groupe 1.

Ainsi, ce type de recommandations basées sur le fonctionnement cognitif de l'enfant ayant subi un TCC renseignera plus que de dire que les interventions devront être celles réservées aux enfants ayant subi un TCC modéré ou grave. En ce sens, nos résultats vont

dans le sens de ceux obtenus par Coppens (1995) qui avait suggéré qu'une approche plus pertinente pour examiner les sous-groupes à l'intérieur d'un échantillon de sujets adultes ayant subi un TCC serait de les classifier selon leur portrait symptomatologique linguistique et cognitif, indépendamment de leur niveau de sévérité. Ses résultats avaient mis en lumière la présence de quatre profils cognitifs et linguistiques différents.

Selon Bigler (2001), même les plus récentes découvertes dans le domaine de la neuroimagerie et de la neuropathologie ne permettent pas de statuer sur la présence d'un type particulier de pattern neuropsychologique associé au TCC. Selon lui, des différences structurales seront présentées par chaque personne et donc la pathologie variera en fonction de la blessure et des forces physiques de l'impact en plus de l'âge, du sexe, du bagage génétique et de l'expérience de la personne lors du TCC. De même, les mécanismes physiques de production du TCC font que même des lésions très localisées seront toujours surimposées sur une blessure plus globale et diffuse. En effet, des différences interindividuelles semblent exister dans l'organisation cérébrale de la cognition. Même pour les fonctions les plus circonscrites comme le langage, les corrélations anatomo-cliniques ne sont pas absolues, et une lésion focale peut se manifester très différemment chez des individus distincts (Basso, Lecours, Moraschini, & Vanier, 1985). Ainsi, Bigler estime que d'un point de vue neuropsychologique, le TCC peut résulter en à peu près n'importe quel type de déficit. Chapman et ses collaborateurs (1995) vont également dans ce sens lorsqu'ils suggèrent que la sévérité du

TCC aurait une valeur indicative plutôt que prédictive lorsqu'il s'agit de se prononcer sur le pronostic de récupération post-TCC.

Limites de la recherche

Cette recherche a été réalisée selon une approche rétrospective à partir des dossiers médicaux et neuropsychologiques, ce qui fait que nous avons dû nous en remettre aux rapports écrits des examens neuroradiologiques pour la documentation des lésions cérébrales. Des examens supplémentaires n'ont pu être demandés pour préciser certaines données et compléter certains diagnostics. Toutefois, le fait qu'un accord interjuge ait été instauré, lequel a révélé un pourcentage satisfaisant, souligne la validité des diagnostics émis. De plus, nous n'avons pas exclu les sujets dont les antécédents comportaient des difficultés d'apprentissage, de trouble d'attention, de langage ou de comportement. Notre échantillon comporte un bon nombre de sujets présentant de tels antécédents et selon certains, cela pourrait confondre les résultats. D'un autre côté, le fait d'avoir inclus ces sujets peut s'avérer révélateur et représentatif des enfants à risque de subir un TCC.

De plus, il importe de considérer que le fait que nos participants aient bénéficié d'interventions interdisciplinaires dans le cadre de leur réadaptation, avant ou pendant l'évaluation neuropsychologique, pourrait avoir biaisé les résultats obtenus. En effet, un environnement stimulant où les interventions de réadaptation sont disponibles et adaptées peut améliorer le pronostic de récupération cognitive après un TCC. En ce sens,

nos résultats pourraient ne pas refléter les profils cognitifs réels post-TCC puisqu'ils auraient pu être modérés par les interventions en réadaptation. De plus, à des fins réflexives, il pourrait même être envisagé que les enfants qui présentaient une plus grande réserve cognitive, donc une capacité accrue à s'adapter aux atteintes neurologiques (Fay et al., 2009) et à intégrer les nouveaux apprentissages auraient pu bénéficier davantage des interventions offertes en réadaptation comparativement à des enfants qui présentaient une moins grande capacité de réserve cognitive.

Il est également à noter qu'en raison de sa nature rétrospective, la présente recherche a été réalisée à partir des instruments de mesure disponibles à l'époque. Considérant que les profils retrouvés sont appelés à varier selon les tests utilisés, l'utilisation d'instruments de mesure du fonctionnement exécutif tels que le Delis-Kaplan Executive Function System (D-KEFS; Delis, Kaplan, & Kramer, 2001) aurait pu donner lieu à des profils cognitifs différents

Conclusion

La réalisation de la présente recherche s'inscrivait dans un processus de réflexion issu à la fois d'une perplexité face aux résultats très variables documentés dans la littérature en regard de la gravité de l'outcome suite à un TCC chez l'enfant mais également d'échos de la réalité de la pratique de la neuropsychologie clinique en réadaptation. Ce processus de réflexion prenait également racine d'un souci de démontrer toute l'unicité de l'enfant atteint, de ses particularités cognitives et des interventions subséquentes, peu importe l'étiquette diagnostique qui l'avait mené en réadaptation.

L'hypothèse de la présente recherche était de démontrer que des profils cognitifs différents seraient retrouvés à l'intérieur d'une population d'enfants ayant subi un TCC modéré ou grave. Les résultats obtenus suite aux analyses statistiques factorielles dans un premier temps puis de regroupement par la suite démontrent bien la présence de profils différenciés sur la base de la performance cognitive. Il est intéressant de constater que les sous-groupes, au nombre de trois, étaient tous formés d'enfants ayant subi un TCC modéré et d'enfants ayant subi un TCC grave. Cet état de fait souligne la variabilité des atteintes cognitives de même que la variabilité de l'intensité de ces atteintes suite à un TCC, alors qu'il est attendu que le profil serait le même consécutivement à une blessure estimée neurologiquement égale.

Les résultats de la présente recherche soulignent la pertinence et l'utilité de cette approche novatrice qu'est l'analyse des profils cognitifs, ceci afin d'établir des recommandations plus précises et d'instaurer des interventions plus adaptées aux forces et aux difficultés de l'enfant en réadaptation.

Le processus de réflexion ne doit toutefois pas s'arrêter à ce stade. Bien que l'influence de nombreux facteurs autres que neurologiques ait été soulignée comme pouvant moduler l'expression des séquelles suite à un TCC pédiatrique, et bien que les populations TCC pédiatrique et même TCC adulte soient maintenant reconnues comme étant hétérogènes dans leur présentation en elles-mêmes, les recherches doivent se poursuivre afin de documenter de façon plus précise les interactions entre les facteurs neurologiques relatifs à la blessure et les facteurs autres en lien avec l'enfant, ses capacités, sa pré morbidité et son environnement. En effet, bien que l'approche par l'analyse des profils cognitifs inscrive un changement de perspective dans la compréhension de la problématique du TCC, l'étude de ces facteurs d'influence demeure importante afin de pouvoir en arriver à établir le pronostic de récupération de façon plus précoce et plus précise et ultimement déterminer les interventions qui auront le plus d'impact sur la récupération.

Il est également à souhaiter que cette nouvelle approche d'analyse par profils cognitifs tende à se répandre dans les milieux concernés et contribue à faire reconnaître

l'importance de l'enfant et de ses particularités cognitives, au-delà de ce qui est peut être attendu de par la blessure neurologique.

Références

- Ahmed, S., Bierley, R., Sheikh, J. I., & Date, E. S. (2000). Post-traumatic amnesia after closed head injury: a review of the literature and some suggestions for further research. *Brain Injury, 14*, 765-780.
- Alvarez, M., Nava, J. M., Rué, M., & Quintana, S. (1998). Mortality prediction in head trauma patients: performance of Glasgow coma score and general severity systems. *Critical Care Medicine, 26*, 142-148.
- Anderson, V. A., Catroppa, C., Haritou, F., Morse, S., Pentland, L., Rosenfeld, J., & Stargatt, R. (2001). Predictors of acute child and family outcome following traumatic brain injury in children, *Pediatric Neurosurgery, 34*, 138-148.
- Anderson, V. A., Catroppa, C., Haritou, F., Morse, S., & Rosenfeld, J. V. (2005). Identifying factors contributing to child and family outcome 30 months after traumatic brain injury in children. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 76*(3), 401-408.
- Anderson, V., & Moore, C. (1995). Age at injury as a predictor of outcome following pediatric head injury. *Child Neuropsychology, 1*, 187-202.
- Asarnow, R. F., Satz, P., Light, R., Lewis, R., & Neumann, E. (1991). Behavior problems and adaptive functioning in children with mild to severe closed head injury. *Journal of Pediatric Psychology, 16*, 543-555.
- Babikian, T., & Asarnow, R. (2009). Neurocognitive outcomes and recovery after pediatric TBI: Meta-analytic review of the literature. *Neuropsychology, 23*(3), 283-296.
- Basso, A., Lecours, A. R., Moraschini, S., & Vanier, M. (1985). Anatomical correlations of the Aphasias as defined through computerized tomography: Exceptions. *Brain and language, 26*, 201-229.
- Bazarian, J. J., Eirich, M. A., & Salhanick, S. D. (2003). The relationship between pre-hospital and emergency department Glasgow coma scale scores. *Brain Injury, 17*(7), 553-560.
- Becker, J. T., Huff, J., Nebes, R. D., Holland, A., & Boller, F. (1988). Neuropsychological function in Alzheimer's disease: Pattern of impairment and rates of progression. *Archives of Neurology, 45*, 263-268.

- Bigler, E. D. (2001). The lesion(s) in traumatic brain injury: implications for clinical neuropsychology. *Archives of Clinical Neuropsychology, 16*, 95-131.
- Binder, L. M., Rohling, M. L., & Larrabee, G. J. (1997). A review of mild head trauma: I. Meta-analytic review of neuropsychological studies. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 19*(3), 421-431.
- Bittigau, P., Siffringer, M., Felderhoff-Mueser, U., & Ikonomidou, C. (2004). Apoptotic neurodegeneration in the context of traumatic brain injury to the developing brain. *Experimental and Toxicologic Pathology, 56*, 83-89.
- Blashfield, R. K. (1976). Mixture model tests of cluster analysis: accuracy of four agglomerative hierarchical methods. *Psychological Bulletin, 83*(3), 377-388.
- Boström, K., & Helander, C. G. (1986). Aspects on pathology and neuropathology in head injury. *Acta Neurochirurgica* (suppl.36), 51-55.
- Botez-Marquard, T., & Boller, F. (2005). *Neuropsychologie clinique et neurologie du comportement*. Montréal : Les presses de l'Université de Montréal.
- Brenner, T., Freier, M. C., Holshouser, B. A., Burley, T., & Ashwal, S. (2003). Predicting neuropsychologic outcome after traumatic brain injury in children. *Pediatric Neurology, 28*(2), 104-114.
- Brown, G., Chadwick, O., Shaffer, D., Rutter, M., & Traub, M. (1981). A prospective study of children with head injuries. III. Psychiatric sequelae. *Psychological Medicine, 11*, 63-78.
- Brown, A. W., Malec, J. F., McClelland, R. L., Diehl, N. N., Englander, J., & Cifu, D. X. (2005). Clinical elements that predict outcome after traumatic brain injury: a prospective multicenter recursive partitioning (decision-tree) analysis. *Journal of Neurotrauma, 22*, 1040-1051.
- Burleigh, S. A., Farber, R. S., & Gillard, M. (1998). Community integration and life satisfaction after traumatic brain injury: long-term findings. *The American Journal of Occupational Therapy, 52*(1), 45-52.
- Butler, K., Rourke, B. P., Fuerst, D. R., & Fisk, J. L. (1997). A typology of psychosocial functioning in pediatric closed-head injury. *Child Neuropsychology, 3*, 98-133.
- Capruso, D. X., & Levin, H. S. (1992). Cognitive impairment following closed head injury. *Neurologic Clinics, 10*(4), 879-893.

- Carter, R. L., Morris, R., & Blashfield, R. K. (1989). On the partitioning of squared euclidean distance and its applications in cluster analysis. *Psychometrika, 54*(1), 9-23.
- Catroppa, C., & Anderson, V. A. (2007). Recovery in memory function, and its relationship to academic success, at 24 months following pediatric TBI. *Child Neuropsychology, 13*, 240-261.
- Catroppa, C., Anderson, V. A., Morse, S. A., Haritou, F., & Rosenfeld, J. V. (2007). Children's attentional skills 5 years post-TBI. *Journal of Pediatric Psychology, 32*(3), 354-369.
- Chapman, S. B., Levin, H. S., Matejka, J., Harward, H., & Kufera, J. A. (1995). Discourse ability in children with brain injury: Considerations of linguistic, psychosocial, and cognitive factors. *Journal of Head Trauma Rehabilitation, 10*, 36-54.
- Chapman, S. B., McKinnon, L., Levin, H. S., Song, J., Meier, M. C., & Chiu, S. (2001). Longitudinal outcome of verbal discourse in children with traumatic brain injury: Three-year follow-up. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation, 16*(5), 441-455.
- Choi, S. C., & Barnes, T. Y. (1996). Predicting outcome in the head-injured patient. Dans R. K., Narayan, J. E. Wilberger Jr, & J. T. Povlishock (Éds.) *Neuro-trauma* (pp. 779-792). New York: McGraw Hill.
- Coppens, P. (1995). Subpopulations in closed-head injury: preliminary results. *Brain Injury, 9*(2), 195-208.
- Corrigan, J. D. (2001). Conducting statewide needs assessments for persons with traumatic brain injury. *Journal of Head Trauma Rehabilitation, 16*(1), 1-19.
- Davis, R. L., Mullen, N., Makela, M., Taylor, J. A., Cohen, W., & Rivara, F. P. (1994). Cranial computed tomography scans in children after minimal head injury with loss of consciousness. *Annals of Emergency Medicine, 24*, 640-645.
- Davis, L. M., Pauly, J. R., Readnower, R. D., Rho, J. M., & Sullivan, P. G. (2008). Fasting is neuroprotective following traumatic brain injury. *Journal of Neuroscience Research, 83*, 1812-1822.
- Delis, D., Kaplan, E., & Kramer, J. (2001). *Delis-Kaplan Executive Function System (D-KEFS): Examiner's manual*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.

- Delis, D., Kramer, J., Kaplan, E., & Ober, B. A. (1994). *CVLT-C (California Verbal Learning Test for Children)*. Toronto, Ontario: The Psychological Corporation Harcourt Brace Jovanovich Inc.
- Dennis, M., Wilkinson, M., Koski, L., & Humphreys, R. P. (1995). Attention deficits in the long term after closed head injury. Dans S. H. Broman, & M. E. Michel (Éds), *Traumatic head injury in children* (pp. 165-187). New York: Oxford University Press.
- Dickerson-Mayes, S., Pelco, L. E., & Campbell, C. J. (1989). Relationships among pre- and post-injury intelligence with severe closed-head injuries. *Brain Injury*, 3, 301-313.
- Dietrich, A. M., Bowman, M. J., Ginn-Pease, M. E., Kosnik, E., & King, D. R. (1993). Pediatric head injuries: can clinical factors reliably predict an abnormality on computed tomography? *Annals of Emergency Medicine*, 22(10), 1535-1540.
- Dixon, C. E., Kochanek, P. M., Yan, H. Q., Schiding, J. K., Griffith, R. G., Baum, E., Marion, D. W., DeKosky, S. T. (1999). One-year study of spatial memory performance, brain morphology, and cholinergic markers after moderate controlled cortical impact in rats. *Journal of neurotrauma*, 16, 109-122.
- Doehring, D. G. (1978). The tangled web of behavioral research on developmental dyslexia. Dans A. L. Benton, & D. Pearl (Eds.), *Dyslexia: An appraisal of current knowledge* (pp. 125-135). New York: Oxford University Press.
- Donders, J., & Hoffman, N. M. (2002). Gender differences in learning and memory after pediatric traumatic brain injury. *Neuropsychology*, 16(4), 491-499.
- Drake, A. I., McDonald, E. C., Magnus, N. E., Gray, N., & Gottshall, K. (2006). Utility of Glasgow Coma Scale-Extended in symptom prediction following mild traumatic brain injury. *Brain Injury*, 29(5), 469-475.
- Ewing-Cobbs, L., Fletcher, J. M., & Levin, H. S. (1986). Neurobehavioral sequelae following head injury in children: Educational implications. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 1(4), 57-65.
- Ewing-Cobbs, L., Fletcher, J. M., Levin, H. S., Iovino, I., & Miner, M. E. (1998). Academic achievement and academic placement following traumatic brain injury in children and adolescents: a two-year longitudinal study. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 20, 769-781.

- Ewing-Cobbs, L., Levin, H. S., Fletcher, J. M., Miner, M. E., & Eisenberg, H. M. (1990). The children's orientation and amnesia test: relationship to severity of acute head injury and to recovery of memory. *Neurosurgery, 27*, 683-691.
- Fay, T. B., Yeates, K. O., Taylor, H. G., Bangert, B., Dietrich, A., Nuss, K. E., Rusin, J., & Wright, M. (2009). Cognitive reserve as a moderator of postconcussive symptoms in children with complicated and uncomplicated mild traumatic brain injury. *Journal of International Neuropsychological Society, 16*, 94-105.
- Fenwick, T., & Anderson, V. (1999). Impairments of attention following childhood traumatic brain injury. *Child Neuropsychology, 5*(4), 213-223.
- Filley, C. M., Cranberg, L. D., Alexander, M. P., & Hart, E. J. (1987). Neurobehavioral outcome after closed head injury in childhood and adolescence. *Archives of Neurology, 44*, 194-198.
- Fletcher, J. M. (1988). Brain-injured children. Dans E. J. Mash, & L. G. Terdal (Éds), *Behavioral assessment of childhood disorders* (pp. 451-488). New York: Guilford.
- Fletcher, J. M., Ewing-Cobbs, L., Francis, D. J., & Levin, H. S. (1995). Variability in outcomes after traumatic brain injury in children: A developmental perspective. Dans S. H., Broman, & M. E. Michel (Éds.), *Traumatic head injury in children* (pp. 3-21). New York: Oxford University Press.
- Fletcher, J. M., Ewing-Cobbs, L., Miner, M. E., Levin, H. S., & Eisenberg, H. M. (1990). Behavioral changes after closed head injury in children. *Journal of Consulting and Clinical Psychology, 58*, 93-98.
- Fletcher, J. M., & Levin, H. S. (1988). Neurobehavioral effects of brain injury in children. Dans D. K. Routh (Éd.), *Handbook of pediatric psychology* (pp. 258-295). New York: Guilford Press.
- Flynn, J. M., & Deering, W. M. (1989). Subtypes of dyslexia: Investigation of Boder's system using quantitative neurophysiology. *Developmental Medicine and Child Neurology, 31*, 215-223.
- Flynn, J. M., Deering, W., Goldstein, M., & Rahbar, M. H. (1992). Electrophysiological correlates of dyslexic subtypes. *Journal of Learning Disabilities, 25*, 133-141.
- Fridlund, A. J., & Delis, D. C. (1994). *California Verbal Learning Test scoring assistant user's guide* (Version 1, Windows Version).

- Gervais, M., & Dubé, S. (1999). *Étude exploratoire des besoins en services offerts à la clientèle traumatisée crânio-cérébrale au Québec*. Rapport de recherche. Université Laval, Institut de réadaptation en déficience physique de Québec, 127 p.
- Giza, C. C., Kolb, B., Harris, N. G., Asarnow, R. F., & Prins, M. L. (2009). Hitting a moving target: Basic mechanisms of recovery from acquired developmental brain injury. *Developmental Neurorehabilitation*, 12(5), 255-268.
- Giza, C. C., Santa Maria, N. S., & Hovda, D. A. (2006). N-Methyl-D-aspartate receptor subunit changes following traumatic brain injury to the developing brain. *Journal of Neurotrauma*, 23(6), 950-961.
- Goldstein, G., Shemansky, W. J., & Allen, D. N. (2005). Cognitive function in schizoaffective disorder and clinical subtypes of schizophrenia. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20, 153-159.
- Gorman-Smith, D., Tolan, P. H., & Henry, D. B. (2000). A developmental-ecological model of the relation of family functioning to patterns of delinquency. *Journal of Quantitative Criminology*, 16, 169-198.
- Gronwall, D. (1989). Behavioral assessment during the acute stages of traumatic brain injury. Dans M. D. Lezak (Éd.), *Assessment of the behavioural consequences of head trauma*, Vol. 7, *Frontiers of clinical neurosciences*. New York: Alan R. Liss.
- Gronwall, D., & Wrightson, P. (1981). Memory and information processing capacity after closed head injury. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 44, 889-895.
- Groom, K. N., Shaw, T. G., O'Connor, M. E., Howard, N. I., & Pickens, A. (1998). Neurobehavioral symptoms and family functioning in traumatically brain-injured adults. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 13, 695-711.
- Grosswasser, Z., Reider-Grosswasser, I., Soroker, N., & Machtey, Y. (1987). Magnetic resonance imaging in head injured patients with normal late computed tomography scans. *Surgical Neurology*, 27, 331-337.
- Gurdjian, E. S. (1975). Recent developments in biomechanics, management, and mitigation of head injuries. Dans D. B. Tower (Éd.), *Nervous System* (vol. 2). *The Clinical Neurosciences*. New York: Raven Press.
- Harad, F. T., & Kerstein, M. D. (1992). Inadequacy of bedside clinical indicators in identifying significant intracranial injury in trauma patients. *The Journal of Trauma*, 32, 359-363.

- Harrick, L., Krefting, L., Johnston, J., Carlson, P., & Minnes, P. (1994). Stability of functional outcomes following transitional living programme participation: 3-years follow-up. *Brain Injury, 8*(5), 439-447.
- Heaton, R. K., Chelune, G. J., Talley, J. L., Kay, G. G., & Curtiss, G. (1993). *Wisconsin Card Sorting Test manual. Revised and expanded*. Odessa, Florida: Psychological Assessment Resources Inc.
- Hinchliffe, F. J., Murdoch, B. E., Chenery, H. J., Baglioni, A. J., Jr., & Harding-Clark, J. (1998). Cognitive-linguistic subgroups in closed-head injury. *Brain Injury, 12*(5), 369-398.
- Hodges, J. R., & Patterson, K. (1995). Is semantic memory consistently impaired early in the course of Alzheimer's disease? Neuroanatomical and diagnostic implications. *Neuropsychologia, 33*, 441-459.
- Hoofien, D., Vakil, E., Gilboa, A., Donovick, P. J., & Barak, O. (2002). Comparison of the predictive power of socio-economic variables, severity of injury and age on long-term outcome of traumatic brain injury: sample-specific variables versus factors as predictors. *Brain Injury, 16*(1), 9-27.
- Howes, N. L., Bigler, E. D., Lawson, J. S., & Burlingame, G. M. (1999). Reading disability subtypes and the test of memory and learning. *Archives of Clinical Neuropsychology, 14*(3), 317-339.
- Johnson, D. J., & Myklebust, H. R. (1967). *Learning Disabilities*. New York: Grune & Stratton.
- Kesler, S. R., Adams, H. F., Blasey, C. M., & Bigler, E. D. (2003). Premorbid intellectual functioning, education, and brain size in traumatic brain injury: An investigation of the cognitive reserve hypothesis. *Applied Neuropsychology, 10*(3), 153-162.
- King, N. (1997). Mild head injury: neuropathology, sequelae, measurement and recovery. *British Journal of Clinical Psychology, 36*, 161-184.
- Kinsella, G., Ong, B., Murtagh, D., Prior, M., & Sawyer, M. (1999). The role of the family for behavioural outcome in children and adolescents following traumatic brain injury. *Journal of Consulting and Clinical Psychology, 67*, 116-123.
- Knights, R. M., Ivan, L. P., Ventureyra, E. C. G., Bentivoglio, C., Stoddart, C., Winograd, W., & Bawden, H. N. (1991). The effects of head injury in children on neuropsychological and behavioural functioning. *Brain Injury, 5*, 339-351.

- Kolb, B., & Wishaw, I. Q. (1996). *Fundamentals of human neuropsychology, fourth edition*. W.H. Freeman and Company: New York.
- Kriel, R. L., Hrach, L. E., & Sheehan, M. (1988). Pediatric closed head injury: outcome following prolonged unconsciousness. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 69, 678-681.
- Lee, J. H. (2003). Genetic evidence for cognitive reserve: variations in memory and related cognitive functions. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25(5), 594-613.
- Lehr, E. (1990). School management. Dans E. Lehr (Éd), *Psychological management of TBI in children and adolescents* (pp. 185-205). Gaithersburg, MD: Aspen Publishers, Inc.
- Levin, H. S. (1985). Outcome after head injury. Part II. Neurobehavioral recovery. Dans D. P. Becker, & J. T. Povlishock (Éds.), *Central nervous system trauma. Status report - 1985*. Washington, D.C.: National institute of health.
- Levin, H. S. (1992). Neurobehavioral recovery. *Journal of Neurotrauma*, 9, 359-373.
- Levin, H. S., Aldrich, E. F., Saydjari, C., Eisenberg, H. M., Foulkes, M. A., Bellefleur, M., Luerssen, T. G., «...» Marshall, L. F. (1992). Severe head injury in children: experience of the Traumatic Coma Data Bank. *Neurosurgery*, 31(3), 435-444.
- Levin, H. S., Benton, A. L., & Grossman, R. G. (1982). *Neurobehavioral consequences of closed head injury*. New York: Oxford University Press.
- Levin, H. S., & Eisenberg, H. M. (1979). Neuropsychological outcome of closed head injury in children and adolescents. *Child's Brain*, 5, 281-292.
- Levin, H. S., Ewing-Cobbs, L., & Benton, A. L. (1984). Age and recovery from brain damage: A review of clinical studies. Dans S. W. Scheff (Éd.), *Aging and recovery of function in the central nervous system* (pp. 233-240). New York: Plenum.
- Levin, H. S., Ewing-Cobbs, L., & Eisenberg, H. M. (1995). Neurobehavioral outcome of pediatric closed head injury. Dans S. H. Broman, & M. E. Michel (Éds), *Traumatic head injury in children* (pp. 70-94). New York: Oxford University Press.
- Levin, H. S., High, W. M., Ewing-Cobbs, L., Fletcher, J. M., Eisenberg, H. M., Miner, M. E., & Goldstein, F. C. (1988). Memory functioning during the first year after closed head-injury in children and adolescents. *Neurosurgery*, 22, 1043-1052.

- Levin, H. S., O'Donnell, V. M., & Grossman, R. G. (1979). The Galveston Orientation and Amnesia Test. A practical scale to assess cognition after head injury. *Journal of Nervous and Mental Disease, 167*, 675-684.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., & Loring, D. W. (2004). *Neuropsychological Assessment* (4^e éd.). New York: Oxford University Press.
- Lieh-Lai, M. W., Theodorou, A. A., Sarnaik, A. P., Meert, K. L., Moylan, P. M., & Canady, A. I. (1992). Limitations of the Glasgow Coma Scale in predicting outcome in children with traumatic brain injury. *The Journal of Pediatrics, 120*, 2 (partie 1), 195-199.
- Lowenstein, D. H., Thomas, M. J., Smith, D. H., & McIntosh, T. K. (1992). Selective vulnerability of dendrite hilar neurons following traumatic brain injury: a potential mechanistic link between head trauma and disorders of the hippocampus. *Journal of neurosciences, 12*, 4846-4653.
- Mattson, A. J., & Levin, H. S. (1990). Frontal lobe dysfunction following closed head injury. A review of the literature. *Journal of Nervous and Mental Disease, 178*, 282-291.
- Max, J. E., Castillo, C. S., Robin, D. A., Lindgren, S. D., Smith, W. L., Jr., Sato, Y., Mattheis, P. J., & Stierwalt, J. A. G. (1997). Predictors of family functioning following traumatic brain injury in children and adolescents. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 37*, 83-90.
- Max, J. E., Lansing, A. E., Koele, S. L., Castillo, C. S., Bokura, H., Schachar, R., Collings, N., & Williams, K. E. (2004). Attention deficit hyperactivity disorder in children and adolescents following traumatic brain injury. *Developmental Neuropsychology, 25*(1&2), 159-177.
- McCullagh, S., Oucherlony, D., Protzner, A., Blair, N., & Feinstein, A. (2001). Prediction of neuropsychiatric outcome following mild trauma brain injury: an examination of the Glasgow coma scale. *Brain Injury, 15*, 489-497.
- Michaud, L. J., Duhaime, A., & Gatshaw, M. L. (1993). Traumatic brain injury in children. *Pediatric Clinics of North America, 40*, 553-565.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience, 24*, 167-202.
- Milligan, G. W., & Cooper, M. C. (1987). Methodology review: Clustering Methods. *Applied Psychological Measurement, 11*(4), 329-354.

- Moreau, J., Laurent-Vannier, A., & De Agostini, M. (2008). Étalonnage de la version française du Children's Orientation and Amnesia Test (COAT-VF), questionnaire d'évaluation de l'amnésie post-traumatique chez l'enfant. *Annales de réadaptation et de médecine physique*, 51, 24-30.
- Mottram, L., & Donders, J. (2006) Cluster subtypes on the California Verbal Learning Test – Children's version after pediatric traumatic brain injury. *Developmental Neuropsychology*, 30(3), 865-883.
- Muscarà, F., Catroppa, C., & Anderson, V. (2008). Social problem-solving skills as a mediator between executive function and long-term social outcome following pediatric traumatic brain injury. *Journal of Neuropsychology*, (2: part 2), 445-461.
- Newcombe, F. (1987). Psychometric and behavioural evidence: scope, limitations and ecological validity. Dans H. S. Levin, J. Grafman, & H. M. Eisenberg (Éds.), *Neurobehavioral recovery from head injury*. New York: Oxford University Press.
- Oberg, L., & Turkstra, L. S. (1998). Use of an elaborative encoding to facilitate verbal learning after adolescent traumatic brain injury. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 13(3), 44-62.
- Oppenheimer, D. R. (1968). Microscopic lesions in the brain following head injury. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 31, 299-306.
- Pang, D., (1989). Physics and pathology of closed head injury. Dans M. D. Lezak (Éd.), *Assessment of the behavioural consequences of head trauma. Vol. 7. Frontiers of clinical neuroscience*. New York: Alan R. Liss.
- Papero, P. H., Prigatano, G. P., Snyder, H. M., & Johnson, D. L. (1993). Children's adaptive behavioural competence after head injury. *Neuropsychological Rehabilitation*, 3, 321-340.
- Paulsen, J. S., Heaton, R. K., Sadek, J. R., Perry, W., Delis, D. C., & Braff, D. (1995). The nature of learning and memory impairments in schizophrenia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 1, 88-99.
- Peach, R. K. (1992). Factors underlying neuropsychological test performance in chronic severe traumatic brain injury. *Journal of Speech and Hearing Research*, 35, 810-818.
- Pelco, L., Sawyer, M., Duffield, G., Prior, M., & Kinsella, G., (1992). Premorbid emotional and behavioural adjustment in children with mild head injuries. *Brain Injury*, 6, 29-37.

- Perry, R. J., Watson, P., & Hodges, J. R. (2000). The nature and staging of attention dysfunction in early (minimal and mild) Alzheimer's disease: relationship to episodic and semantic memory impairment. *Neuropsychologia, 38*, 252-271.
- Ponsford, J., Willmott, C., Rothwell, A., Cameron, P., Kelly, A. M., Nelms, R., Curran, C., & Ng, K. (2000). Factors influencing outcome following mild traumatic brain injury in adults. *Journal of the International Neuropsychological Society, 6*, 568-579.
- Prasad, K. (1996). The Glasgow Coma Scale: a critical appraisal of its clinometric properties. *Journal of Clinical Epidemiology, 49*, 755-763.
- Prasad, M. R., Ewing-Cobbs, L., Swank, P. R., & Kramer, L. (2002). Predictors of outcome following traumatic brain injury in young children. *Pediatric Neurosurgery, 36*, 64-74.
- Ratan, S. K., Pandey, R. M., & Ratan, J. (2001). Association among duration of unconsciousness, Glasgow coma scale, and cranial computed tomography abnormalities in head-injured children. *Clinical Pediatrics, 375*-378.
- Richardson, J. (1990). *Clinical and neuropsychological aspects of closed head injury*. London: Taylor & Francis.
- Rimel, R. W., Giordani, B., Barth, J. T., Jane, J. A. (1982) Moderate head injury: completing the clinical spectrum of brain trauma. *Neurosurgery, 11*, 344-351.
- Rivara, F., Tanaguchi, D., Parish, R. A., Stimac, G. K., & Mueller, B. (1987). Poor prediction of positive computed tomographic scans by clinical criteria in symptomatic pediatric head trauma. *Pediatrics, 80*, 579-584.
- Rosenthal, B. W., & Bergman, I. (1989). Intracranial injuries after moderate head trauma in children. *Journal of pediatrics, 115*, 346-350.
- Rourke, B. P. (2000) Neuropsychological and psychosocial subtyping: a review of investigations within the University of Windsor laboratory. *Canadian Psychology, 41*(1), 34-51.
- Ruijs, M. B. M., Keyser, A., Gabreëls, F. J. M. (1994). Clinical neurological trauma parameters as predictors for neuropsychological recovery and long-term outcome in paediatric closed head injury: a review of the literature. *Clinical Neurology and Neurosurgery, 96*, 273-283.
- Russell, W. R., & Smith, A. (1961). Post-traumatic amnesia in closed head injury. *Archives of Neurology, 5*, 4-17.

- Rutter, M. (1981). Psychological sequelae of brain damage in children. *American Journal of Psychiatry, 138*, 1533-1544.
- Rutter, M., Chadwick, O., Shaffer, D., & Brown, G. (1980). A prospective study of children with head injuries: I. Design and methods. *Psychological Medicine, 10*(4), 633-646.
- Satz, P. (1993). Brain reserve capacity on symptom onset after brain injury: A formulation and review of evidence for threshold theory. *Neuropsychology, 7*(3), 273-295.
- Schwartz, L., Taylor, H. G., Drotar, D., Yeates, K. O., Wade, S. L., & Stancin, T. (2003). Long-term behavior problems following pediatric traumatic brain injury: Prevalence, predictors, and correlates. *Journal of Pediatric Psychology, 28*(4), 251-263.
- Seaton, B. E., Goldstein, G., & Allen, D. N. (2001). Sources of heterogeneity in schizophrenia: The role of neuropsychological functioning. *Neuropsychology Review, 11*, 45-67.
- Skinner, H. A. (1978). Differentiating the contribution of elevation, scatter and shape in profile similarity. *Educational and Psychological Measurement, 38*(2), 297-308.
- Smith, G. A., & Brewer, N. (1985). Age and individual differences in correct and error reaction times. *British Journal of Psychology, 76*, 199-203.
- Société de l'Assurance Automobile du Québec. (2000). *Cadre de référence clinique pour l'élaboration de programmes de réadaptation pour la clientèle ayant subi un traumatisme crano-cérébral, enfants-adolescents*. Québec, Canada.
- Société de l'Assurance Automobile du Québec. (2005). *Orientations ministérielles pour le traumatisme craniocérébral léger 2005-2010*. Québec, Canada.
- Sohlberg, M. M., & Mateer, C. A. (1989). *Introduction to cognitive rehabilitation*. New York: Guilford Press.
- St.James-Roberts, I. (1979). A reinterpretation of hemispherectomy data without functional plasticity of the brain: Intellectual function. *Brain and Language, 1*, 31-53.
- Stein, S. C., & Ross, S. E. (1992). Mild head injury: a plea for routine early CT scanning. *The Journal of Trauma, 33*, 11-13.

- Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8, 448-460.
- Stern, Y. (2003). The concept of cognitive reserve: A catalyst for research. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25(5), 589-593.
- Stern, Y. (2009). Cognitive reserve. *Neuropsychologia*, 47, 2015-2028.
- Strich, S. J. (1961). Shearing of nerve fibers as a cause if brain damage due to head injury. *The Lancet*, ii, 446-448.
- Stuss, D. T., & Gow, C. A. (1992). "Frontal dysfunction" after traumatic brain injury. *Neuropsychiatry, Neuropsychology, and Behavioral Neurology*, 5, 272-282.
- Stuss, D. T., Stethem, L. L., Hugenholtz, H., Picton, T., Pivik, J., & Richard, M. T. (1989). Reaction time after head injury: fatigue, divided and focused attention, and consistency of performance. *Journal of neurology, neurosurgery and psychiatry*, 52, 742-748.
- Taylor, H. G. (2004). Research on outcomes of pediatric traumatic brain injury: current advances and future directions. *Developmental Neuropsychology*, 25(1&2), 199-225.
- Taylor, H. G., & Alden, J. (1997). Age-related differences in outcomes following childhood brain insults: an introduction and overview. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 3, 555-567.
- Taylor, H., Schatschneider, C., & Rich, D. (1992). Sequelae of Haemophilus influenzae meningitis: Implications for the study of brain disease and development. Dans M. Tramontana, & S. Hooper (Éds.), *Advances in child neuropsychology* (vol. 1, pp. 50-108). New York: Springer-Verlag.
- Taylor, H. G., Yeates, K. O., Wade, S. L., Drotar, D., Klein, S. K., & Stancin, T. (1999). Influences on first-year recovery from traumatic brain injury in children. *Neuropsychology*, 13, 76-89.
- Teasdale, G., & Jennett, B. (1974). Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet*, 2, 81-83.
- Valdois, S., Joanette, Y., Poissant, A., Ska, B., & Dehaut, F. (1990). Heterogeneity in the cognitive profile of normal elderly. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 12(4), 587-596.

- van der Naalt, J., Hew, J. M., van Zomeren, A. H., Sluiter, W. J., Minderhoud, J. M. (1999). Computed tomography and magnetic resonance imaging in mild to moderate head injury: Early and late imaging related to outcome. *Annals of Neurology*, 46, 70-78.
- Vanderploeg, R. D., Curtiss, G., & Belanger, H. G. (2005). Long-term neuropsychological outcomes following mild traumatic brain injury. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11(3), 228-236.
- van Zomeren, A. H., & Brouwer, W. H. (1990). Attentional deficits after closed head injury. Dans B. G. Deelman, R. J. Saan, & A. H. van Zomeren (Éds.), *Traumatic brain injury: Clinical, social and rehabilitation aspects*. Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Von Cramon, D. Y., Matthes-Von Cramon, G., & Mai, N. (1991). Problem-solving deficits in brain-injured patients: A therapeutic approach. *Neuropsychological Rehabilitation*, 1(1), 45-64.
- Walter, B., Brust, P., Fuchtnar, F., Muller, M., Hinz, R., Kuwabara, H., Fritz, H., «...» Bauer, R. (2004). Age-dependent effects of severe traumatic brain injury on cerebral dopaminergic activity in newborn and juvenile pigs. *Journal of neurotrauma*, 21, 1076-1089.
- Wechsler, D. (1991). *WISC-III (Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition)*. San Antonio: The Psychological Corporation, Harcourt Brace Jovanovich, Inc.
- Winograd, H. W., Knights, R. M., & Bawden, H. N. (1984). Neuropsychological deficits following head injury in children. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 6(3), 269-286.
- Wozniak, J. R., Krach, L., Ward, E., Mueller, B. A., Muetzel, R., Schnoebelen, S., Kiragu, A., & Lim, K. O. (2007). Neurocognitive and neuroimaging correlates of pediatric traumatic brain injury: A diffusion tensor imaging (DTI) study. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 22(5), 555-568.
- Yeates, K. O. (2000). Closed-head injury. Dans K. O. Yeates, M. D. Ris, & H. G. Taylor, (Éds.), *Pediatric neuropsychology: research, theory, and practice* (pp. 92-116). New York: The Guilford Press.
- Yeates, K. O., Blumenstein, E., Patterson, C. M., & Delis, D. C. (1995). Verbal learning and memory following pediatric traumatic brain injury. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 1, 78-87.

- Young, H. A., Gleave, J. R. W., Schmidek, H. H. & Gregory, S. (1984). Delayed traumatic intracerebral hematoma: report of 15 cases operatively treated. *Neurosurgery, 14*, 22-25.
- Zimmerman, R. A., & Bilanuk, I. T. (1994). Pediatric head trauma. *Pediatric Neuroradiology, 4*, 349-366.

Appendice A
Grille de dépouillement des données médicales

No de recherche du sujet : _____
No de dossier du sujet : _____

DOSSIER CENTRAL

No de recherche du sujet : _____

No de dossier du sujet :

DOSSIER CENTRAL

Grille de cotation

No de recherche du sujet : _____

No de dossier du sujet : _____

DOSSIER CENTRAL

Grille de cotation

COMPORTEMENTS LIÉS À LA FRONTALITÉ OBSERVÉS (LES JOURS SUIVANTS LE TCC)

fatigabilité cognitive	manque de confiance
fatigabilité neurologique	manque de motivation
fatigabilité non spécifiée	manque du mot
humeur changeante	niveau d'attention bas
hyperactivité	opposition
hypoactif	persévération
impatience	perte d'intérêt
impulsivité (réponse impulsive)	peu d'introspection
inapproprié socialement	peu de persévérance
intolérance à la frustration/effort	peu expressif
irritabilité	pleurs fréquents
jugement appauvri	prise d'initiative difficile
Lenteur d'exécution	rigidité
manque d'activation	tentative de fugue

AUTRES COMPORTEMENTS

No de recherche du sujet : _____
 No de dossier du sujet : _____

DOSSIER CENTRAL
 Grille de cotation

No	Items	Résultats	Valeurs équivalentes	Valeurs attribuées
17	Profession de la mère		1 2 3 4 5 6 7	
18	Profession du père		1 2 3 4 5 6 7	
19	Scolarité de la mère		1 2 3 4 5 6 7	
20	Scolarité du père		1 2 3 4 5 6 7	
21	Niveau socioéconomique (mère)	Total= Profession x 7+ Scolarité x 4 (selon Index Hollingshead)	0= 11-17 1= 18-31 2= 32-47 3= 48-63 4= 64-77	
22	Niveau socioéconomique (père)	Total= Profession x 7+ Scolarité x 4 (selon Index Hollingshead)	0= 11-17 1= 18-31 2= 32-47 3= 48-63 4= 64-77	
23	Lieu d'origine			
24	Nombre de frère et sœur			
25	Scolarité au moment du TCC			
26	Occupation (travail) de l'enfant au moment du TCC			
27	Diagnostic émis avant l'accident		0=Non 1=Oui 2=TDA 3=TDAH 4=Trouble de comportements 5=Trouble d'apprentissage 6=Trouble de langage 7=Autres	
28	L'enfant prenait-il une médication de type psychostimulant du système nerveux central?		0=Non 1=Oui	
29	L'enfant a-t-il déjà repris une année scolaire?		0=Non 1=Oui	
30	L'enfant avait-il recours à un suivi en orthopédagogie? Si oui, depuis combien de temps?		0=Non 1=Oui	

No de recherche du sujet : _____
 No de dossier du sujet : _____

DOSSIER CENTRAL
 Grille de cotation

Items	Valeurs équivalentes	Valeurs attribuées
<u>Prémorbidité</u>		
Description de l'enfant en <i>milieu scolaire</i>		
Cognitif :		
Comportemental :		
Psychologique :		
Description de l'enfant en <i>milieu familial</i>		
Cognitif :		
Comportemental :		
Psychologique :		
Description de l'enfant en <i>milieu social</i>		
Cognitif :		
Comportemental :		
Psychologique :		

No de recherche du sujet : _____
 No de dossier du sujet : _____

DOSSIER CENTRAL
 Grille de cotation

No	Items	Valeurs équivalentes	Valeurs attribuées
<u>Prémorbidité-suite</u>			
	Critères de TDA/H selon le DSM-IV :		
	<p>A : Présence soit de 1 ou 2 : 1-au moins 6 symptômes d'<i>inattention</i> pendant 6 mois <i>Inattention</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Ne prête pas attention aux détails, commet faute d'étourdie b. A du mal à soutenir son attention au travail ou dans les jeux c. Semble ne pas écouter quand on lui parle personnellement d. Souvent, ne se conforme pas aux consignes et ne mène pas à terme ce qu'il a à faire e. A du mal à organiser ses travaux ou activités f. Souvent, évite, a en aversion ou fait à contrecœur ce qui demande un effort mental soutenu g. Perd souvent les objets nécessaires au travail ou activités h. Souvent, se laisse facilement distraire par des stimuli externes i. Oublis fréquents dans la vie quotidienne <p>2-au moins 6 symptômes d'hyperactivité-impulsivité <i>Hyperactivité</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Remue souvent les mains ou pieds, se tortille sur son siège b. Se lève souvent en classe ou autres c. Souvent, court, grimpe partout de façon inappropriée d. A du mal à se tenir tranquille dans les loisirs e. Est souvent « sur la brèche » ou « ou comme monté sur des ressorts » f. Parle souvent trop <p><i>Impulsivité</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Répond à une question qui n'est pas entièrement posée b. A souvent du mal à attendre son tour c. Interrrompt souvent les autres ou impose sa présence 	0=Non 1=Oui	
	B : Symptômes présents avant l'âge de 7 ans	0=Non 1=Oui	
	C : Présence de gêne fonctionnelle liée aux symptômes dans au moins 2 types d'environnement école, maison, travail	0=Non 1=Oui	
	D : Évidence d'une altération cliniquement significative du fonctionnement social, scolaire ou professionnel	0=Non 1=Oui	
	E : Symptômes non expliqués par un autre trouble	0=Non 1=Oui	
	Critères rencontrés pour le diagnostic de TDA/H	0=Non 1=Oui	

No de recherche du sujet : _____
 No de dossier du sujet : _____

DOSSIER CENTRAL
 Grille de cotation

<i>Dx émis :</i>			
Critères diagnostiques :	TCC modéré	TCC sévère	Obtenu par sujet
GCS initial	9-12	3-8	
Durée du coma	30 minutes à 6 heures, limite de 24 heures	Obligatoirement plus de 6 heures	
Durée de l'APT	1-4 jours	Plusieurs semaines	
Lésions neurologiques	Scan et/ou IRM : généralement positifs	Scan et/ou IRM : positifs	
<i>Dx nouveau :</i>			

No de recherche du sujet : ____
No de dossier du sujet : ____

Liste des outils utilisés
pour le dépouillement des dossiers centraux
(Section du CRME)

- Rapport de Conférence pré-admission
- Rapport de Conférence post-admission
- Rapport médical
- Rapport de physiothérapie
- Rapport d'ergothérapie
- Rapport d'orthophonie
- Rapport d'audiologie
- Rapport neuropsychologique
- Rapport psychologique
- Rapport en service social
- Rapport d'orthopédagogie
- Rapport en éducation spécialisée
- Notes en infirmerie

Appendice B
Grille de dépouillement des dossiers neuropsychologiques

No de recherche du sujet : _____
No de dossier du sujet : _____

DOSSIER NEUROPSYCHOLOGIQUE

Items	Résultats			Valeurs équivalentes	Valeurs attribuées
	Score brut	Score pondéré	Score Z		
FONCTIONNEMENT INTELLECTUEL					
WISC-III □ WISC-R □ WAIS-R					
QI VERBAL					
QI NON VERBAL					
QI GLOBAL					
Indice <i>Compréhension verbale</i>					
Indice <i>Organisation perceptive</i>					
Indice <i>Résistance à la distraction</i>					
Indice <i>Vitesse de traitement</i>					
Images à compléter					
Connaissances					
Code					
Similitudes					
Arrangements d'images					
Arithmétique					
Blocs					
Vocabulaire					
Assemblage d'objets					
Compréhension					
Repérage de symboles					
Séquences de chiffres :					
Endroit (Empan)	()				
Rebours (Empan)	()				
Total					
Labyrinthes					

No de recherche du sujet : _____
 No de dossier du sujet : _____

DOSSIER NEUROPSYCHOLOGIQUE

Grille de cotation

ATTENTION-CONCENTRATION-MÉMOIRE DE TRAVAIL (SUITE)					
Encerclement de cloches					
Temps					
Omissions					
Intrusions					
BLOCS DE CORSI					
Endroit (Empan)	()				
Rebours (Empan)	()				
Total					
FONCTIONS EXÉCUTIVES					
TRAIL A-B					
A					
Temps					
Erreur					
B					
Temps					
Erreur					

ATTENTION-CONCENTRATION-MÉMOIRE DE TRAVAIL					
Encerclement A organisé					
Temps					
Omissions					
Intrusions					
Encerclement A désorganisé					
Temps					
Omissions					
Intrusions					
Encerclement Øorganisé					
Temps					
Omissions					
Intrusions					
Encerclement Ødésorganisé					
Temps					
Omissions					
Intrusions					

No de recherche du sujet : _____
 No de dossier du sujet : _____

DOSSIER NEUROPSYCHOLOGIQUE

Grille de cotation

Items	Résultats			Valeurs équivalentes	Valeurs attribuées
	Score brut	Score pondéré	Score Z		
FONCTIONS EXÉCUTIVES (SUITE)					
<u>STROOP 10x10 5x10</u>					
Condition 1					
Temps					
Erreurs corrigées					
Erreurs non corrigées					
Total erreurs					
Condition 2					
Temps					
Erreurs corrigées					
Erreurs non corrigées					
Total erreurs					
Condition 3					
Temps					
Erreurs corrigées					
Erreurs non corrigées					
Total erreurs					
Condition 4					
Temps					
Erreurs corrigées					
Erreurs non corrigées					
Total erreurs					
TRAIL MAKING TEST (D-KEFS)					
Condition 1					
Temps					
Omission					
Commission					
Condition 2					
Temps					
Erreur (séquence)					
Erreur (set-loss)					
Condition 3					
Temps					
Erreur (séquence)					
Erreur (set-loss)					
Condition 4					
Temps					
Erreur (séquence)					
Erreur (set-loss)					
Condition 5					
Temps					
erreur					

No de recherche du sujet : _____
No de dossier du sujet : _____

DOSSIER NEUROPSYCHOLOGIQUE

Grille de cotation

Appendice C
Matrice de corrélations du WISC-III

Tableau 12

Matrice de corrélations entre les sous-tests du WISC-III

Sous-test	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Connaissances	-											
2. Arithmétique	.73	-										
3. Similitudes	.61	.68	-									
4. Compréhension	.59	.56	.54	-								
5. Vocabulaire	.60	.47	.45	.46	-							
6. Recherche de symboles	.49	.50	.40	.42	.45	-						
7. Code	.38	.46	.45	.48	.43	.60	-					
8. Séquences de chiffres	.44	.48	.24	.34	.36	.43	.49	-				
9. Blocs	.35	.41	.40	.34	.29	.48	.37	.32	-			
10. Assemblage d'objets	.35	.47	.35	.37	.27	.42	.30	.33	.61	-		
11. Images à compléter	.56	.63	.54	.53	.30	.41	.34	.39	.53	.53	-	
12. Arrangements d'images	.46	.55	.51	.37	.35	.58	.43	.38	.42	.42	.63	-

Déterminant de corrélation : .001

Appendice D
Matrice de corrélations du CVLT-C

Tableau 13
Matrice de corrélations entre les variables du CVLT-C

Sous-test	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1. Essai 1 à 5																			
2. Rappel différé libre	.82																		
3. Rappel immédiat libre	.87	.86																	
4. Rappel différé indicé	.75	.86	.77																
5. Rappel immédiat indicé	.74	.75	.76	.87															
6. Consistance	.75	.62	.68	.62	.61														
7. Intrusions rappels indicés	-.58	-.57	-.59	-.54	-.45	-.45													
8. Reconnaissance	.45	.51	.42	.50	.45	.28	-.25												
9. Faux positif	-.46	-.56	-.5	-.50	-.41	-.46	.53	-.19											
10. Liste B vs Essai 1	-.13	-.07	.02	-.13	-.10	.01	.02	-.10	-.01										
11. Liste B	.56	.49	.53	.36	.36	.39	-.27	.25	-.27	.58									
12. Intrusions rappels libres	-.49	-.49	-.49	-.52	-.47	-.49	.59	-.15	.57	-.02	-.30								
13. Perséverations	.03	.04	.06	.06	.01	-.01	.20	.13	.11	-.00	.11	.31							
14. Regroupement sériel	.06	.05	.16	.10	.14	.14	-.11	.09	-.15	.05	-.01	-.12	.04						
15. Courbe d'apprentissage	.17	.16	.29	.20	.27	.38	-.23	.16	-.18	.39	.10	-.21	-.07	.31					
16. Regroupement sémantique	.29	.21	.17	.18	.17	.09	-.08	.26	-.00	-.19	.15	.08	.01	-.34	-.04				
17. Effet de primauté	-.23	-.13	-.12	-.06	-.06	-.13	.07	-.11	.08	.12	-.15	.08	-.05	.16	.06	-.16			
18. Effet de récence	-.11	-.11	-.16	-.09	-.09	-.04	.07	.02	-.07	-.01	-.10	.06	-.17	-.23	-.11	-.04	-.14		
19. Rappel immédiat vs Essai 5	-.01	.10	.28	.01	-.00	-.06	.14	.03	-.05	-.01	.08	.07	.08	.15	-.16	-.04	-.11	-.03	

Déterminant de corrélation : .000

Appendice E
Matrice de corrélations du WCST

Tableau 14

Matrice de corrélations entre les variables du WCST

Variable	1	2	3	4	5	6
1. Persévérations	-					
2. Erreurs non persévérvatives	.35	-				
3. Nombre d'essai avant de compléter la 1 ^{re} catégorie	.12	.33	-			
4. Maintien d'une catégorie	.13	.16	.23	-		
5. Capacité d'apprentissage	-.46	-.49	.15	-.17	-	
6. Nombre de catégories complétées	-.47	-.65	-.35	-.36	.72	-

Déterminant de corrélation : .089

Appendice F

Profil cognitif non retenu par l'analyse de validation, sous-groupe 4

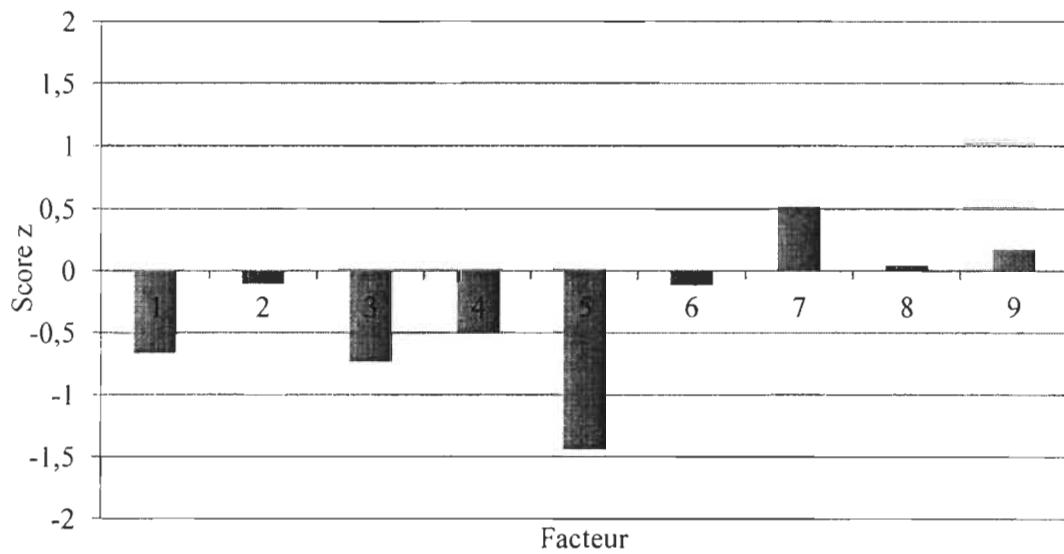


Figure 4. Profil cognitif du sous-groupe 4 « Fonctions verbales atteintes ».

1 = Apprentissage catégoriel par rétroaction, 2 = Conceptualisation, 3 = Habilétés verbales, 4 = Habilétés non verbales, 5 = Capacité générale d'apprentissage verbal, 6 = Effet proactif, 7 = Dysfonctionnement exécutif en mémoire verbale, 8 = Stratégies, 9 = Interférence rétroactive.

Sous-groupe 4 « Fonctions verbales atteintes » ($n=9$). Le profil de ce sous-groupe est à l'effet de fonctions verbales globalement atteintes (voir figure 4). En effet, on relève des difficultés prononcées au plan de la capacité générale d'apprentissage verbal (facteur 5) de même que dans les habiletés verbales en général telles que mesurées par le WISC (facteur 3). De plus, des difficultés sont notées dans la capacité d'apprentissage catégoriel par rétroaction (facteur 1). Ainsi, le profil observé témoigne de fonctions verbales très atteintes et d'atteintes des fonctions exécutives en l'absence de forces particulières dans d'autres domaines. Il pourrait correspondre à un sous-groupe dont les principales atteintes neurologiques se situent au niveau des lobes temporal et frontal

gauche. Ce sous-groupe est composé de 67 % de garçons et de 33 % de filles. Près de la moitié (44 %) de ce sous-groupe avait doublé une année scolaire alors que 33 % avaient bénéficié d'un suivi en orthopédagogie. De même, plus de la moitié (56 %) du sous-groupe présentait des troubles cognitifs pré morbides. La majorité du sous-groupe (78 %) présentait un TCC grave alors que les 22 % restants présentaient des atteintes modérées.

Appendice G

Profil cognitif non retenu par l'analyse de validation, sous-groupe 5

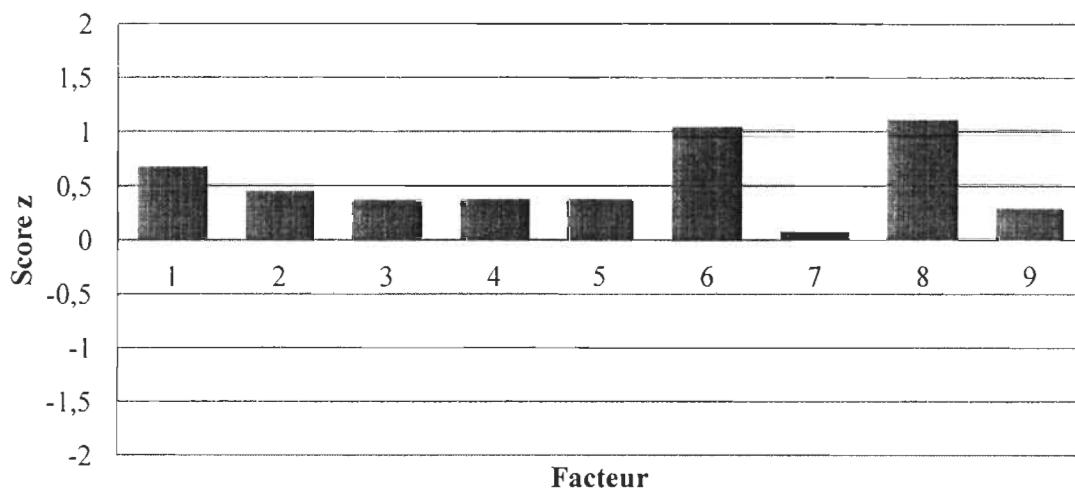


Figure 5. Profil cognitif du sous-groupe 5 « Force au plan des fonctions exécutives ».
 1 = Apprentissage catégoriel par rétroaction, 2 = Conceptualisation, 3 = Habilités verbales, 4 = Habilités non verbales, 5 = Capacité générale d'apprentissage verbal, 6 = Effet proactif, 7 = Dysfonctionnement exécutif en mémoire verbale, 8 = Stratégies, 9 = Interférence rétroactive.

Sous-groupe 5 « Force au plan des fonctions exécutives » (n=13). Le profil obtenu par ce sous-groupe est à l'effet de performances se situant toutes à un niveau moyen : aucune faiblesse particulière ne s'en dégage (voir figure 5). Les habiletés verbales, non verbales et d'apprentissage verbal se retrouvent toutes à l'intérieur des limites normatives. Toutefois, l'analyse du profil de performances indique la présence d'une grande force au plan de la résistance à l'effet proactif en mémoire verbale (facteur 6) et de l'utilisation de stratégies en mémoire verbale (facteur 8). De plus, on note une force relative au plan de l'apprentissage catégoriel par rétroaction (facteur 1). L'ensemble du profil indique donc un fonctionnement cognitif adéquat où se démarque des forces particulières au plan des fonctions exécutives. Par extension, il est permis de croire que

ces forces pourraient amener la personne atteinte à compenser pour certains déficits. Ce sous-groupe est composé de 62 % de garçons et 38 % de filles dont la majorité présente un TCC grave (62 %). Parmi les antécédents pertinents, on note que 15 % des enfants avaient des troubles de comportements et que 23 % présentaient des troubles cognitifs. Toutefois, une minorité avait repris une année scolaire (8 %) et avait bénéficié d'un suivi en orthopédagogie (8 %).