

Test des six éléments chez vingt-quatre traumatisés crâniens en phase de réinsertion et fractionnement du Système Attentionnel Superviseur

*Elisabeth Hoclet¹, Delphine Gronier²,
Barbara Joly-Pottuz³ et Serge Carbonnel³*

Résumé

Certains traumatisés crâniens graves ne présentant plus de déficits dans les tests neuropsychologiques à distance de leur accident n'en éprouvent pas moins des difficultés sur le plan de l'organisation dans leur vie quotidienne. Shallice et Burgess (1991) ont élaboré une épreuve, le test des six éléments, dont la sensibilité semble permettre une mise en évidence de déficits des fonctions exécutives dans cette population. Notre étude sur 24 sujets traumatisés crâniens a montré que ces derniers se différenciaient des sujets contrôles sur l'intention et la planification. Contrairement à toute attente, ils montrent les mêmes comportements que les sujets témoins en termes de flexibilité mentale, de gestion du temps, et d'organisation, lorsqu'ils reçoivent une aide en phase de planification. Outre la confirmation de la sensibilité de ce test, sur un plan théorique et en référence au modèle de Norman et Shallice (1980), notre étude est en faveur d'un fractionnement du Système Attentionnel Superviseur (SAS).

1. CMUDD, 38660 Saint-Hilaire du Touvet, France
(e-mail: el.hoclet@wanadoo.fr)

2. UEROS, 62000 Berck-sur-Mer, France

3. Laboratoire de Psychologie Expérimentale, Université de Savoie, UMR
CNRS 5105, Grenoble-Chambéry, France

La correspondance doit être adressée à Elisabeth Hoclet.

Ces sujets montreraient une atteinte de la « création » de marqueurs plutôt que du « déclenchement » de marqueurs préalablement créés.

Mots clés : traumatisme crânien, fonctions exécutives, test des six éléments, fractionnement du SAS, réinsertion.

Key words: traumatic brain injury, executive functions, six element test, supervisory system fractioning, rehabilitation.

INTRODUCTION

Les traumatisés crâniens graves constituent une population très hétérogène. Ils présentent en effet une importante variabilité de leurs lésions neurologiques, susceptibles d'entraîner des atteintes physiques, mais aussi d'importants déficits de la sphère cognitive : troubles de la mémoire épisodique à long terme, de la communication et du langage, déficits attentionnels, troubles praxiques et gnosiques. Enfin, presque toujours présente, la symptomatologie frontale constitue souvent à elle seule une séquelle très handicapante. On attribue généralement celle-ci à la survenue des lésions axonales diffuses (Azouvi et al., 1993), causées par les phénomènes d'accélération et de décélération au moment du traumatisme. Le cortex frontal entretient en effet de nombreuses connexions avec les structures postérieures et profondes. Les circuits fronto-sous-corticaux, décrits par Alexander et Crutcher en 1990, qui entretiennent des connexions avec les noyaux gris centraux, seraient particulièrement exposés aux ruptures axonales. Le premier circuit est un circuit moteur issu de l'aire motrice supplémentaire, le second, un circuit oculomoteur issu d'aires oculomotrices frontales. Les trois autres circuits, issus des cortex préfrontal, orbital, et cingulaire, sont quant à eux impliqués dans la régulation émotionnelle et motivationnelle et jouent un rôle dans les fonctions cognitives s'exerçant dans le maintien d'un programme jusqu'à son exécution complète. Ils sous-tendent ainsi les fonctions exécutives, lesquelles permettent l'adaptation du sujet à des situations nouvelles. Celles-ci comprennent des processus tels que la formulation d'un but, la planification du comportement, l'exécution d'une tâche avec le contrôle

on-line et le séquençage, et enfin la vérification (Lezak, 1982). L'atteinte de ces processus se regroupe sous le terme de syndrome dysexécutif, souvent associé aux pathologies préfrontales (Van der Linden, Meulemans, Seron, Coyette, Andres et Prairial, 2000), et pour lequel un fractionnement, tant sur les aspects cognitifs que comportementaux, semble avoir rencontré un certain consensus (Burgess, Alderman, Evans, Emslie et Wilson, 1998).

À distance de leur accident, lorsque la rééducation a pris fin, et malgré de bonnes performances dans les tests neuropsychologiques, nombreux sont les traumatisés crâniens qui souffrent encore de difficultés d'organisation dans leur vie quotidienne, plus particulièrement lors de la réalisation de tâches nouvelles ou complexes. Ces séquelles, vraisemblablement liées à un déficit sous-jacent de certaines fonctions exécutives, constituent souvent un obstacle à une réinsertion sociale et professionnelle satisfaisante.

Notre étude, effectuée auprès d'une telle population, se situe dans le cadre théorique du modèle de Norman et Shallice. Ces derniers ont tenté de relier la théorie générale des fonctions frontales de Luria (1980) au cadre conceptuel des sciences cognitives. Luria avait noté l'importance des lobes frontaux dans la planification, l'anticipation, et la régulation du comportement, ainsi que dans l'intention de l'action. Le modèle de Norman et Shallice postule l'existence d'unités de base appelées « schémas », dont l'activation positive ou négative détermine l'action ou la pensée de l'individu. Alors que les scripts n'engageraient aucun sous-système de traitement (activité automatique), les schémas nécessiteraient deux types de contrôle :

- le gestionnaire d'ordonnancement des contraintes interviendrait de manière automatique, lors d'activités routinières ou surappries, permettant d'effectuer un choix lorsque deux activités routinières entrent en conflit ;
- le système attentionnel superviseur (SAS) permettrait de sélectionner les actions non routinières, d'une manière consciente et volontaire. Son intervention serait coûteuse sur le plan attentionnel, puisqu'elle serait « centralisée, consciente, et volontaire » (Norman et Shallice, 1980).

En 1991, Shallice et Burgess proposent de diviser les fonctions du SAS selon la formulation du but (ou encore « l'intention »), la planifi-

cation, la création et le déclenchement de marqueurs. En effet, selon les auteurs, il existerait un lien entre l'intention, définie par un plan schématique, et la capacité à réaliser ce plan ultérieurement. Ce processus serait mis en œuvre à travers l'activation de « marqueurs », c'est-à-dire un message informant qu'un événement particulier de la situation doit être pris en considération pour que l'activité ultérieure se déroule correctement. Dans un test à tâches multiples, il y aurait « création » de marqueurs lorsque les instructions sont comprises, au début de l'activité de planification. Le « déclenchement » du marqueur apparaîtrait en cours de réalisation de l'action, sa survenue interrompant l'action pour une réévaluation de la situation ou éventuellement une modification du plan initial.

Plusieurs travaux vont dans le sens d'une altération du SAS chez les traumatisés crâniens (Van Der Linden, Coyette et Seron, 1992 ; Shallice et Burgess, 1991). En 1991, Shallice et Burgess effectuent une étude auprès de trois traumatisés crâniens graves rencontrant de nombreuses difficultés d'organisation dans leur vie quotidienne à distance de leur accident. Pourtant, seul l'un d'entre eux présente des déficits aux tests sensibles à une symptomatologie frontale. Ces patients sont comparables au patient EVR décrit par Eslinger et Damasio (1985), ou à celui décrit par Goldstein, Bernard, Fenwick, Burgess et McNeil (1993), par la discordance entre la qualité de leur fonctionnement cognitif et leurs troubles comportementaux. Ces trois patients sont soumis au « Test des Six Éléments », créé par les auteurs. Cette épreuve est composée de six tâches que le sujet doit réaliser dans un temps donné, tout en respectant un certain nombre de règles prédéfinies. Il doit identifier le but sous-jacent (obtenir le maximum de points) et adapter son comportement en fonction de contraintes établies (respect des règles). Malgré une réussite aux tests neuropsychologiques classiques, il s'avère que ces traumatisés crâniens ont des difficultés dans ce test aux tâches multiples, dont les processus sous-jacents seraient différents. L'explication avancée par Shallice est la suivante : le test nécessite des qualités d'identification du but, de planification et de choix de priorité, qui ne sont pas requises dans les tests classiques. Les résultats obtenus lors de la passation du test des six éléments vont dans le sens d'une altération du SAS chez les traumatisés crâniens. La situation est nouvelle, complexe, et le patient doit y

faire face en sélectionnant les schémas appropriés. Une analyse approfondie amène les auteurs à suggérer que les erreurs de marqueurs constituent un problème majeur. Selon Shallice et Burgess (1991), les traumatisés crâniens auraient perdu la faculté de créer ou de déclencher les marqueurs.

Des études plus récentes ont repris des adaptations du test des six éléments, validant sa spécificité à évaluer la mise en place de stratégies dans un contexte non structuré. L'une d'elles montre une relation entre l'échec à ce test et des déficits d'inhibition et d'élaboration d'une réponse, de correction d'erreur, et de flexibilité, évalués par des tests plus classiques (Levine, Stuss, Milberg, Alexander, Schwartz et MacDonald, 1998). Ces études présentent également des populations de traumatisés crâniens (Garnier, Enot-Joyeux, Jokic, Le Thiec, Desgranges et Eustache, 1998) ou atteintes d'autres pathologies (Levine et al., 1998) échouant à ce test malgré de bonnes performances aux tests neuropsychologiques classiques. Enfin, Levine et al. (1998) montrent une sensibilité de ce test aux lésions hémisphériques droites, et appuient l'hypothèse de l'implication des structures frontales et de leurs interconnexions avec d'autres parties cérébrales dans ce type d'activité nouvelle et complexe.

Notre étude se divise en deux parties, afin de répondre à deux objectifs différents. Il s'agit tout d'abord de confirmer la sensibilité du test des six éléments par une passation chez un nombre de sujets plus élevé que dans les études pré-citées : 12 traumatisés crâniens graves réussissant les tests neuropsychologiques classiques. L'intérêt réside également dans la question de l'atteinte du SAS chez cette population. Cette condition, appelée C1, s'effectue par une passation classique du test des six éléments. Dans un second temps, nous avons cherché à mettre en évidence des éléments tendant vers un fractionnement du SAS. Pour cela, nous avons imaginé, pour 12 autres traumatisés crâniens, des conditions expérimentales un peu différentes, exigeant du patient une planification préalable, lors de laquelle il peut prendre le temps d'analyser les données, de construire une stratégie, et de gérer son impulsivité à agir. Cependant deux types de conditions ont été considérés : dans la condition C2, l'expérimentateur laisse le patient planifier l'activité seul par écrit, puis réaliser le test des six éléments ; dans la condition C3, l'expérimentateur amène le patient à proposer un plan le plus proche possible d'un plan

standard obtenu auprès de cinq jeunes adultes sains, puis il laisse le patient réaliser le test des six éléments. Ainsi, la création de marqueurs est contrôlée lors de la phase de planification.

La littérature décrit chez les traumatisés crâniens graves des troubles d'analyse, d'extraction du but, et de planification (en faveur d'un déficit de la création de marqueurs) (Sirigu, Zalla, Pillon, Grafman, Agid et Dubois, 1996 ; Cohadon, Castel, Richer, Mazaux et Loiseau, 1998), mais aussi des troubles d'adaptation, d'inhibition, de flexibilité et d'auto-contrôle (en faveur d'un déficit de déclenchement de marqueurs) (North, 1995). Grâce à l'analyse détaillée et le jeu de comparaison entre les trois conditions expérimentales de notre étude, nous pensons mettre en évidence un déficit situé :

- soit au niveau de la création de marqueurs : par comparaison entre les conditions C1 et C2,
- soit au niveau du déclenchement de marqueurs dont la création est préalablement induite : par comparaison entre les conditions C2 et C3.

MÉTHODE

Population

Vingt-quatre patients victimes d'un traumatisme crânien grave (selon les critères de Jennett et Teasdale, 1974) ont été retenus. Ils ont été contactés par l'intermédiaire de l'UÉROS de Grenoble, ou du CMUDD (Centre Medico-Universitaire Daniel Douady) de Saint-Hilaire du Touvet. Les critères d'inclusion étaient les suivants : chaque patient devait être en phase de réinsertion sociale et professionnelle, à distance de son accident (au moins un an), sans antécédent psychiatrique, et ne présentant aucun trouble instrumental de type aphasie, apraxie, ou agnosie, ni de déficit selon les tests neuropsychologiques classiques (Tableau 1).

Douze patients ont passé la condition C1, 6 la condition C2 et 6 la condition C3. Compte tenu du nombre de patients pour les groupes C2 et C3, nous avons procédé à une comparaison statistique des données démographiques et cliniques (avec le test de Student) afin d'éliminer un éventuel biais lié au hasard du recrutement (voir Tableau 3).

Vingt-quatre sujets contrôles, sans atteinte cérébrale ni trouble psychiatrique, ont été sélectionnés de façon à ce qu'ils soient appariés selon leur âge, leur sexe, et leur niveau d'études aux sujets traumatisés crâniens.

Tests neuropsychologiques

Les patients traumatisés crâniens ont été soumis à la passation de tests neuropsychologiques classiques (Tableau 2). Cette batterie de tests permet de nous assurer qu'il n'existe aucun déficit majeur, par référence aux normes pré-établies dans la population générale, pouvant entraver l'interprétation d'un échec au test des six éléments.

Les épreuves étaient les suivantes :

- la batterie réduite 84 de Signoret (1991) pour l'évaluation de la mémoire antérograde à long terme : en effet, la passation du test des six éléments nécessitant la rétention de règles, l'intégrité des capacités d'apprentissage et de rappel est donc nécessaire ;
- l'empan verbal envers pour l'évaluation de la mémoire de travail verbale : une atteinte à ce niveau peut entraîner des difficultés dans le maintien et la manipulation des informations nécessaires à la passation de SET ;
- le test de Wisconsin (Heaton et Thompson, 1995), en tant que mesure du fonctionnement exécutif : il permet d'exclure des difficultés dans la génération de concepts, le maintien, et l'adaptation au changement ;
- le PM 38 (Raven, 1981) permet d'exclure les patients présentant des déficits dans les stratégies.

Notons que 6 patients ont obtenu des scores compris entre -1.5 et -2 écarts types à la batterie réduite 84 de Signoret, et 2 patients présentaient un score T assimilé à un « trouble léger » au test de Wisconsin. Les comparaisons de groupes mettent en évidence, pour le test de Wisconsin, une meilleure moyenne pour les sujets qui ont passé la condition C2, par rapport au groupe C1 [$t(16) = 3.110, p < .01$] (voir Tableau 3). Cet élément inattendu nous incite à une certaine réserve quant à l'homogénéité des groupes ; il sera pris en compte dans l'interprétation des résultats.

Tableau 1
Données démographiques des patients TC et de leurs sujets contrôlés appariés

Patients	Délai*	Sexe	Âge	Niveau d'études	Sujets contrôle	Sexe	Âge	Niveau d'études
<i>Patients TC 1ère partie (condition C1)</i>								
1	38	M	25	3 (IUT 1ère année)	1	M	23	3 (BTS 1ère année)
2	27	M	19	1 (3 technologique)	2	M	18	2 (BEP)
3	42	M	22	3 (DEUG 1ère année)	3	M	22	3 (BTS 1ère année)
4	30	M	23	3 (Bac F2)	4	M	25	3 (Bac pro)
5	58	F	23	3 (Bac G1)	5	F	26	3 (Bac G1)
6	72	M	25	3 (Bac littéraire)	6	M	23	3 (Bas ES)
7	41	F	27	3 (DEUG 2e année)	7	F	33	3 (DEUG 2e année)
8	81	F	39	1 (CAP)	8	F	41	1 (CAP)
9	76	F	26	1 (CAP)	9	F	23	1 (CAP)
10	30	M	26	3 (Ingénieur)	10	M	30	3 (Ingénieur)
11	244	F	24	2 (BEP)	11	F	23	1 (3e technologique)
12	44	F	34	3 (Bac + 4)	12	F	28	3 (Bac + 4)
M (e.t.)	65 (69)		26 (6)	2.42 (0.9)			26.2 (6)	2.42 (0.9)

* Délai à l'accident (en mois).

Patients	Délai*	Sexe	Âge	Niveau d'études	Sujets contrôle	Sexe	Âge	Niveau d'études
<i>Patients TC 2e partie (condition C2)</i>								
1	37	M	18	1 (CAP)	1	M	19	1 (CAP)
2	29	M	17	1 (Troisième)	2	M	17	2 (Première)
3	36	M	26	1 (CAP)	3	M	23	3 (Bac pro)
4	18	F	25	3 (Bac)	4	F	25	3 (Bac + 1)
5	84	M	30	3 (Bac + 5)	5	M	33	3 (Bac + 5)
6	19	M	20	1 (CAP)	6	M	20	2 (BEP/CAP)
M (e.t.)	37 (24)		22.7 (5)	1.67 (1)			22.8 (5.7)	2.33 (0.8)
<i>Patients TC 2ème partie (condition C3)</i>								
1	11	M	20	3 (Bac)	1	M	19	2 (BEP)
2	43	M	23	3 (Bac + 1)	2	M	23	3 (Bac + 3)
3	14	M	27	2 (Terminale)	3	M	27	3 (Bac)
4	21	M	18	2 (BEP)	4	M	16	2 (Seconde)
5	27	M	31	3 (Bac + 1)	5	M	39	1 (Certificat d'études)
6	83	M	24	1 (CAP)	6	M	19	1 (CAP)
M (e.t.)	33 (27)		23.8 (4.8)	2.33 (0.8)			23.8 (8.3)	2.33 (0.8)

Table 1
Demographic data for all participant groups

Tableau 2
Résultats des patients TC aux tests neuropsychologiques

Patients	Batterie 84	Wisconsin (T-score)	Empan envers	PM 38 (QI)
<i>Condition C1</i>				
1	74 (> M)	49 (M)	6	115
2	69 (> M)	51 (M)	4	98
3	64.5 (-2 E.T.)	56 (> M)	5	130
4	53 (-1.8 E.T.)	29 ("tb léger")	4	108
5	62.5 (-0.6 E.T.)	51 (M)	4	96
6	54 (-1.7 E.T.)	51 (M)	Absent	Absent
7	69 (-0.5 E.T.)	44 (moyenne basse)	4	94
8	59.5 (-0.6 E.T.)	47 (M)	5	101
9	71 (> M)	43 (moyenne basse)	6	101
10	80.5 (> M)	55 (M)	6	130
11	61.5 (-0,15 E.T.)	57 (M)	6	98
12	65.5 (-1.1 E.T.)	52 (M)	5	102
M (e.t.)	65.3 (7.65)	48.8 (7.6)	5 (0.9)	107 (12.9)
<i>Condition C2</i>				
1	70 (M)	49 (M)	6	130
2	69 (> M)	65 (> M)	5	100
3	72 (> M)	64 (> M)	5	94
4	66.5 (M)	77 (> M)	5	113
5	66 (M)	62 (> M)	6	113
6	49.5 (-1.7 E.T.)	66 (> M)	4	94
M (e.t.)	65.5 (7.4)	63.8 (9)	5.16 (0.75)	107 (14)
<i>Condition C3</i>				
1	65.5 (-1.7 E.T.)	32 ("tb léger à modéré")	6	102
2	66 (-1.7 E.T.)	58 (> M)	6	119
3	73.5 (> M)	67 (> M)	4	111
4	70 (> M)	75 (> M)	6	98
5	70,5 (M)	60 (> M)	5	112
6	69 (> M)	63 (> M)	5	94
M (e.t.)	69.2 (2.6)	59.1 (14.6)	5.3 (0.82)	106 (9.5)

Table 2
Neuropsychological data for TBI subjects

Tableau 3
Comparaison statistique des données démographiques et neuropsychologiques des groupes C1, C2 et C3

	C1/C2	C2/C3	C1/C3
Âge	$t(16)=1.281$, NS	$t(10)=0.10$, NS	$t(16)=0.98$, NS
Niveau d'études	$t(16)=1.56$, NS	$t(10)=1.36$, NS	$t(16)=0.96$, NS
Délai à l'accident	$t(16)=1.18$, NS	$t(10)=0.70$, NS	$t(16)=1.77$, NS
Batterie 84	$t(16)=0.40$, NS	$t(10)=0.82$, NS	$t(16)=1.34$, NS
Wisconsin	$t(16)=3.10$, $p < .01$	$t(10)=0.62$, NS	$t(16)=1.15$, NS
Empan	$t(15)=0.99$, NS	$t(10)=0.91$, NS	$t(15)=0.5$, NS

Table 3
Statistical comparison of the demographic and neuropsychological data for C1, C2, and C3 groups

Matériel

Le test des six éléments est composé de : deux paquets d'images du Père Castor (2 x 45) ; deux séries de problèmes arithmétiques (de niveau école primaire) ; des feuilles de réponses vierges ; un chronomètre ; une feuille sur laquelle figurent les consignes ; une feuille sur laquelle figurent les règles.

Procédure expérimentale

Le test consiste en la réalisation de trois tâches, chacune divisée en deux parties équivalentes. La première tâche concerne la description orale d'un trajet (du domicile du sujet jusqu'au lieu de passation), aller (partie A de la tâche) et retour (partie B). La seconde tâche concerne la dénomination écrite des images, et chacune des parties (A et B) est

composée de 45 images. Enfin, la dernière tâche concerne la résolution de problèmes arithmétiques simples (deux séries A et B).

Dans la condition C1, la passation du test est équivalente à celle décrite par Shallice et Burgess en 1991. Cette passation comporte deux phases : une phase d'instruction et d'apprentissage des règles et une phase d'exécution. Pour commencer, l'expérimentateur lit avec le sujet les instructions à suivre. Une fois qu'il s'est assuré que le sujet a bien compris et qu'il n'a plus de questions à poser, l'expérimentateur l'informe qu'il doit respecter certaines règles qui conditionneront la manière d'effectuer le test, et qui doivent être apprises.

Ces règles notifient que le sujet dispose de 15 minutes pour ce travail, qu'il ne peut effectuer les deux parties d'une même tâche l'une après l'autre, que chaque tâche a la même importance, que des points seront attribués par réponse correcte, que les erreurs seront pénalisées pour les tâches de dénomination et les problèmes, et enfin qu'il sera attribué plus de points aux premières images et aux premiers problèmes.

L'exécution ne démarre que lorsque le sujet est capable de restituer les cinq règles sans hésitation. Le sujet a devant lui les instructions, les deux paquets d'images, les deux séries de problèmes, les feuilles de réponses et le chronomètre. L'examineur lui notifie alors qu'il peut commencer quand il le souhaite. C'est l'examineur qui déclenche le chronomètre dès que le sujet entame la réalisation d'une des tâches. Il l'arrêtera 15 minutes plus tard.

Dans la condition C2, une phase de planification écrite est insérée après la phase d'instruction et d'apprentissage des règles, amenant le sujet à se questionner sur le but final de l'exercice. Le sujet est alors invité à noter sur une feuille la démarche qu'il pense adopter pour réaliser le test. Le plan écrit est défini au sujet comme étant une aide en soi pour réfléchir et orienter les démarches à poursuivre, mais il sera libre d'y adhérer ou de changer de stratégie lors de l'exécution.

Dans la condition C3, l'expérimentateur influence le sujet de façon à l'amener à proposer un plan oral le plus proche possible du plan standard, obtenu auprès de cinq jeunes adultes sains. Ce plan énonce clairement le but de l'exercice et propose une exécution en harmonie avec l'objectif à atteindre. Là encore, il est demandé à chacun de décrire par écrit comment il pense procéder lors de la réalisation du test.

Dans les deux conditions C2 et C3, les plans écrits sont hors de vue dès que le sujet commence l'exercice.

RÉSULTATS

Analyse qualitative

Pour la condition C1, les traumatisés crâniens démarrent généralement leur travail sans avoir marqué préalablement un temps de réflexion par rapport à l'organisation à adopter. De plus, lorsqu'ils s'engagent dans une tâche, ils la mènent souvent à son terme au détriment des autres tâches. Quant au chronomètre, certains l'écartent de leur plan de travail, ou bien, au mieux, ils le regardent mais rarement (cf. analyse quantitative).

Pour la condition C2, des indices pertinents sont retrouvés dans les productions écrites des sujets contrôles mais pas dans celles des patients. Ceux-ci se contentent souvent d'inscrire le type de la tâche qu'ils vont réaliser, en reprenant l'ordre dans lequel il est détaillé sur la feuille de consignes. De plus, ils passent peu de temps pour formuler et pour présenter de façon ordonnée et rigoureuse leur plan d'action, et présentent un certain empressement à entrer dans l'action. Ils essaient souvent d'éviter ce moment qui les rend perplexes : « Je ne peux pas dire maintenant comment je vais faire. Je verrai au fur et à mesure... tout à l'heure ».

Lorsqu'ils sont placés en condition C3, les patients traumatisés crâniens semblent plus confiants et montrent un plus grand intérêt à réaliser le test.

Analyse quantitative

Les paramètres retenus pour mesurer les capacités d'organisation des sujets sont les suivants : le temps maximal passé sur une tâche ; le contrôle du temps sur le chronomètre (nombre de fois où le sujet regarde le chronomètre) ; le nombre de tâches entamées ; la description ou non

des deux trajets ; le nombre d'images A et B dénommées ; le nombre de problèmes A et B résolus ; le nombre total d'items réalisés ; le nombre total d'items réussis.

Les comparaisons des moyennes obtenues par les groupes de sujets dans les trois conditions (C1, C2, C3) ont été étudiées par le test non paramétrique de Mann Whitney, étant donné le faible effectif.

Concernant les variables nominales, nous avons employé le test non paramétrique du χ^2 pour la première partie de l'étude, puis le test de probabilité exacte de Fisher pour la seconde partie.

Pour la première partie de l'étude, nous avons procédé à une analyse factorielle à l'aide de l'analyse discriminante de toutes les variables prises simultanément. Celles-ci ont été centrées et réduites pour permettre les comparaisons.

Une ANOVA a été calculée sur le temps maximum passé sur la tâche, le nombre de fois où le sujet regarde le chronomètre, le nombre de tâches entamées, la description des trajets, le nombre d'images A et B dénommées, le nombre de problèmes A et B résolus, le nombre d'items réalisés, le nombre total d'items réussis, avec les facteurs Condition de passation (C1, C2, et C3), et Groupe (groupe TC et groupe contrôle).

Première partie de l'étude : condition C1, effet du facteur Groupe

En condition classique de passation, les patients TC diffèrent de manière significative des sujets témoins sur tous les paramètres sauf le nombre d'images A et B dénommées et la description du trajet A. Ils passent plus de temps sur une tâche, regardent moins le chronomètre, entament moins de tâches, résolvent moins de problèmes, et traitent moins d'items. De plus, ils réalisent moins souvent la tâche de description du trajet retour (B) (voir Tableau 4).

Analyse discriminante ; la fonction discriminante permet de distinguer parfaitement les deux groupes contrôle et TC (valeur = 13,09) avec une significativité de .0003.

Tableau 4

Condition C1 : Scores moyens (et écarts types) des traumatisés crâniens et des sujets contrôles et comparaison des moyennes obtenues au test des six éléments

	TC (n=12)	SC (n=12)	U	p
Temps maximal	16.83 (5.11)	10.33 (5.11)	18.5	< .01
Regards vers le chronomètre	3 (2.34)	8.58 (5.05)	13.5	< .001
Tâches entamées	3.92 (1.24)	5.50 (1)	21.5	< .01
Images A	38.50 (10.88)	39.42 (8.65)	65.	NS
Images B	18.58 (18.59)	32 (15.13)	41.5	.0723
Problèmes A	3.75 (3.17)	11.67 (3.73)	6.5	< .001
Problèmes B	0.33 (0.89)	5.08 (2.97)	14	< .001
Total items faits	68.08 (24.07)	91.92 (21.56)	31	< .05
Total items réussis	62.50 (22.86)	91.92 (21.56)	26	< .01
<i>Variables nominales (test non paramétrique du χ^2)</i>				
Trajet A (décrit ou pas)	0.92 (0.29)	1 (0)	1.4348	NS
Trajet B (décrit ou pas)	0.42 (0.51)	0.83 (0.39)	4.4444	< .05

Table 4

Condition C1: Results for TBI and control subjects and comparison of the average scores for the six element test

Deuxième partie de l'étude : conditions C2 et C3, effet du facteur Groupe

Dans la condition C2, les traumatisés crâniens entament de façon significative moins de tâches et réalisent moins d'items que les sujets contrôles (voir Tableau 5).

En condition C3, les deux groupes ne diffèrent que pour le nombre de problèmes A : les traumatisés crâniens résolvent un peu moins de problèmes que les sujets contrôles (voir Tableau 6).

Effet du facteur condition expérimentale et examen d'une interaction entre groupe et condition

Les sujets contrôles résolvent moins de problèmes A en condition C2 qu'en condition C1 ($p = .03$), et ils traitent moins d'items en général ($p = .03$). Les traumatisés crâniens n'obtiennent pas de performances significativement différentes entre les deux conditions de passation C1 et C2 (voir Tableaux 4 et 5).

En condition C3, on retrouve chez les sujets contrôles une réduction du nombre de problèmes A résolus par rapport à la condition C1 ($p = .02$). Les traumatisés crâniens obtiennent des résultats meilleurs en condition C3 qu'en condition C1. Ces différences concernent les paramètres suivants : le temps maximal passé sur une tâche est plus court ($p = .001$), le contrôle du temps sur le chronomètre est plus fréquent ($p = .0007$), le nombre de tâches entamées est plus élevé ($p = .001$), de même que le nombre de problèmes B résolus ($p = .0005$), et la description du trajet B est plus souvent réalisée ($p = .024$) (Tableaux 4 et 6).

De plus, l'étude de l'interaction entre groupe et manipulation expérimentale montre bien que celle-ci agit de façon significativement différente pour les deux groupes, à $p = .01$ pour le temps maximal passé sur une tâche, $p = .0008$ pour le contrôle du temps sur le chronomètre, et $p = .03$ pour le nombre de tâches entamées. En revanche, en ce qui concerne le trajet B, le changement de comportement entre les conditions C1 et C3 n'est pas significativement différent d'un groupe à l'autre (voir Tableau 7).

Tableau 5

Condition C2 : Scores moyens (et écarts types) des traumatisés crâniens et des sujets contrôles et comparaison des moyennes obtenues au test des six éléments

	TC (n=6)	SC (n=6)	U	p
Temps maximal	16.8 (5)	13.7 (3.67)	10.5	NS
Regards vers le chronomètre	4.67 (2.94)	6 (2.1)	13.5	NS
Tâches entamées	3.5 (1.64)	5.67 (0.82)	4.5	< .05
Images A	31.7 (15.4)	29.5 (7.82)	16	NS
Images B	10.2 (16.1)	26 (14.2)	9	NS
Problèmes A	3.67 (3.2)	7.83 (4.17)	7.5	.08
Problèmes B	1.67 (2.25)	5.83 (3.31)	5.5	< .01
Total items faits	47.7 (16.3)	71 (13.4)	4	< .05
Total items réussis	46.3 (22.86)	67.5 (21.56)	10.5	NS
<i>Variables nominales (test de probabilité exacte de Fisher)</i>				
Trajet A (décrit ou pas)	0.67 (0.52)	1 (0)		NS
Trajet B (décrit ou pas)	0.33 (0.52)	0.83 (0.41)		< .05

Table 5

Condition C2: Results for TBI and control subjects and comparison of the average scores

Tableau 6
Condition C3 : Scores moyens (et écarts types) des traumatisés crâniens et des sujets contrôles et comparaison des moyennes obtenues

	TC (n=6)	SC (n=6)	U	<i>p</i>
Temps maximal	8.67 (1.03)	9 (0.89)	15	NS
Regards vers le chronomètre	16 (4.73)	11.8 (4.49)	9	NS
Tâches entamées	6 (0)	6 (0)		
Images A	34.3 (8.89)	35.8 (4.31)	16.5	NS
Images B	28.5 (8.8)	31 (9.78)	14.5	NS
Problèmes A	5 (3.03)	7.5 (2.88)	6	.052
Problèmes B	3.5 (1.2)	5 (2.46)	9.5	NS
Total items faits	73.7 (15.4)	81.3 (9.16)	13.5	NS
Total items réussis	71 (15.3)	79.8 (9.77)	9.5	NS
<i>Variables nominales (test de probabilité exacte de Fisher)</i>				
Trajet A (décrit ou pas)	1 (0)	1 (0)		NS
Trajet B (décrit ou pas)	1 (0)	1 (0)		NS

Table 6
Condition C3: Results for TBI and control subjects and comparison of the average scores

Tableau 7
Interaction groupe manipulation expérimentale (valeurs de *p*)

	C1 x C2	C2 x C3	C1 x C3
Temps maximal	NS	NS	< .01
Regards vers le chrono.	NS	.08	< .001
Tâches entamées	NS	< .05	< .05
Images B	NS	NS	NS
Problèmes A	NS	NS	< .01
Problèmes B	NS	NS	< .1
Total items faits	NS	NS	NS
Total items réussis	NS	NS	NS
<i>Variables nominales (test de probabilité exacte de Fisher)</i>			
Trajet A (décrit ou pas)	.1	NS	.08
Trajet B (décrit ou pas)	.07	NS	.1

Table 7
Group x experimental manipulation interaction (*p* values)

Si l'on compare les conditions C2 et C3, les sujets contrôles ont un temps maximal sur une tâche moins élevé ($p = .01$) et regardent plus souvent le chronomètre ($p = .01$) en condition C3. Les sujets traumatisés crâniens, eux, obtiennent des performances très différentes dans ces deux conditions. En condition C3, le temps maximal sur une tâche est moins élevé ($p = .004$), ils regardent plus souvent le chronomètre ($p = .003$), ils entament plus de tâches ($p = .01$), ils réalisent plus d'items ($p = .025$), en réussissent également plus ($p = .03$), et effectuent plus souvent le trajet B ($p = .03$) (voir Tableaux 5 et 6).

Ces modifications de C2 à C3 sont significativement différentes entre les deux groupes uniquement pour ce qui concerne le nombre de tâches entamées ($p = .01$), qui augmente beaucoup plus chez les sujets trau-

matisés crâniens. Concernant le nombre de regards au chronomètre, ce groupe montre seulement une tendance ($p = .08$) à réagir différemment des sujets contrôles par une augmentation plus importante que ceux-ci (voir Tableau 7).

DISCUSSION

La comparaison des résultats entre les deux groupes, dans les conditions classiques de passation (C1), fait ressortir de manière significative de moins bonnes performances pour les 12 traumatisés crâniens graves. Par surcroît, la fonction discriminante a permis de distinguer parfaitement les individus qui font partie du groupe contrôle de ceux qui font partie du groupe traumatisés crâniens. Ces derniers, rappelons-le, ne présentent pourtant plus de déficits neuropsychologiques majeurs, tant sur le plan mnésique que frontal. Cependant, ne négligeons pas le fait que la méthode utilisée pour montrer cette absence de déficit aux épreuves classiques repose, quant à elle, sur l'analyse des performances individuelles.

En conséquence, et bien que notre méthode ne permette pas de comparer la sensibilité des différents tests, les résultats sont compatibles avec l'hypothèse suivant laquelle le test des six éléments constitue une épreuve sensible, ainsi que le pensent ses auteurs Shallice et Burgess, et qui solliciterait d'autres processus que les tests classiques. Les traumatisés crâniens traitent moins d'items, passent plus de temps sur une même tâche et donc, en 15 minutes, entament moins de tâches que les sujets contrôles. Ces observations s'accordent avec le ralentissement souvent décrit chez cette population, mais peuvent évoquer aussi un trouble de la flexibilité mentale. Or, nous verrons comment les résultats de la deuxième partie de notre étude nous conduisent à d'autres hypothèses.

Ces résultats mettent aussi en évidence un déficit au niveau de l'organisation temporelle du comportement. Cet élément conforte la théorie de Fuster (1989) sur l'intégration temporelle comme fonction de base des systèmes frontaux, la programmation permettant l'élaboration d'un plan d'action à partir de l'utilisation de données maintenues en représentation interne.

De plus, les sujets regardent très peu le chronomètre et gèrent mal le temps qui leur est imparti. Cette observation pourrait s'apparenter aux difficultés que rencontrent les traumatisés crâniens lors de la réalisation simultanée de deux tâches (Van Zomeren, 1995), ceux-ci privilégiant une tâche par rapport à l'autre. Là encore, nous verrons que les difficultés des traumatisés crâniens dans le test des six éléments peuvent appeler une autre interprétation.

Quoi qu'il en soit, si ce test permet d'évaluer le SAS selon Norman et Shallice (1980), alors le groupe des traumatisés crâniens présente bien un déficit du SAS. Ces résultats vont dans le sens de ceux de Shallice et Burgess (1991) et de Van Der Linden et al. (1992). Ils évoquent également l'observation de Eslinger et Damasio (1985) à propos des lobes frontaux : une réussite aux tests classiques n'exclut pas des troubles comportementaux.

Dans ce sens, le caractère « écologique » du test des six éléments le rend d'autant plus intéressant. En effet, le développement récent d'un courant d'évaluation neuropsychologique « écologique » se justifie par le fait que les tests classiques diffèrent des situations rencontrées dans la vie quotidienne sur plusieurs points : par exemple, l'initiation est déclenchée par l'examineur, le but est également fixé par celui-ci, et aucun choix n'est sollicité de la part du sujet. Les tests dits « écologiques » mettent le sujet dans une situation plus ouverte, et en cela, plus proche de la réalité. De récents travaux vont dans le sens de la validation écologique et du caractère prédictif de ce type d'outils : dans une étude de Norris et Tate (2000), les résultats à trois subtests de la BADS (Behavioral Assessment of the Dysexecutive Syndrome), dont une version modifiée du test des six éléments, sont corrélés à un questionnaire de mesures psychosociales : la RFS de McPheeters (1984). Le test des six éléments lui-même serait fortement corrélé au Questionnaire Dysexécutif (DEX) de Burgess, Alderman, Wilson, Evans et Emslie (1996), et plus particulièrement à un facteur que les auteurs nomment « intentionnalité » (Burgess et al., 1998).

La deuxième partie de notre étude apporte quelques éléments pour une analyse plus fine du dysfonctionnement du SAS, même si la prudence s'impose quant à l'interprétation des résultats, du fait de la réalisation

des trois conditions expérimentales par trois groupes différents, et du fait du petit nombre de nos effectifs.

La comparaison des prestations dans la réalisation du test entre les traumatisés crâniens de la condition C2, avec une phase de planification préalable, et ceux de la condition C1 (passation classique) ne montre pas de différence : le temps attribué à la planification écrite de l'action n'améliore pas les performances des traumatisés crâniens au test des six éléments.

Pour la condition C2, lors de la phase de production d'un plan écrit, les traumatisés crâniens ne se donnent pas les moyens d'organiser un plan d'action adapté au but de l'exercice qui est d'obtenir le maximum de points. L'ordre de présentation des tâches dans le plan, souvent identique à celui de la feuille de consignes, manifeste plus ou moins un phénomène d'adhérence et une absence de « créativité ». De plus, leur empressement à entrer dans l'action marque une certaine impulsivité.

Par ailleurs, la faible attention accordée au chronomètre montre qu'ils ne pensent pas à organiser leur plan de travail en fonction des contraintes temporelles imposées. Sur un plan quantitatif, les traumatisés crâniens restent très inférieurs en termes de nombre d'items réalisés et de tâches entamées.

Finalement, dans chacune des deux conditions C1 et C2, les traumatisés crâniens ne semblent pas avoir les mêmes intentions que les sujets contrôles. En effet, ils souhaitent réaliser entièrement chaque tâche entamée, malgré les règles apprises et semblant comprises. Ils semblent rencontrer des difficultés pour extraire la signification intrinsèque d'une règle et pour identifier le but. D'après Shallice et Burgess (1991), la création de marqueurs s'effectuerait au moment de la compréhension des règles. Chez les traumatisés crâniens, qui pourraient présenter un déficit d'activation et de sélection des schémas, la « création » de marqueurs ne semble pas s'opérer.

Lors de la condition C3, le fait d'intervenir dans la phase de planification, de poser avec eux explicitement des questions (Quel est le but ? Comment peut-on faire pour réaliser au mieux l'exercice ?), et d'amener les sujets petit à petit à obtenir les bonnes réponses par une discussion aboutissant au plan standard, entraîne des résultats intéressants. En effet, les traumatisés crâniens se comportent par la suite, au moment de l'exé-

cution, comme les sujets contrôles : ils normalisent leur comportement. Rappelons qu'ils n'ont pourtant pas le plan écrit sous les yeux. Le temps maximal passé sur une tâche est réduit, les sujets entament plus de tâches, ils se montrent même beaucoup plus enclins, par exemple, à abandonner un problème arithmétique trop complexe, pour réaliser le suivant : ils font preuve de flexibilité mentale et sont mieux organisés. De plus, ils regardent régulièrement le chronomètre (c'est la variable la plus sensible à cette condition expérimentale) et gèrent correctement le temps. Ils ne présentent pas de difficultés à gérer deux aspects simultanément : le contrôle du temps et le déroulement des tâches.

Outre le retentissement d'une planification préalable sur le comportement exécutif des patients traumatisés crâniens, l'intérêt de notre étude réside également dans le fait de savoir si ceux-ci sont plus sensibles à ces manipulations expérimentales que les sujets contrôles. C'est le cas pour la différence de comportement entre la condition C1 et la condition C3.

Les résultats sont un peu différents concernant la comparaison entre les conditions C2 et C3 : les sujets traumatisés crâniens diffèrent significativement des sujets contrôles uniquement sur le nombre de tâches entamées (variation significative), et sur les regards au chronomètre (tendance), mais cette manipulation expérimentale affecte aussi le comportement des sujets contrôles (même si l'effet est moins marqué pour ce groupe). S'il est difficile d'interpréter ces réactions des sujets contrôles, en revanche nous constatons que ceux-ci ne présentent pas de modification dans leur degré d'organisation, avec un nombre de tâches entamées qui ne varie pas, contrairement aux sujets traumatisés crâniens.

D'une manière générale, une remarque s'impose : la différence de sensibilité aux conditions expérimentales entre les deux groupes est à manipuler avec prudence, en raison des effets « plafond » chez les sujets contrôles en condition C1.

Les résultats obtenus par le groupe des traumatisés crâniens ne sont pas sans évoquer les travaux de Luria et Tsvetkova (1967), ou encore ceux de Derouesné, Seron et Lhermitte (1975) montrant les effets positifs d'une régulation externe des différentes phases de l'exécution d'une activité. Cependant, dans ces études, les activités sont différentes puisqu'elles concernent soit une résolution de problèmes arithmétiques, soit d'autres tâches, mais impliquant toujours la répétition de mêmes

séquences comportementales (PM38, cubes de Kohs, ou encore coloriage de diagramme de figures géométriques simples). Il semble que le test des six éléments nécessite la mise en jeu de processus différents tels que la flexibilité et le choix (par la nécessité d'abandonner une tâche pour passer à la suivante), l'intention, et la prise en compte de contraintes temporelles. Enfin, ce test privilégie le nombre de changements de tâches plutôt que la réalisation complète d'une seule. De plus, dans la situation du test des six éléments avec une programmation (condition C3), la régulation externe est uniquement préalable à l'exécution, et plus aucun accompagnement n'est proposé en cours de réalisation, contrairement à ce qui était préconisé par ces auteurs.

Nous proposons une interprétation de nos résultats en termes de création de marqueurs, opérée au moment de la planification préalable dans cette condition C3. Selon Shallice et Burgess (1991), on peut parler de déclenchement de marqueurs lorsqu'il y a interruption de l'action au cours de la réalisation pour une réévaluation de la situation, ou éventuellement modification du plan initial. Pour les traumatisés crâniens de la condition C2, il semble difficile de parler de troubles de déclenchement de marqueurs, puisque c'est la création elle-même qui ne paraît pas s'être réalisée. Cependant, pour les traumatisés crâniens soumis à la condition C3, qui se comportent comme les témoins, il semble que le déclenchement de marqueurs préalablement induits se réalise.

Ainsi, sur un plan cognitif, les résultats obtenus selon les trois conditions expérimentales de cette étude tendent à montrer une dissociation entre la création et le déclenchement de marqueurs. Les traumatisés crâniens présenteraient plutôt un déficit de la création et une préservation du déclenchement de marqueurs.

CONCLUSION

Le test des six éléments, outre son caractère écologique, apparaît donc comme un outil sensible et pertinent dans l'évaluation des fonctions exécutives des traumatisés crâniens en phase de réinsertion. Il permet vraisemblablement d'appréhender d'autres processus que ceux évalués par les tests neuropsychologiques classiques. Les corrélations de cet outil

avec le questionnaire dysexécutif (Burgess et al., 1998) augmentent encore l'intérêt de son utilisation.

D'un point de vue théorique, les manipulations expérimentales de cette recherche ont permis de confirmer une altération du SAS pour ce type de population. Il en ressort une dissociation entre l'incapacité des sujets à « créer » des marqueurs et l'aptitude à « déclencher » des marqueurs préalablement créés. Finalement, la formulation du but, la planification et la création d'indices pertinents pour la résolution de l'épreuve constitueraient le point faible des traumatisés crâniens. En revanche, sous certaines conditions, ces derniers peuvent montrer, au moment de l'exécution, une bonne flexibilité mentale, une bonne gestion du temps, finalement de bonnes capacités d'organisation des tâches. Le fait de passer du temps sur la compréhension des consignes, sur l'énonciation du but et sur les différentes stratégies de résolution, amène les sujets à se comporter normalement dans la passation du test des six éléments.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'équipe du Centre Ressources pour Lésés Cérébraux de Grenoble, et plus particulièrement James Charanton et Patricia Segal.

ABSTRACT

Following traumatic brain injury, certain persons continue to encounter difficulties organizing their daily lives despite normal neuropsychological evaluation. Teams dealing with social and vocational rehabilitation are confronted to the absence of reliable assessment tools and poor comprehension of the underlying processes. Shallice and Burgess (1991) designed a test, known as the Six Element Test, which appears to be sufficiently sensitive to reveal executive deficit in this population. Our study of 24 brain-injured subjects revealed a deficit, and

additional analyses using different conditions suggested that they may improve their performance when they are helped to plan: against all expectations, in certain conditions, they present the same behaviour as the control group in terms of mental flexibility, time management and organisation. Over and above confirming the test's sensitivity, in a theoretical framework and with reference to Norman and Shallice's (1980) model, our study supports the idea of the supervisory system being fractioned. These subjects present a selective deficit for marker « creation » whereas their capacity to « trigger » previously created markers is preserved.

BIBLIOGRAPHIE

- Alexander, G. E., & Crutcher, M. D. (1990). Functional architecture of basal ganglia circuits: neural substrates of parallel processing. *Trends in Neuroscience*, 13, 266-270.
- Azouvi, P., Hurtier, O., Tougeron, A., Fontaine, A., De Collason, P., Deferriere, H., Frija, G., Schouman-Claeys, E., Held, J.-P., & Bussel, B. (1993). Imagerie par résonance magnétique et séquelles neurologiques des traumatisés crâniens graves. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 36, 157-167.
- Burgess, P. W., Alderman, N., Wilson, B. A., Evans, J., & Emslie, H. (1996). The Dysexecutive questionnaire. In B. A. Wilson, N. Alderman, P. W. Burgess, H. Emslie, & J. J. Evans (Eds.), *Behavioral assessment of the executive syndrome*. Bury St. Edmunds, UK: Thames Valley Test Company.
- Burgess, P. W., Alderman, N., Evans, J., Emslie, H., & Wilson, B. (1998). The ecological validity of executive function. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 4, 547-558.
- Cohadon, F., Castel, J.-P., Richer, E., Mazaux, J.-M., & Loiseau, H. (1998). *Les traumatisés crâniens, de l'accident à la réinsertion*. Vélizy-Villacoublay: Arnette.
- Derouesné, J. Seron, X., & Lhermitte, F. (1975). Rééducation de patients atteints de lésions frontales. *Revue Neurologique*, 131, 677-689.
- Eslinger, P. J., & Damasio, A. R. (1985). Severe disturbance of higher cognition after bilateral frontal lobe ablation, patient E.V.R. *Neurology*, 35, 1731-1741.
- Fuster, J. M. (1989). *The prefrontal cortex*, 2nd Edition. New York: Raven Press.

- Garnier, C., Enot-Joyeux, F., Jokic, C., Le Thiec, F., Desgranges, B., & Eustache, F. (1998). Une évaluation des fonctions exécutives chez les traumatisés crâniens : l'adaptation du test des six éléments. *Revue de Neuropsychologie*, 8, 385-414.
- Goldstein, L. G., Bernard, S., Fenwick, P. B. C., Burgess, P. W., & McNeil, J. (1993). Unilateral frontal lobectomy can produce strategy application disorder. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 56, 274-276.
- Heaton, S. K., & Thompson, L. L. (1995). *Wisconsin Card Sorting Test*: Psychological Assessment Resources, Inc.
- Jennett, B., & Teasdale, G. (1974). Assessment of coma and impaired consciousness, a practical scale. *Lancet*, 13, 71-83.
- Levine, B., Stuss, D. T., Milberg, W. P., Alexander, M. P., Schwartz, M., & Macdonald, R. (1998). The effects of focal and diffuse brain damage on strategy application: Evidence from focal lesions, traumatic brain injury and normal aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 4, 247-264.
- Lezak, M. D. (1982). The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology*, 17, 281-297.
- Luria, A. R. (1980). *Les fonctions corticales de l'homme*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Luria, A. R., & Tsvetkova, L. S. (1964). *Les troubles de la résolution de problèmes. Analyse neuropsychologique*. Paris: Gauthier-Villars.
- McPheeters, H. L. (1984). Statewide mental health outcome evaluation: A perspective of two southern states. *Community Mental Health Journal*, 20, 44-55.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1980). *Attention to action. Willed and automatic control of behavior*. University of California, San Diego, CHIP report n° 99.
- Norris, G., & Tate, R. L. (2000). The Behavioral Assessment of the Dysexecutive Syndrome (BADS): Ecological, concurrent and construct validity. *Neuropsychological Rehabilitation*, 10, 33-45.
- North, P. (1995). Troubles attentionnels post-traumatiques : évaluation à l'aide d'une batterie de tests informatisés. In C. Bergego & P. Azouvi (Eds.), *Neuropsychologie des traumatismes crâniens graves de l'adulte*. Paris: Frison Roche.
- Raven, J. C. (1981). *PM38 Progressive Matrices Standard*. Issy-les-Moulineaux: Editions scientifiques et psychotechniques.
- Shallice, T., & Burgess, P. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114, 727-741.
- Signoret, J.-L. (1991). *Batterie d'efficiences mnésiques*. Collection esprit et cerveau. Paris: Edition scientifique Elsevier.

- Sirigu, A., Zalla, T., Pillon, B., Grafman, J., Agid, Y., & Dubois, B. (1996). Encoding of sequence and boundaries of scripts following prefrontal lesions. *Cortex*, 32, 297-310.
- Van Der Linden, M., Coyette, F., & Seron, X. (1992). Selective impairment of the central executive component of working memory: a single case study. *Cognitive Neuropsychology*, 9, 301-306.
- Van Der Linden, M, Meulemans, T., Seron, X., Coyette, F., Andres, P., & Prairial, C. (2000). L'évaluation des fonctions exécutives. In X. Seron & M. Van Der Linden (Eds.), *Traité de neuropsychologie clinique, tome 1*. Marseille: Solal.
- Van Zommeren, A. H. (1995). Attentional disorders after severe closed injury. In C. Bergego & P. Azouvi (Eds.), *Neuropsychologie des traumatismes crâniens graves de l'adulte*. Paris: Frison Roche.