

Les capacités d'inhibition : une fonction « frontale » ?

Pilar Andres, Martial Van Der Linden

Service de neuropsychologie, Université de Liège, boulevard du Rectorat, B 33 Sart Tilman, B-4000 Liège

KEYWORDS: Frontal lobe; Inhibition; Memory; Stroop test; WCST

ABSTRACT

It has been strongly suggested that one important function related to frontal lobes is inhibition. However, a review of the literature on classical tests of inhibition (Stroop test, WCST, and AB-AC learning) suggests that this hypothesis is not well established. We further examined this hypothesis using short-term and long-term directed forgetting tasks (Reed, 1970; Zacks et al., 1996), the Stroop test and the Hayling test (Burgess and Shallice, 1996) in 13 patients with focal frontal lesions. The results revealed short-term and long-term memory deficits and a slowing down, but no inhibition deficit compared with control subjects. These results question the relevance of the hypothesis of the frontal lobe as the unique substrate of inhibitory mechanisms. More generally, they address the issue of executive functions: are these sustained by the frontal cortex or by a cortical and subcortical diffuse neural network?

Un déficit affectant les mécanismes d'inhibition a classiquement été associé à la présence d'une lésion touchant les lobes frontaux. Ainsi, une sensibilité accrue à l'interférence a souvent été décrite chez les patients frontaux, et ce depuis la description du célèbre patient Phineas Gage (Harlow, 1968 ; voir Stuss, 1991 pour une revue de la littérature). Cette sensibilité excessive à l'interférence chez des patients frontaux a été retrouvée dans des travaux plus récents (Vérité et al., 1993), mais la nature de ce déficit n'a pas encore été clairement établie.

Les données classiques sur lesquelles les neuropsychologues se sont essentiellement fondés pour soutenir l'hypothèse d'un déficit d'inhibition chez les patients frontaux sont souvent issues d'études dont la méthodologie n'est pas exempte de problèmes. Ainsi, Luria (1966), dont les travaux ont profondément influencé les modèles contemporains du fonctionnement frontal tels que celui de Shallice (1988), rapporte des signes de désinhibition (perséverations, stéréotypies, désinhibition comportementale, etc.) chez des patients frontaux. Cependant, les études à partir desquelles l'auteur a tiré ses conclusions ont fait l'objet de nombreuses critiques. Premièrement, bon nombre d'interprétations proposées par Luria sont issues soit d'observations cliniques individuelles présentées sur un mode illustratif, soit de travaux réalisés avec une méthodologie expérimentale mal contrôlée. En deuxième lieu, les travaux de Luria sont fondés principalement sur des patients traumatisés crâniens ou ayant souffert de tumeurs, pour lesquels il est souvent malaisé de préciser la localisation des lésions. De plus, à l'époque de Luria, les techniques d'imagerie cérébrale étaient inexistantes, ce qui empêchait un contrôle rigoureux de la localisation et de l'étendue des lésions. Enfin, un nombre considérable de cas rapportés par Luria concernent des patients présentant des lésions massives, examinés avant ou juste après une intervention chirurgicale.

Outre les travaux de Luria, plusieurs auteurs ont également interprété les troubles observés chez des patients frontaux à certains tests, comme par exemple le test de Stroop (1935) et le test de classement de Wisconsin (WCST ; Grant et Berg, 1948 ; Nelson, 1976) comme étant l'expression d'un déficit d'inhibition.

1. Lésion frontale et test de Stroop

Perret (1974) fut le premier à montrer que les patients atteints d'une lésion (tumeur) frontale gauche étaient particulièrement sensibles à l'effet Stroop. L'effet Stroop renvoie au fait que, si on demande à un sujet de nommer la couleur de l'encre dans laquelle est écrit un stimulus, il mettra beaucoup plus de temps pour dire « vert » en face du mot « rouge » écrit en vert qu'en face du stimulus contrôle « XXXX » écrit lui-aussi en vert. La version du test de Stroop utilisée par Perret est composée de trois conditions : dans la première (couleurs), le sujet doit dénommer le plus rapidement possible des carrés de couleur ; dans la deuxième (mots), le sujet doit dénommer la couleur de mots ; dans la troisième (interférence), le sujet doit dénommer la couleur de noms de couleurs qui sont écrits dans une couleur qui ne correspond pas à celle que le mot désigne. La mesure utilisée était le temps de réponse pour chaque condition, le nombre d'erreurs n'ayant pas été analysé. Perret a comparé la performance de patients atteints de lésions frontales ou postérieures à celle d'un groupe de sujets de contrôle et les résultats montrent que les patients atteints de lésions frontales gauches sont les seuls à être significativement plus lents dans la condition d'interférence.

Les difficultés manifestées par les patients frontaux au test de Stroop ont récemment été confirmées par Richer et al. (1993). En revanche, Stuss (1991) n'a pas observé de sensibilité anormale à l'interférence au test de Stroop chez des patients atteints d'une leucotomie fronto-orbitaire.

Dans un travail plus récent utilisant une version informatisée du test de Stroop dans laquelle les stimuli sont présentés un à un (et non plus par planche), Vendrell et al. (1995) n'observent pas de déficit dans les temps de réponse, mais bien dans le nombre d'erreurs chez un groupe de patients atteints de lésions frontales droites focalisées. Ces résultats suggèrent donc la nécessité de mesurer indépendamment les deux dimensions de la performance, à savoir les temps de réponse et le nombre d'erreurs. Par ailleurs, les auteurs montrent que les patients victimes d'une lobectomie préfrontale gauche ne commettent pas plus d'erreurs que les sujets de contrôle. Ces résultats ne rejoignent manifestement pas ceux obtenus par Perret (1974) et Richer et al. (1993). Comme Vendrell et al. le suggèrent, il se pourrait que ces discordances soient liées à un biais de sélection des patients. En effet, Perret a testé ses patients avant une opération destinée à enlever une tumeur. Il est dès lors possible que les déficits observés soient liés à un effet de masse causé par la tumeur et provoquant un désordre cérébral plus global. Il faut par ailleurs noter que différentes régions cérébrales (pas uniquement frontales) semblent être activées lors de la réalisation de la tâche de Stroop. En plus d'une forte activation du gyrus angulaire, Pardo et al. (1990) ont observé une activation bilatérale pérstriée, des activations des régions prémotrices et postcentrales gauches, du putamen gauche, de l'aire motrice supplémentaire, et de la région temporale droite.

Enfin, dans une étude plus récente, Ahola, et al. (1996) ont administré différentes tâches « frontales », dont le test de Stroop, à un vaste groupe de patients victimes d'une rupture d'anévrisme ayant provoqué des lésions de localisations diverses. Les analyses révèlent que les patients atteints de lésions frontales ne présentent pas de sensibilité à l'interférence au test de Stroop par rapport aux autres patients.

En résumé, les études ayant analysé la performance des patients frontaux au test de Stroop sont peu nombreuses. Par ailleurs, ces études semblent indiquer qu'une lésion touchant les régions frontales n'est pas forcément impliquée dans le déficit. De plus, les travaux ayant observé une contribution des régions frontales

soulèvent différentes questions. Ainsi, dans l'étude de Perret (1974), il est possible qu'un effet de masse soit, à l'origine du déficit. Il faut également relever que des résultats différents apparaissent selon qu'on examine les temps de réponse ou les erreurs. Enfin, il est possible que le mode de présentation (les stimuli présentés ensemble sur une carte ou plutôt un à un sur ordinateur) joue un rôle important dans les résultats obtenus.

Lésion frontale et test de Wisconsin Un deuxième argument classiquement utilisé par certains auteurs pour attribuer un déficit d'inhibition aux patients frontaux concerne l'existence d'erreurs persévératives.

Cette tendance à persévéérer a été expérimentalement étudiée chez les patients frontaux au moyen du test de classement de cartes de Wisconsin (WCST). Rappelons que ce test consiste à présenter au sujet un ensemble de cartes sur lesquelles figure un motif composé de formes qui varient selon la couleur, la forme ou le nombre. On demande au sujet de ranger les cartes (une à une) en tas suivant un critère de classement : il peut par exemple choisir la couleur. Une fois qu'un critère de classification est correctement appliqué, il est demandé au sujet de changer de critère. Dans cette tâche, une persévération consiste à adopter un critère de classement en dépit du feedback négatif qui a été précédemment fourni par l'examinateur.

Dès 1963, Milner note que les patients qui ont subi une excision frontale dorsolatérale font significativement plus d'erreurs persévératives que les patients qui ont subi une excision touchant d'autres aires cérébrales. Dans une revue récente de la littérature, Mountain et Snow-William (Mountain et Snow-William, 1993) montrent que six études confirment les conclusions de Milner (Milner, 1964). En revanche, quatre études n'observent pas que les patients frontaux produisent plus de persévération que les autres patients. De plus, la littérature fournit un nombre important de données montrant que des sujets atteints de lésions non frontales ou non limitées aux régions frontales peuvent eux aussi présenter des signes de persévération importants au WCST. Ainsi, par exemple, Anderson, et al. (Anderson et al., 1991) étudient 91 patients avec atteinte soit frontale, soit frontale étendue, soit non frontale. Les auteurs ne relèvent aucune différence entre les patients frontaux et non frontaux. De plus, ils observent que six patients frontaux obtiennent des performances totalement correctes alors que six patients non frontaux montrent des résultats déficitaires. En conclusion, tout comme pour le test de Stroop, il n'existe pas actuellement d'arguments cohérents en faveur d'une association univoque entre un nombre excessif de persévération au WCST et une lésion frontale focalisée.

2. Lésion frontale et sensibilité à l'interférence proactive en mémoire

Une série de travaux plus récents ont exploré la capacité d'inhiber une information non pertinente chez des patients frontaux dans des tâches de mémoire. En particulier, quelques études ont exploré la sensibilité à l'interférence proactive (c'est-à-dire l'effet négatif d'un apprentissage antérieur sur l'apprentissage d'un nouveau matériel) au moyen d'une procédure de type AB-AC. Cette procédure consiste à faire apprendre aux sujets deux listes de mots-stimuli (A) sémantiquement associés à des mots-réponses différents (B ou C) lors de deux phases consécutives : durant la première phase, les sujets doivent apprendre la première liste AB (dont une des paires est par exemple « herbe-pelouse ») et, dans la deuxième phase, ils doivent apprendre la liste AC (« herbe-prairie »). La phase de test consiste à demander au sujet de fournir les mots (B ou C) associés aux mots-stimuli (A). La présence d'une sensibilité excessive à l'interférence proactive se manifeste, lors de la deuxième phase, par un grand nombre d'intrusions de mots B en lieu et place de mots C (« pelouse » à la place de « prairie »).

Van Der Linden et al. (1993) ont comparé les performances à cette tâche chez des patients opérés pour une

rupture d'anévrisme de l'artère communicante antérieure (patients ACoA, lesquels présentent fréquemment des lésions frontales) et chez des sujets de contrôle. Les résultats montrent que le nombre d'essais requis par les patients ACoA pour apprendre la deuxième liste (AC) est supérieur à celui des sujets de contrôle. Par ailleurs, une corrélation significative est observée entre l'apprentissage de la seconde liste (AQ par les patients et leurs performances dans la condition d'interférence au test de Stroop). L'analyse des erreurs indique en outre que les intrusions (le nombre de mots provenant de la première liste et qui représente une mesure directe de l'interférence proactive) sont plus fréquentes chez les patients, tandis que le nombre d'erreurs sémantiques est équivalent dans les deux groupes. Plus récemment, Shimamura et al. (1995) ont obtenu des résultats similaires chez des patients atteints de lésions frontales dorsolatérales.

Dans la même perspective, Uhl, Podreka et Deeecke (1994) ont étudié chez des sujets normaux les modifications de métabolisme cérébral lors de la réalisation d'une tâche de type AB-AC, l'enregistrement étant effectué au milieu de l'encodage de la deuxième liste. Les résultats montrent une augmentation significative des activations dans la région frontale moyenne antérieure droite dans la condition d'interférence, par rapport à une condition de contrôle dans laquelle la deuxième liste ne partage aucun mot cible avec la première (apprentissage AB-CD). Ces résultats sont interprétés par les auteurs comme reflétant l'implication des lobes frontaux durant l'inhibition de l'interférence proactive.

Ces expériences suggèrent donc que le lobe frontal joue un rôle important dans la résistance à l'interférence. Selon Shimamura (1995), les déficits observés chez les patients frontaux dans le paradigme AB-AC seraient liés à une perturbation des mécanismes d'inhibition, et cette perturbation pourrait constituer un facteur explicatif général pour toute une série de problèmes rencontrés chez les patients frontaux, qu'il s'agisse de troubles mnésiques, attentionnels, de résolution de problèmes, etc. Il existe cependant quelques données qui ne sont pas totalement compatibles avec une telle conception. Ainsi, dans différentes expériences, Gershberg et Shimamura (1995) ont exploré, chez des patients frontaux et des sujets de contrôle, les effets de l'interférence proactive en comparant l'apprentissage de deux listes de mots ou images présentées consécutivement. Globalement, les résultats obtenus appuient peu l'hypothèse d'une vulnérabilité à l'interférence chez les patients frontaux.

Il faut en outre noter qu'une série d'auteurs s'interrogent actuellement sur l'implication des mécanismes d'inhibition dans la tâche AB-AC. Ainsi, Winocur, et al. (1996) suggèrent que la sensibilité accrue à l'interférence observée chez des sujets âgés dans une tâche AB-AC pourrait être davantage liée à une perturbation de la mémoire explicite (ce qui oblige les sujets à se fonder sur des processus de mémoire implicite) qu'à un déficit touchant les mécanismes d'inhibition. Notons enfin que Winocur et al. observent également que des patients ayant subi une lobectomie temporaire gauche montrent eux aussi un nombre d'intrusions très élevé dans la tâche AB-AC, ce qui indique qu'une lésion limitée à la région temporaire gauche est suffisante pour provoquer une sensibilité accrue à l'interférence. Il se pourrait par conséquent que la présence d'un grand nombre d'intrusions dans une tâche de type AB-AC puisse être la conséquence de déficits (conjoints ou isolés) se situant à différents niveaux, et que seules les performances de certains patients frontaux traduiraient l'existence d'un déficit spécifique d'inhibition (Stubs, 1991), (Zacks et Hasher, 1994).

3. Lésion frontale et test de Hayling

Selon Shallice (1988), la capacité d'inhiber une information ou une réponse non pertinente constitue une des fonctions remplies par le système attentionnel de supervision (SAS), lequel serait sous la dépendance des lobes frontaux. Rappelons que Shallice s'est servi du modèle de contrôle attentionnel proposé par Norman et Shallice

(1980) pour interpréter les déficits cognitifs observés à la suite d'une lésion frontale. Selon ce modèle, la plupart des actions en cours dépendent de l'activation de schémas d'action qui requièrent peu de contrôle attentionnel. Lorsqu'un conflit entre différents schémas intervient, il est pris en charge par des processus semi-automatiques de résolution de conflits. Il existerait par ailleurs un système attentionnel de supervision (SAS) qui interviendrait quand la sélection des schémas d'action ne suffit pas. Ce système interviendrait notamment dans les situations qui exigent d'inhiber une réponse habituelle.

Dans ce contexte théorique, la capacité d'inhiber une réponse dominante a récemment été étudiée par Burgess et Shallice (1996) au moyen du test de Hayling. Ce test se compose de deux parties durant lesquelles l'examineur lit aux patients 15 phrases lacunaires auxquelles il manque le dernier mot. Dans la partie A, le sujet doit compléter chaque phrase avec le mot qui lui semble le plus approprié (par exemple, Le matin le soleil se lève). Dans la partie B, le sujet doit fournir une réponse qui n'entretient aucune relation sémantique avec la phrase (par exemple, Bruxelles est une grande... banane).

Ce test a été administré à un groupe de 91 patients présentant une lésion touchant les lobes frontaux (patients frontaux) ou les épargnant (patients postérieurs). Les résultats de l'étude mettent en évidence un ralentissement aux deux parties du test chez les patients frontaux par rapport aux sujets de contrôle, mais pas par rapport aux patients postérieurs. De plus, afin de mesurer l'effet des exigences supplémentaires de la partie B du test, la différence entre le temps de latence des deux parties a été calculée pour chaque sujet. Les résultats montrent que cette différence est plus importante chez les patients frontaux que chez les sujets de contrôle alors que les autres comparaisons entre groupes (sujets de contrôle vs patients postérieurs et patients postérieurs vs patients frontaux) ne mettent pas en évidence de différence significative. Par ailleurs, dans la partie B du test, les patients frontaux commettent plus d'erreurs que les sujets de contrôle et que les patients postérieurs.

Rappelons cependant qu'une critique méthodologique importante peut être adressée au travail de Burgess et Shallice (1996) concernant notamment les critères de sélection des patients étudiés. Pour ces auteurs, est inclus dans le groupe frontal tout patient dont la lésion touche les lobes frontaux et ne concerne pas plus de deux lobes. De plus, les patients sont examinés en majorité en condition préopératoire (Burgess, communication personnelle), ce qui augmente la probabilité qu'existaient un effet plus important que celui qu'induirait une lésion circonscrite. Dans ces conditions, un patient « frontal » n'est pas défini par l'exclusivité de l'atteinte frontale, mais par l'inclusion de l'aire frontale au sein d'une lésion qui peut être plus étendue (voir également Luria, 1966).

Par ailleurs, une étude récente par tomographie à émission de positons récente (Nathaniel-James, et al. 1997) contribue à mettre en question l'hypothèse du substrat frontal des mécanismes d'inhibition dans le test de Hayling. En effet, les régions activées chez six sujets normaux lors de la réalisation des deux parties du test de Hayling se sont avérées très similaires, à savoir, l'opercule frontal gauche (aire 45 de Brodmann), le gyrus frontal inférieur (aire 45 de Brodmann), et la région angulaire droite (aire 32 de Brodmann), et ceci sans que la partie B « inhibition » du test n'implique d'activations supplémentaires par rapport à la partie A « initiation ».

En conclusion, il existe différentes données qui suggèrent l'existence chez des patients frontaux de difficultés à inhiber une information ou une réponse non pertinente. Cependant, ces données sont parfois discordantes ; dans certains cas, elles soulèvent des problèmes méthodologiques et, souvent, elles se prêtent à d'autres types d'interprétation (Shaluce et Burgess, 1991).

4. Un réexamen du lien entre lésion frontale et inhibition

Au vu des difficultés d'interprétation des données existantes, nous avons récemment réexaminié l'hypothèse d'une relation entre lésion frontale focalisée et mécanismes inhibiteurs (Andres, 1997 ; Andres et Van Der Linden, 1996 ; Andres et Van der Linden, 1997). Pour ce faire, nous avons administré à 13 patients présentant une lésion limitée aux lobes frontaux et à 13 sujets de contrôle différentes tâches visant à explorer la capacité d'inhibition.

D'une part, les sujets ont été soumis à deux tâches d'oubli dirigé à court et à long terme. Certaines théories récentes ont en effet tenté d'interpréter ces phénomènes d'oubli dirigé en mettant l'accent sur le rôle des mécanismes inhibiteurs (Bjork, 1989). La procédure d'oubli dirigé à court terme est une adaptation de la tâche élaborée par Reed (1970). On présente aux sujets trois consonnes (trigramme) qu'ils doivent rappeler après un court délai comblé par une tâche interférente, et ce dans trois conditions différentes : présentation d'un seul trigramme (condition de contrôle), présentation de deux trigrammes et rappel du premier (condition d'interférence), et présentation d'un trigramme suivi par un deuxième qui est dit « à oublier » (condition d'oubli dirigé). Les résultats obtenus par Reed chez de sujets normaux montrent que la performance en rappel dans la condition d'interférence est inférieure à celle observée dans les deux autres conditions, et surtout que le rappel dans la condition d'oubli dirigé est équivalent à celui dans la condition de contrôle. Ces résultats suggèrent que les consignes demandant aux sujets d'oublier le deuxième trigramme ont permis d'éliminer les effets d'interférence observés dans la deuxième condition.

La tâche d'oubli dirigé à long terme a été adaptée de celle utilisée par Zacks, et al. (1996). Quatre listes de mots sont successivement administrées aux sujets. Dans chacune des listes, certains mots sont étiquetés comme étant « à oublier », d'autres « à retenir ». Après la présentation de chacune des listes, les sujets doivent rappeler le plus de mots possible qui ont été présentés comme étant « à retenir » (rappel conditionnel). Après la présentation des quatre listes, on leur demande de rappeler les mots qu'ils devaient retenir et ceux qu'ils devaient oublier (rappel inconditionnel). Dans cette tâche, un déficit d'inhibition devrait conduire à des intrusions d'items « à oublier » dans le rappel conditionnel des mots « à retenir » et au rappel d'un plus grand nombre d'items « à oublier » dans la phase de rappel inconditionnel.

Les résultats n'ont montré aucun signe de déficit d'inhibition chez les patients frontaux dans la tâche d'oubli dirigé à court terme en dépit du fait que la mémoire à court terme des patients était globalement inférieure à celle des sujets de contrôle. Par ailleurs, dans la tâche d'oubli dirigé à long terme, les résultats montrent à nouveau un rappel globalement inférieur chez les patients frontaux, mais l'analyse des productions d'items « à oublier » dans les phases de rappel conduit à suggérer que les patients frontaux ne présentent pas de déficit dans les processus d'inhibition lors de la phase de récupération.

Par ailleurs, les capacités d'inhibition ont également été évaluées au moyen des tests de Stroop et de Hayling. Les résultats au test de Stroop ont mis en évidence un ralentissement global chez les patients frontaux. En revanche, aucune interaction entre le groupe et la condition n'a été observée. De plus, la différence entre patients frontaux et sujets de contrôle dans les indices d'interférence et de flexibilité n'atteint pas le seuil de signification. Enfin, les patients frontaux, comme les sujets de contrôle, ont commis peu d'erreurs. Concernant le test de Hayling, les résultats semblent à nouveau indiquer que les patients sont ralenti à la partie B du test, et par conséquent qu'ils mettent plus de temps à rechercher un mot en dehors du champ sémantique et/ou à inhiber la réponse dominante de la phrase qu'à en rechercher un qui la complète réellement et/ou à inhiber la réponse dominante. Néanmoins, les deux groupes de sujets ne diffèrent pas quant au nombre d'erreurs commises. En conclusion, ces données n'apportent pas un soutien particulièrement fort à l'idée selon laquelle les patients frontaux présenteraient un déficit d'inhibition et elles ajoutent au caractère discordant des

résultats déjà obtenus dans la littérature (Raz et al., 1997).

5. Conclusions

On ne dispose pas actuellement d'argument solide permettant d'attribuer un rôle spécifique aux lobes frontaux dans la fonction d'inhibition. Différents problèmes méthodologiques et théoriques peuvent être identifiés dans les études réalisées dans ce domaine. Ainsi, il apparaît que les processus d'inhibition qui sont associés par exemple à l'effet Stroop, à l'oubli dirigé ou au test de Hayling ne constituent vraisemblablement pas des processus homogènes. De plus, certains phénomènes (comme par exemple l'effet d'oubli dirigé) font, en tant que tels, l'objet d'interprétations divergentes. Un autre problème tient au choix des mesures les plus pertinentes et à l'identification précise des processus qui sont mesurés par un score particulier. Ainsi, par exemple, dans le test de Hayling, la difficulté éventuelle manifestée par un patient est-elle liée à un trouble de l'inhibition ou plutôt à une difficulté touchant la recherche de réponses non associées sémantiquement ou les deux ? En outre, on constate que dans ce test, la performance peut également être guidée par des stratégies plus ou moins exigeantes comme par exemple repérer les réponses adéquates en se servant des objets présents dans le bureau d'examen ou plutôt aller rechercher ces informations en mémoire sémantique.

Il faut enfin noter que certains auteurs (Morris, 1994 ; Vilkki et al., 1996) privilégient l'idée selon laquelle les fonctions de supervision (ou certaines d'entre elles), seraient sous la dépendance de régions diffuses dans le cerveau plutôt que des seules régions frontales. Dans ce contexte, il est intéressant de noter que les sujets âgés normaux semblent manifester un déficit net à différentes tâches destinées à évaluer les processus d'inhibition. Ainsi, par exemple, une sensibilité à l'interférence dans le test de Stroop a été fréquemment décrite (Salthouse et Meinz, 1995 ; Spieler et al., 1996). De même, plusieurs études ont mis en évidence une réduction, voire une absence d'effet d'amorçage négatif chez les sujets âgés (par exemple, Tipper, 1991). Enfin, nous avons observé chez les personnes âgées un net déficit d'inhibition aux épreuves qui ont été administrées aux patients frontaux (tâche d'oubli dirigé à court et à long terme, test de Stroop, test de Hayling ; Andrés-Benito, 1997). Or, il est vraisemblable que le vieillissement affecte le fonctionnement cérébral de manière relativement diffuse (même si les effets les plus marqués touchent les régions frontales et hippocampiques). De ce point de vue, on peut se demander s'il n'est pas plus pertinent d'aborder la question des processus inhibiteurs et de leurs déficits suite à une lésion cérébrale sans nécessairement se limiter aux patients avec lésion frontale focalisée.

Références

- Ahola, K., Vilkki, J., Servo, A., 1996. Frontal tests do not detect frontal infarctions after ruptured intracranial aneurysm. *Brain & Cognition* 31, 1-16.
- Anderson, S.W., Damasio, H., Jones, R.D., Tranel, D., 1991. Wisconsin card sorting test performance as a measure of frontal lobe damage. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 13, 909-922.
- Andres, P., 1997. Effets d'une lésion préfrontale et du vieillissement normal sur les fonctions exécutives. Université de Liège Thèse de doctorat non publiée.
- Andres, P., Van Der Linden, M., 1996. Les effets de l'âge et d'une lésion frontale sur les capacités d'oubli dirigé. *Revue de Neuropsychologie* 6, 426-427 [abstract].
- Andres, P., Van Der Linden, M., 1997. Are inhibitory mechanisms working in patients with frontal lobe lesions? Communication orale présentée à la XTV^e Conférence de la British Psychological Society. Bristol.

Bjork, R.A., 1989. Retrieval inhibition as an adaptative mechanism in human memory. In: Roediger III, H.L., Craik, L.L. (Eds.), *Varieties of memory and consciousness: Festchrift for Endel Tulving: Memory research*. NJ: Erlbaum, Hillsdale, pp. 309-331.

Burgess, P.W., Shallice, T., 1996. Response suppression, initiation and strategy use following frontal lobe lesions. *Neuropsychologia* 34, 263273.

Gershberg, F.B., Shimamura, A.P., 1995. Impaired use of organizational strategies in free recall following frontal lobe damage. *Neuropsychologia* 33, 1305-1333.

Grant, D., Berg, E.A., 1948. A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card sorting problem. *Journal of Experimental Psychology* 38, 404-411.

Harlow, J.M., 1968. Recovery from the passage of an iron bar through the head. *Publications of the Massachusetts Medical Society* 2, 327-347.

Luria, A.R., 1966. Higher cortical functions. basic Book, NewYork.

Milner, B., 1964. Some effects of frontal lobectomy in man. In: Warren, J.M., Akert, K. (Eds.), *The frontal granular cortex and behavior*. McGraw-Hill, New York, pp. 313-334.

Morris, R.G., 1994. Working memory in Alzheimer-Type dementia. *Neuropsychology* 8, 544-554.

Mountain, M.A., Snow-William, G., 1993. WCST as a measure of frontal pathology. A review. *Clinical Neuropsychologist* 7, 108-118.

Nathaniel-James, D.A., Fletcher, P., Frith, C.D., 1997. The functional anatomy of verbal initiation and suppression using the Hayling Test. *Neuropsychologia* 35, 559-566.

Nelson, H.E., 1976. A modified card sorting test sensitive to frontal lobe deficits. *Cortex* 12, 313-324.

Norman, D.A., Shallice, T., 1980. Attention to action: willed and automatic control of behavior. In: Davidson, R.J., Schatz, G.E., Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation. Advances in research*, 4. Plenum Press, New York et London, pp. 1-18 Center for human information processing (Technical report ° 99) Reprinted in revised form 1986.

Pardo, J.V., Pardo, P.J., Janer, K.W., Raichle, M.E., 1990. The anterior cingulate cortex mediates processing in the Stroop attentional conflict paradigm. *Proceedings of the National Academy of Science* 87, 256259.

Perret, E., 1974. The left frontal lobe of man and the suppression of habitual responses in verbal categorial behaviour. *Neuropsychologia* 12, 323330.

Raz, N., Gunning, F.M., Head, D., Dupuis, J.H., McQuain, J., Briggs, S.D., et al., 1997. Selective aging of the human cerebral cortex observed in vivo: differential vulnerability of the prefrontal gray matter. *Cerebral Cortex* 7, 268-282.

Reed, H., 1970. Studies of the interference process in short-term memory. *Journal of Experimental Psychology* 84, 452-457.

Richer, F., Décarie, A., Lapierre, M.-F., Rouleau, L., Bouvier, G., Saint- Hilaire, J.-M., 1993. Target detection deficits in frontal lobectomy. *Brain and Cognition* 21, 203-211.

Salthouse, T., Meinz, E., 1995. Aging, inhibition, working memory, and speed. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences* 50, 297-306.

Shallice, T., 1988. From Neuropsychology to mental structure. Cambridge University Press, Cambridge.

Shaluce, T., Burgess, P., 1991. Higher-order cognitive impairments and frontal lobe lesions in man. In: Gazzaniga, M.S. (Ed.), *The Cognitive Neurosciences*. The MIT Press, Cambridge (Mass), pp. 803-814 In H.S. Levin, H.M Eisenberg et al. Benton (Eds Zacks et al., Shimamura A.P. (1995)) *Memory and frontal lobe function*.

Shimamura, A.P., Jurica, P.J., Mangels, J.A., Gershberg, F.B., Knight, R.T., 1995. Susceptibility to memory interference effects following frontal lobe damage: findings from tests of paired-associate learning. *Journal of Cognitive Neuroscience* 7, 144-152.

Spieler, D.H., Balota, D.A., Faust, M.E., 1996. Stroop performance in Healthy younger and adults and in individuals with dementia of the Alzheimer type. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 22, 461-479.

Stroop, J.R., 1935. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology* 6, 643-661.

Stubbs, D.T., 1991. Interference effects on memory functions in postleukotomy patients: an attentional perspective. In: Levin, H.S., Eisenberg, H.M., Benton, A.L. (Eds.), *Frontal Lobe Function and Dysfunction*. Oxford University Press, NewYork, pp. 157-172.

Tipper, S.P., 1991. Less attentional selectivity as a result of declining inhibition in older adults. *Bulletin of the Psychonomic Society* 29, 45-47.

Uhl, F., Podreka, I., Deecke, L., 1994. Anterior frontal cortex and the effect of proactive interference in word learning. *Results of brain-SPECT*. *Neuropsychologia* 32, 241-247.

Van Der Linden, M., Bruyer, R., Roland, J., Schils, J.P., 1993. Proactive interference in patients with amnesia resulting from anterior communicating artery aneurism. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 15, 525-536.

Vendrell, P., Junqué, C., Pujol, J., Jurado, M.A., Molet, J., Grafman, J., 1995. The role of prefrontal regions in the Stroop task. *Neuropsychologia* 33, 341-352.

Verin, M., Partiot, A., Pillon, B., Malapani, C., Acid, Y., Dubois, B., 1993. Delayed response tasks and prefrontal lesions in man-Evidence for self generated patterns of behaviour with poor environmental modulation. *Neuropsychologia* 31, 1379-1396.

Vilkki, J., Virtanen, S., Surma-Aho, Servo, A., 1996. Dual task performance after focal cerebral lesions and closed head injuries. *Neuropsychologia* 34, 1051-1056.

Winocur, G., Moscovitch, M., Bruni, J., 1996. Heightened interference on implicit, but not explicit, tests of negative transfer: evidence from patients with unilateral temporal lobe lesions and normal old people. *Brain and Cognition* 30, 44-58.

Zacks, R.T., Hasher, L., 1994. Directed ignoring. Inhibitory regulation of working memory. In: Dagenbach, D., Carr, T. (Eds.), *Inhibitory mechanisms in attention, memory and language*. Academic Press, San Diego, pp. 241-264.

Zacks, R.T., Hasher, L., Radvansky, G., 1996. Studies of directed forgetting in oldest adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 22, 143-156.

