

Une étude de validité du *Test de Gestion des Ressources Attentionnelles* -T.G.R.A.-

Tarek Bellaj¹, Daniel Pasquier² & Francis Van Dam³

Dans cet article, après un rappel de l'historique du *Test de Gestion des Ressources Attentionnelles*, et une présentation des résultats obtenus avec la version papier-crayon, les auteurs présentent l'épreuve dans sa version informatisée⁴.

Dans une seconde partie, ils développent les résultats d'une validation concourante du test menée auprès d'un échantillon d'une centaine d'étudiants tunisiens. Ces étudiants sélectionnés selon des critères définis ont passé le T.G.R.A. et un certain nombre d'épreuves cognitives et conatives choisies *a priori* pour leur lien hypothétique avec la gestion des ressources attentionnelles et son expression psychométrique en termes de quotient attentionnel. On valide ainsi un réseau nomologique qui montre les liens étroits qui unissent les processus attentionnels aux processus cognitifs et conatifs. On termine par une exploration différentielle des données en fonction des caractéristiques qui distinguent les sujets de l'échantillon.

1. Historique du T.G.R.A., données caractéristiques de la version papier et présentation de la version informatisée :

Le *Test de gestion des ressources attentionnelles* est une épreuve au statut encore expérimental. L'idée en est issue d'une rencontre avec un psychologue scolaire américain, Manuel A. Sedó, auteur du *5-Digit test* ou *Digital Stroop*, à l'occasion du congrès de psychologie appliquée qui s'est tenu à San Francisco en 1998.

Sedó (1998 a) a conçu le *Digital Stroop* en réponse au besoin de disposer de « language-neutral tests », c'est-à-dire d'épreuves susceptibles de donner la même qualité d'information quel que soit le langage utilisé. Partant du constat que la lecture des mots du *Color-word test* (Stroop, 1935) posait problème aux enfants mauvais lecteurs, il eut l'idée de remplacer ces mots par des chiffres, le conflit couleur/sens se déplaçant vers le conflit nombre/sens (dénombrer ou lire les chiffres). Eu égard aux caractéristiques de certaines cultures, il n'utilisa que les chiffres de 1 à 5.

Ce test, de passation individuelle et chronométrée présente quatre séries de 50 cases contenant chacune un chiffre arabe variant de 1 à 5 (ou des astérisques dans la seconde série), représenté de une à cinq fois par case. Dans la quatrième série, la bordure de la case apparaît soit sous la forme d'un trait simple, soit sous la forme d'un trait renforcé. La passation se déroule en 4 phases : (1) lecture du chiffre, (2) dénombrement des astérisques ; (3) dénombrement des chiffres (interférence lecture/dénombrement en lieu et place de l'interférence couleur/mot de

¹ Neuropsychologue. Département de psychologie. Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis, Université de Tunis. Tarek.Bellaj@fshst.mu.tn

² Psychologue du travail, cabinet Avenir & Entreprise, Saint Jean de Braye. Laboratoire PRIS, Université de Rouen. daniel.pasquier@libertysurf.fr

³ Professeur. Institut Libre Marie Haps - Haute Ecole Léonard de Vinci. Bruxelles. atm.bel@skynet.be

⁴ Cette étude a bénéficié du soutien actif du Laboratoire de neurosciences dirigé par le professeur Moncef Bouaziz, Faculté des Sciences de Tunis. mbouaziz@fst.mu.tn.

Stroop); (4) lecture ou dénombrement en fonction de la bordure du cadre (basculement entre les deux consignes), dans le prolongement d'une variation introduite par Bohner et al. (1992). Les temps moyens de passation de chacune de ces parties sont successivement de 16, 22, 30 et 54 secondes.

Les résultats obtenus au *Digital Stroop* sont fortement corrélés (de 0,42** à 0,67**) avec les résultats du *Color-Word Test* et du *Trail Making Test*. Sedó a montré que le degré de réussite à son test dépendait du niveau d'éducation des sujets, plus particulièrement pour les deux dernières parties, et ce aussi bien chez des sujets jeunes que chez des personnes âgées. Il a également établi des différences en faveur de sujets immigrés lecteurs par rapport à des sujets analphabètes. D'après l'auteur, l'intérêt majeur du *Digital Stroop* est de pouvoir détecter « l'immaturation neurologique » chez les plus jeunes et « les processus dégénératifs » chez les plus âgés (Sedó, 1998 b).

Le *Digital Stroop*, est de passation individuelle. L'un d'entre nous a donc entrepris avec l'autorisation et les encouragements de Sedó la réalisation d'une version pour les adultes permettant une passation collective : le *Test de gestion des ressources attentionnelles* ou T.G.R.A.

La version expérimentale du T.G.R.A. papier-crayon comporte toujours les quatre parties du test de Sedó, les trois premières étant données à titre de familiarisation avec la tâche et d'entraînement. Dans la mesure où ces trois premières parties sont généralement réussies par les adultes, seule la dernière partie donnée en temps limité est prise en compte dans le calcul des scores. Le temps limite de 1 minute et 45 secondes correspond au temps mis par les plus rapides pour répondre à tous les items. Le matériel fonctionne sur le même principe, sauf que les nombres utilisés vont jusqu'à 6. Le sujet entoure simplement la réponse parmi une liste des nombres de 1 à 6 qui accompagne chacun des 61 cadres de présentation.

De la passation du T.G.R.A. résultent 3 scores : le TGRA BR qui correspond au nombre de bonnes réponses produites dans le temps imparti, le TGRA IT qui indique le nombre d'items traités (de fait le numéro d'ordre de la dernière réponse donnée) et le TGRA. Ce dernier score synthétise les deux précédents, intégrant la précision et la vitesse dans un indice de rendement égal à BR^2/IT , soit la valeur relative d'une bonne réponse (BR/IT) multiplié par le nombre de bonnes réponses (BR).

Du point de vue de l'analyse de la tâche, Sedó est resté sur une approche très empirique. Suite à un échange avec Evelyne Clément⁵, il est apparu souhaitable de proposer une analyse de la tâche plus approfondie. Il est clair que la tâche du T.G.R.A. ne se présente pas comme « une tâche pure », mais *a contrario* comme une situation composite. Ce que l'on perd sur le plan de l'analyse expérimentale, une variable dépendante toutes choses égales par ailleurs, on le récupérerait au niveau de la validité prédictive si on applique au T.G.R.A. le principe énoncé pour le facteur général de l'intelligence : un test est un test de facteur g parce qu'il répond au principe de diversité (Dickes, 1997).

De fait, il convient de distinguer deux types de contraintes. La tâche s'inscrit dans un contexte relativement général aux situations de travail : il faut travailler dans un temps limité (contrainte de gestion du temps), en produisant un maximum de réponses (contrainte de rapidité du traitement de l'information et de l'effectif), réponses qui doivent être justes

⁵ Université de Rouen.

(contrainte de précision du contrôle procédural et des boucles auto-correctives). La gestion de ces contraintes relève des capacités et des styles d'auto-organisation dans la conduite de l'exécution de pratiquement toute tâche.

Dans son processus, la tâche peut se décrire sur deux plans en lien avec les modèles de la mémoire de travail et du contrôle de l'activité que l'on trouve chez Baddeley (1993)⁶. Sur le plan de la modalité d'encodage de l'information, on peut penser *a priori* que la boucle phonologique *et* le calepin visuo-spatial sont stimulés, tout autant pour lire les chiffres que pour les dénombrer (voir figure 1).

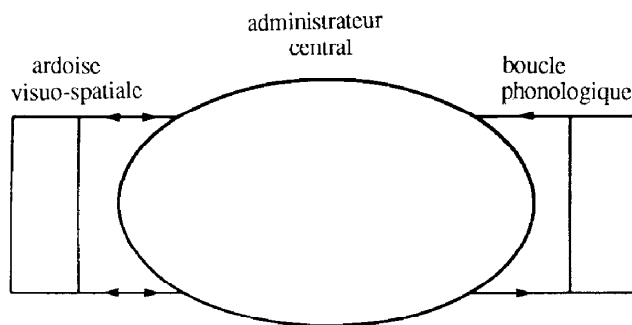
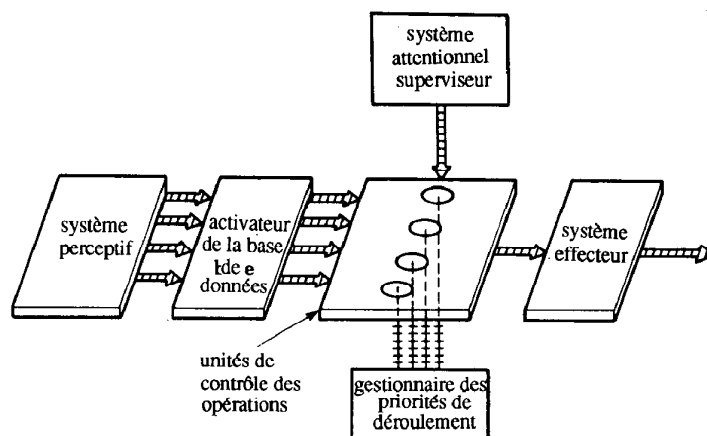


Figure 1. Représentation schématique du modèle de mémoire de travail (in Baddeley, 1993).

Sur le plan de la gestion de l'alternative conditionnelle qui implique l'administrateur central de la mémoire de travail deux éléments sont à prendre en compte en lien avec les processus d'inhibition : l'effet *Stroop* d'une part, et la bascule induite par l'aspect du cadre d'autre part. On peut s'inspirer du modèle de Norman et Shallice (1986, voir figure 2) pour rendre compte des processus à la base du contrôle de l'information. Si le système gestionnaire des priorités de déroulement assure les activités apprises et routinières de manière quasi automatique (flèches horizontales de la représentation schématique), le système attentionnel superviseur introduit la volonté du sujet pour interrompre ou modifier un comportement en cours (flèches verticales de la représentation schématique) «...en manipulant systématiquement la probabilité d'occurrence des activités concernées, de manière à rendre plus probable une ligne d'action que les autres.» (Baddeley, 1993).



⁶ Baddeley a depuis cette date étoffé son modèle.

Figure2. Version simplifiée du modèle de Norman et Shallice (1986).

L'effet *Stroop* est bien connu et inspire toujours diverses études et expérimentations (par exemple, Borella et al., 2001). Il intervient ici dans la tâche de dénombrement : il faut inhiber une force de l'habitude au sens peircien du terme⁷ qui pousse à lire le chiffre pour le considérer comme un simple objet à compter. De plus et concomitamment, la perception du cadre (simple ou double) commande la libération de la tâche correspondante (lire ou compter) et l'occlusion de son alternative.

Comme pour toute tâche composite, la voie est ouverte aux processus vicariants (Reuchlin, 1978). Dans la gestion des deux cercles de contraintes, gestion des ressources attentionnelles proprement dites et gestion des contraintes situationnelles, les métacomposantes (Sternberg, 1994) peuvent se déployer en termes de stratégies, avec un degré élevé de variabilité interindividuelle et aussi intra-individuelle.

La tâche induite par le T.G.R.A. évalue donc globalement la gestion des ressources attentionnelles de la mémoire à court terme mobilisées par la mise en œuvre de fonctions exécutives impliquant des capacités d'inhibition et de flexibilité mentale.

On dispose des résultats obtenus par 202 adultes tout venant ; on connaît le sexe, l'âge et le niveau de qualification pour 144 d'entre eux dont les scores moyens s'établissent à 35,38 ($\sigma=16,17$; $EM=1,61$)⁸ pour l'indice TGRA BR, à 39,67 ($\sigma=13,73$; $EM=1,37$) pour l'indice TGRA IT et à 33,51 ($\sigma=17,51$; $EM=1,75$) pour l'indice TGRA. La fidélité s'établit à 0,99 par la méthode pair-impair (N=56) et l'alpha à 0,97. La corrélation entre les deux types d'items (cadre simple et cadre double) est de 0,89. La corrélation entre les items BR et IT est 0,84. L'épreuve est donc très homogène et un écart entre les indices BR et IT chez un même sujet devrait attirer l'attention du psychologue.

Sur un plan différentiel et dans l'état actuel des données, on ne note pas d'effet notable du sexe sur les performances pour chacun des indices. La performance apparaît également indépendante de l'âge pour l'échantillon considéré. Par contre elle semble liée au niveau de qualification ($\eta^2=0,37^{**}$). Les moyennes du score TGRA sont de 46 points pour le niveau II, 42 pour le niveau III, 38 pour le niveau IV, 29 pour le niveau V et 26 pour le niveau VI. On observera la rupture nettement plus marquée entre les niveaux IV et V (voir figure 3).

⁷ “ Le sens s'impose d'abord réellement, il s'impose notamment à travers ce que Peirce appelle “une habitude”” (Reinert, 2001).

⁸ EM désigne ici l'erreur de mesure. $EM = \sigma (1-r)^{1/2}$ avec σ pour écart type et r pour coefficient de fidélité.

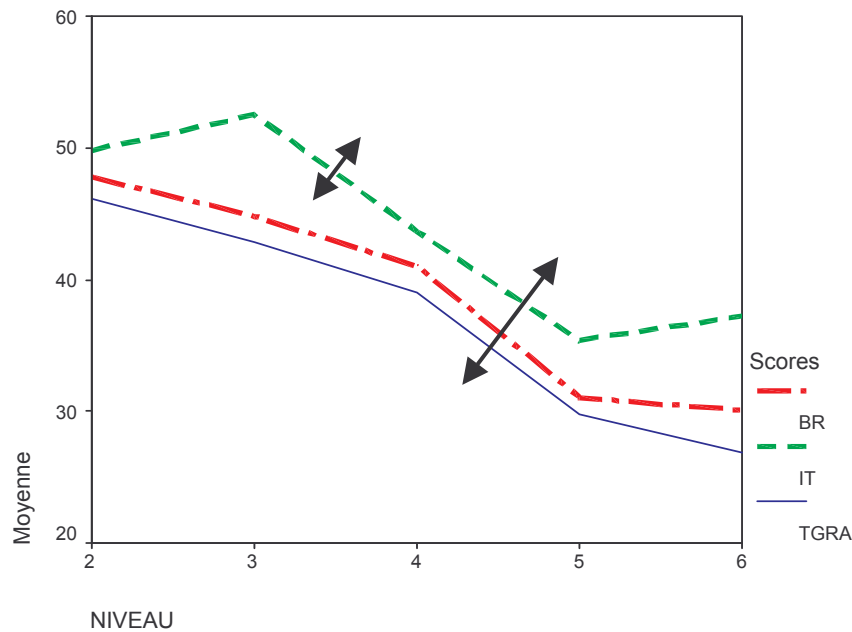


Figure 3 : échantillon tout venant, scores TGRA et niveaux de qualification

En termes de validité critérielle, différentes corrélations ont pu être établies : 0,41** avec le *Test d'évaluation dynamique de l'éducabilité* (Pasquier, 2004) (N=103 adultes) ; 0,58* avec des tests opératoires (N=14 adultes) ; 0,43* avec un bilan mathématiques et 0,57* avec un bilan en français (N=21 adultes) ; 0,49** avec le score d'internalité de la *Nouvelle échelle de localisation du contrôle, interne-externe* (Pasquier, Lucot, 1996) (N=28 adultes) ; 0,32 avec les P.M. de Raven (1956) , 0,57** avec le *Test d'évaluation dynamique de l'éducabilité Adapté* (Pasquier, 1996), 0,29 avec une évaluation d'apprentissages préprofessionnels (N=28 adolescents handicapés) ; 0,25 avec le *Test d'évaluation dynamique de l'éducabilité Adapté*, 0,32 avec une évaluation scolaire (N=29 élèves de C.I.P.P.A.).

L'effet du vieillissement a donné lieu à une première étude auprès d'un groupe de 60 personnes âgées -24 hommes et 36 femmes ; âge moyen 74,41 +/- 4,79 ; origines socioprofessionnelles variées- (Pasquier & Van Dam, 2004). Le T.G.R.A. et le T.2B. de Zazzo⁹ ont été mis en œuvre en parallèle. Comparativement au groupe tout-venant, la performance attentionnelle des personnes âgées se situe à un niveau nettement inférieur (19,27 vs 35,29), l'importance de l'effet de l'âge étant notable (d de Cohen=0,99 ; Probabilité bayésienne de 1). Contrairement au groupe tout-venant, on observe dans ce groupe un lien négatif avec l'avancée en âge (-0,30* en moyenne), nettement plus marqué pour les hommes (-0,56**) que pour les femmes (-0,07). Enfin, on note une corrélation positive et significative entre les deux épreuves (0,45**).

Ces premiers résultats montrent donc que, sensible au vieillissement à partir d'un certain âge, le niveau de performance au T.G.R.A. varie avec le niveau de qualification et que d'autre part l'intervention du facteur attentionnel semble se manifester aussi bien dans les tests cognitifs,

⁹ Le T.2B. de Zazzo est dérivé d'une épreuve de barrage de Piéron et Toulouse, la première version étant due à Benjamin Bourdon, à la fin du 19e siècle. Le T.2B. comporte sur une page de format A3 1000 signes disposés par lignes de 25. Il s'agit de carrés de 3 mm de côté affectés de hampes obéissant à huit orientations possibles. L'épreuve consiste à discriminer et à barrer le plus rapidement possible deux de ces signes figurant en haut de la page.

dynamiques ou opératoires, que dans les évaluations à caractère scolaire ou que dans l'évaluation de la localisation du contrôle des renforcements.

Une version informatisée du T.G.R.A. a été mise en chantier essentiellement pour des raisons pratiques. Une version papier de longue durée serait « papivore » et nécessiterait des supports de passation d'une trentaine de pages. D'autre part, les passations longues, telle celle du T2B représentent un *pensum* pour le correcteur de part sa longueur et les ressources attentionnelles mobilisées pour limiter le risque d'erreur. Dans la mesure où une observation de l'attention soutenue sur une dizaine de minutes apporte plus d'informations que sur une ou deux minutes, l'informatisation devenait nécessaire.

Le schéma reste le même que pour la version papier-crayon : un module d'entraînement en temps libre et un module de test en dix minutes. La tâche reste identique à celle de la version papier avec une consigne double : lire le chiffre quand le cadre est simple, compter les chiffres quand le cadre est double (voir figure 4).

L'informatisation a été faite à l'aide du logiciel *FastTest Pro* de David Weiss. Toutes les données de la passation sont enregistrées dans un fichier .dat en arrière plan. Un développement sous Excel réalisé par Etienne Pasquier permet de choisir les données qu'on souhaite extraire.

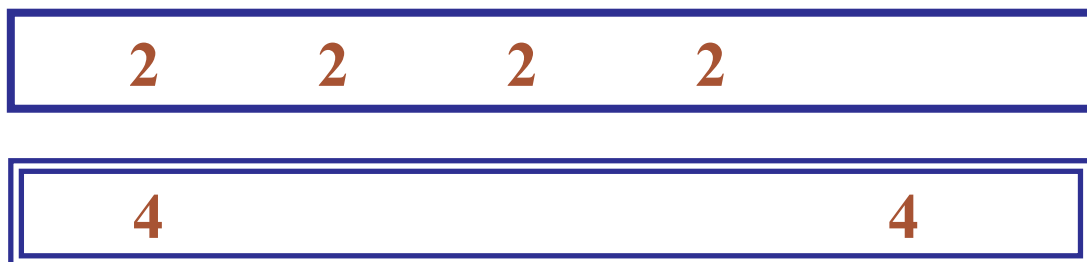


Figure 4 : exemple de cadre simple et de cadre double.

Les données extraites sont mises en forme sur une feuille de résultats. Cette feuille indique les éléments d'identification du sujet (voir figure 5).

TGRA

Test de gestion des ressources attentionnelles.

Nom: numéro: Prénom:
 Sexe: Age:
 Niveau de qualification: Date:

Tableau des scores :

scores	BR	VT	ER	QA	AS	H
bruts	192	194	2	190	6%	1%
standardisés	117	117		116	104	113

cadre	BR	VT	QA	équilibre	
				brut	98%
simple	99	101	97	standardisé	105
double	93	93	93		

Figure 5 : feuille de résultats, identification du sujet et tableaux de scores.

Un premier tableau (voir figure 5) donne les scores bruts et standardisés ($m=100$; $\sigma=15$). Les trois premiers scores sont directement observés : BR est le nombre de bonnes réponses produites en 10 minutes ; VT (vitesse de traitement) est le nombre d'items traités en 10 minutes ; ER est le nombre d'erreurs. Les scores suivants sont des scores construits : QA (quotient attentionnel) combine vitesse et précision selon la formule $QA=BR/VT*BR$; AS (attention soutenue) calculée comme écart relatif de la performance entre les cinq premières minutes de la passation et les cinq dernières minutes selon la formule $(QA2-QA1)/QA*100$; H (hésitations) est le pourcentage des clics de souris marquant un changement de réponse avant validation de l'item ou un rappel de la consigne. Un second tableau (voir figure 5) fournit des informations sur l'équilibre de l'approche de la tâche entre les deux consignes de lecture et de dénombrement associée au type d'encadrement. L'indice d'équilibre est calculé selon la formule $|(QAs-QAd)/QA*100$. Tous les indices (à l'exception de ER) sont standardisés ($m=100$; $\sigma=15$).

La feuille de résultats est complétée par un graphique qui donne l'évolution de BR et de VT pour chacune des minutes de la passation, l'écart matérialisé entre les deux courbes localisant la production des erreurs (voir figure 6).

Profil par minute :

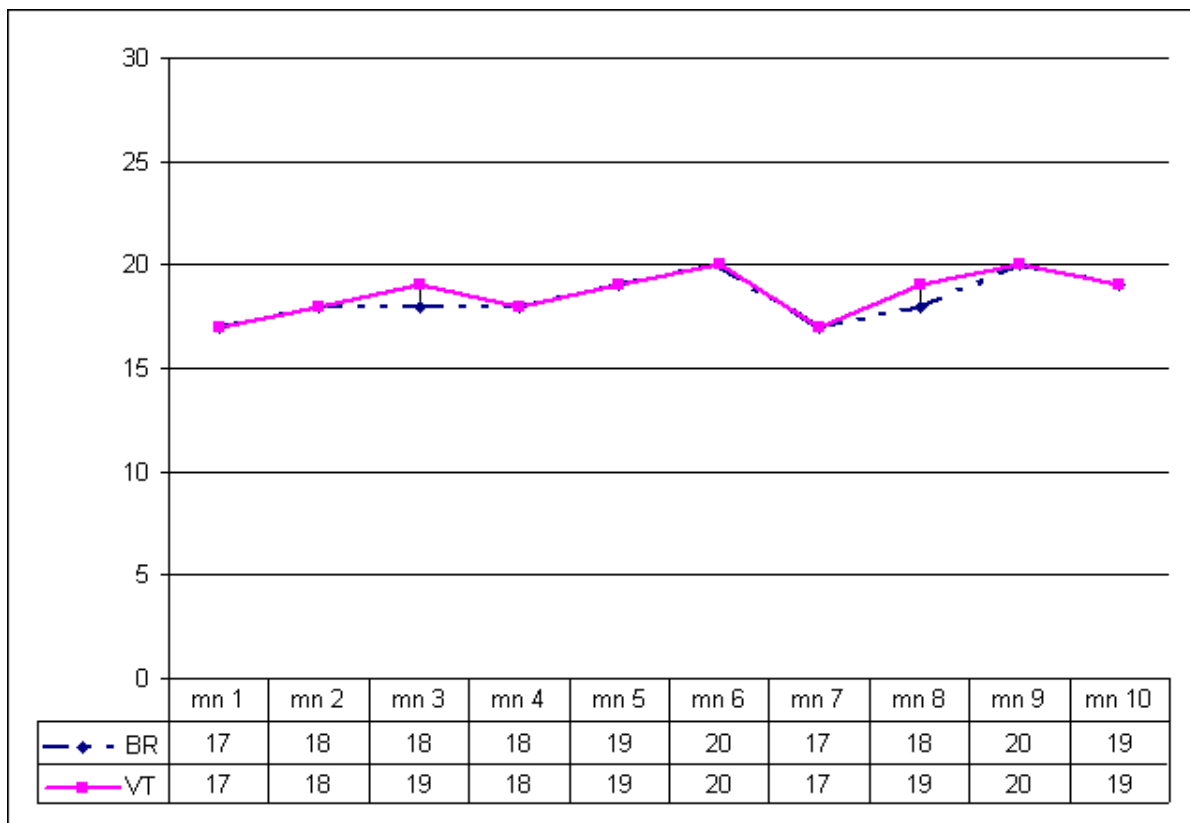


Figure 6 : graphique d'évolution des performances minute par minute.

Une seconde feuille de résultats restitue des informations relatives au mode de fonctionnement du sujet au cours du module d'entraînement.

Descriptif de l'apprentissage:

séquence	CS	X	CD	Bascule	total	total stand
H	0	0	0	0	0	95
BR	15	15	13	15	58	95
temps en sec	50,00	53,00	53,00	49,00	205,00	90
tps réponse	31,00	29,00	36,00	29,00	125,00	90
tps validation	19,00	24,00	17,00	20,00	80,00	92

Figure 7 : feuille de résultats du module d'apprentissage.

Un tableau (voir figure 7) donne pour chacune des séquences du module d'entraînement (CS : cadre simple ; X : dénombrement de croix ; CD : cadre double ; B : bascule) le nombre d'hésitations, le nombre de bonnes réponses (BR), le temps de traitement moyen par item (temps total) qui se décompose en un temps de réponse proprement dit (durée entre l'apparition de l'item et le choix définitif de la réponse) et un temps de validation (durée entre le choix de la réponse et le passage à l'item suivant). Ces indices sont également présentés sous une forme graphique (voir figure 8).

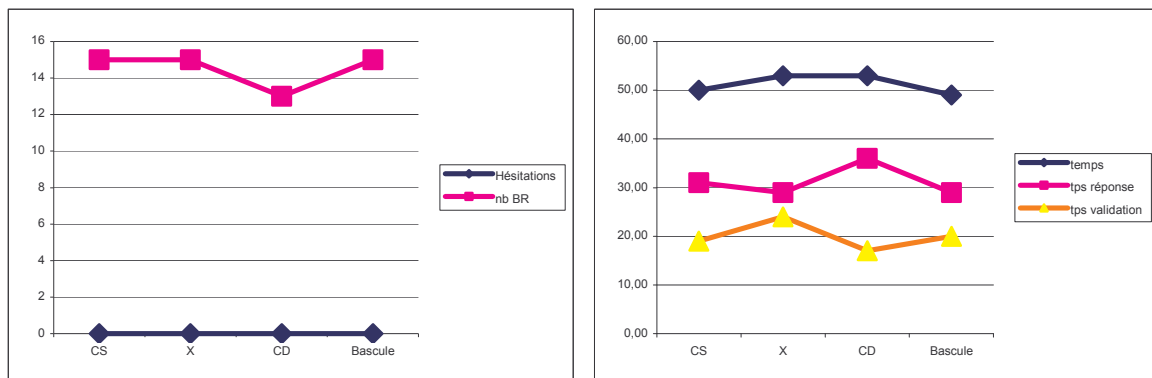


Figure 8 : représentations graphiques des indices du module d'entraînement.

2. Etude de validation concurrente de la version informatisée :

2.1. Présentation de l'étude, problématique et méthodologie :

La population d'étude se compose de deux groupes de sujets tous droitiers¹⁰ : un groupe d'étudiants littéraires (étudiants en français, anglais, beaux arts...) et un groupe d'étudiants scientifiques (étudiants en math, physique, techniques...), tous de deuxième cycle d'études universitaires. Tous ces sujets ont été volontaires pour participer à cette étude. L'évaluation s'est faite dans les mêmes conditions de passation pour les deux groupes. Dans le groupe des 50 étudiants littéraires on dénombre 30 filles et 20 garçons; leurs âges sont compris entre 21 et 27 ans avec une moyenne de 24,08 ans (écart-type= 1,62). Dans le groupe des 52 étudiants scientifiques on dénombre 26 filles et 26 garçons ; leurs âges sont compris entre 22 et 26 ans avec une moyenne de 23,26 ans (écart-type= 0,93).

¹⁰ Les étudiants retenus sont tous droitiers afin d'éviter un éventuel biais dans la manipulation de la souris.

Parallèlement à la passation du T.G.R.A., les sujets ont passé une batterie de différentes épreuves supposées *a priori* présenter un lien avec la gestion des ressources attentionnelles. En premier lieu, on vérifie le lien entre attention et facteur général de l'intelligence tel qu'il apparaissait avec la version papier. Par rapport à un public de niveau supérieur, mais plus ou moins à l'aise dans la langue française, le choix s'est porté sur le R85 puisqu'il ne contient que des stimuli numériques et verbaux faciles d'accès (chiffres, lettres, mots). Le R85 mesure l'intelligence générale sous sa forme fluide ; il comporte 7 exemples et 40 items; la passation peut être individuelle ou collective. On relève le nombre de bonnes réponses comme indicateur de performance.

En second lieu, on cherche à voir si l'attention est bien en rapport avec la capacité de la mémoire à court terme (M.C.T.). Pour cet aspect de l'étude, les mesures d'empan sont de règle. On a choisi l'empan de chiffres restitués en ordre direct puis en ordre inverse. Les séries de chiffres sont présentées selon un ordre aléatoire préétabli, à raison de deux essais consécutifs par niveau de longueur (de 2 à 8 chiffres). On laisse 20 secondes au sujet pour le rappel entre chacun des essais. Le score MCT correspond à la somme des séries de chaque épreuve les plus longues reproduites correctement au moins une fois sur deux.

En troisième lieu, on teste l'hypothèse de l'interférence des états émotionnels sur le quotient attentionnel¹¹. On a opté pour l'utilisation de l'échelle de dépression de Beck dans sa version traduite en arabe (Bellaj & Ben Jemaa-Bellaj, 2004).

En dernier lieu, on a voulu vérifier que le T.G.R.A., comme tout test d'attention sélective, mobilisait bien des processus inhibiteurs. Dans ce but, l'un d'entre nous a conçu un test de Stroop couleur-expression informatisé (Bellaj, 2003), la tâche ne demandant aucune compétence scolaire : il suffit de pouvoir discriminer les expressions fournies par des visages donnés et la capacité de voir les couleurs. L'association expression couleur a fait l'objet d'une pré-expérimentation préalable¹². Chaque item du test apparaît pendant 3 secondes avant de laisser la place à l'item suivant, le sujet devant répondre le plus vite possible¹³.



Figure 9. Les différents types de stimuli de la phase d'entraînement.

¹¹ On a déjà montré que les individus dépressifs présentaient des difficultés affectant différents processus attentionnels, par exemple l'attention sélective ou l'attention soutenue (réf. ...).

¹² Le choix des couleurs s'appuie sur un sondage mené auprès de 30 étudiants devant associer chacune des trois modalités exprimant les émotions à une palette de couleurs.

¹³ Concrètement, un boîtier englobe et masque le clavier. Seules trois touches sont accessibles par l'intermédiaire de trois boutons correspondant aux lettres K (bouton droit), H (bouton du milieu) et F (bouton de gauche).

Au cours de la phase d'entraînement le sujet voit apparaître un triangle à droite, à gauche ou au milieu d'un segment de droite¹⁴ (voir figure 9). Il lui est demandé de presser le bouton droit si le triangle apparaît à droite, de presser le bouton gauche si le triangle apparaît à gauche, de presser le bouton du milieu si le triangle apparaît au milieu. Suite à cet entraînement, le sujet sera confronté successivement à quatre tâches différentes.

Dans la première partie de l'épreuve, le sujet voit apparaître des visages représentant trois expressions différentes : tristesse, joie et neutralité (voir figure 10). Il doit presser le bouton gauche pour le visage triste, presser le bouton droit pour le visage joyeux et enfin presser le bouton du milieu pour le visage neutre.



Figure 10. Les différents types de stimuli de la première partie.

Au cours d'une seconde partie, le sujet voit apparaître des visages sans expression faciale mais de couleurs différentes : bleu, rouge et vert (voir figure 11). Le sujet doit répondre en associant bleu et tristesse - *via* le bouton gauche -, rouge et joie - *via* le bouton droit -, vert et neutralité - *via* le bouton du milieu -.



Association : avec la tristesse, avec la neutralité, avec la joie

Figure 11. Les différents types de stimuli de la seconde partie.

Dans une troisième partie le sujet voit apparaître des visages représentant trois expressions différentes, -tristesse, joie et neutralité-, de couleurs différentes -bleu, rouge et vert- systématiquement non congruentes (voir figure 12).

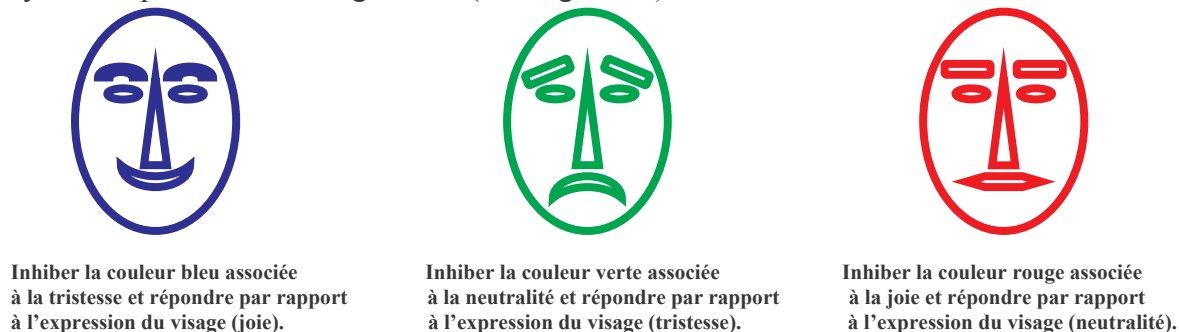


Figure 12. Les différents types de stimuli de la troisième et de la quatrième parties.

¹⁴ Ce triangle représentera le nez des visages constituant les stimuli suivants. Avec l'ovale du visage et les yeux il représente un élément stable des configurations successives.

Le sujet doit répondre en associant le visage triste et le bouton gauche, le visage joyeux et le bouton droit, le visage neutre et le bouton du milieu, et donc inhiber l'information couleur distribuée quasi aléatoirement sur les expressions.

Enfin, dans une dernière partie le sujet voit apparaître les mêmes stimuli de la troisième partie mais cette fois il doit dénommer la couleur et inhiber l'expression du visage.

Par rapport à notre objectif, on prendra comme indicateur INHIB la part du temps de réponse correspondant au processus d'inhibition à l'œuvre dans les parties 3 et 4 de l'épreuve. L'indice INHIB est calculé comme la différence des moyennes des temps de réponses aux parties 3 et 4 et des temps de réponses à l'entraînement.

2.2. Résultats :

Le T.G.R.A. fournit différents indices de performances et de mode de fonctionnement. La première partie de l'analyse porte sur les relations entre ces indices. La seconde partie sera consacrée aux relations entre les indices issus du T.G.R.A. et les scores obtenus aux autres épreuves. Une analyse en pistes causales tentera d'articuler et de synthétiser l'ensemble des indicateurs susceptibles d'intégrer le quotient attentionnel dans un réseau nomologique. La troisième partie sera consacrée aux données fournies par le module d'entraînement. Pour terminer, on esquissera une approche différentielle du QA.

Une première observation est donnée par la table des corrélations entre les indices du T.G.R.A. (voir tableau 1).

indices	BR	VT	QA	AS	H	équilibre
BR	1,00					
VT	0,97**	1,00				
QA	0,99**	0,92**	1,00			
AS	-0,20*	-0,18	-0,23*	1,00		
H	-0,14	-0,15	-0,15	-0,08	1,00	
équilibre	0,38**	0,15	0,49**	-0,08	0,05	1,00

Tableau 1 : table de corrélations des indices du T.G.R.A.

L'indice synthétique, le QA, est en lien direct et élevé avec les deux indices qu'il combine, la vitesse de traitement de l'information (VT) et la précision des réponses (BR), eux-mêmes fortement liés. Pour étudier l'influence des indices fonctionnels sur le quotient attentionnel et sur ses deux composantes, on a calculé les corrélations multiples entre ces différents indices.

Le tableau 2 donne les coefficients bêta standardisés, leur significativité figurant entre parenthèses. La dernière ligne indique le R² ajusté et la variance expliquée correspondante entre parenthèses. On observe que les indices fonctionnels expliquent 28% de la variance et que si le QA est affecté par une baisse de l'attention soutenue (AS) et une augmentation des hésitations il est optimisé par un bon équilibre entre les deux aspects de la tâche (équilibre).

Variables expliquées	QA	BR	VT
AS	-0,20 (0,02**)	-0,18 (0,04*)	-0,18 (0,06)
H	-0,16 (0,05*)	-0,15 (0,08)	-0,14 (0,13)

Equilibre	0,48 (<0,0001**)	0,37 (<0,0001**)	0,14 (0,15)
R (R ² ajusté)	0,55 (0,28)	0,45 (0,17)	0,27 (0,04)

Tableau 2 : explication des indices de performance par les indices fonctionnels.

Plus finement, on constate que les influences de AS et de H restent quasiment stables quand on passe du QA à ses composantes BR et VT, alors que l'influence de l'équilibre joue plutôt sur la précision que sur la vitesse. On retrouve là une certaine indépendance déjà observée de la rapidité de traitement de l'information par rapport aux opérations (voir par exemple Salthouse & Babcock, 1994).

La seconde partie de l'analyse concerne les relations du quotient émotionnel avec les autres variables. On observe des corrélations significatives entre toutes les variables (voir tableau 3). Le QA est en lien positif avec la mémoire à court terme, le facteur général de l'intelligence, le temps d'inhibition au Stroop ; il est en lien négatif avec la tendance dépressive.

	MCT	R85	BECK	INHIB	QA
MCT	1,00				
R85	0,48**	1,00			
BECK	-0,35**	-0,31**	1,00		
INHIB	0,37**	0,27**	-0,30**	1,00	
QA	0,34**	0,34**	-0,25*	0,37**	1,00

Tableau 3 : table des corrélations entre le QA et les variables externes.

Le tableau 4 donne les coefficients bêta standardisés, leur significativité figurant entre parenthèses. La dernière ligne indique le R² ajusté et la variance expliquée correspondante entre parenthèses. On observe que la combinaison des indicateurs externes explique 18% de variance, principalement INHIB et dans une moindre mesure R85. La composante inhibitrice joue donc bien un rôle dans l'élaboration du niveau de QA atteint.

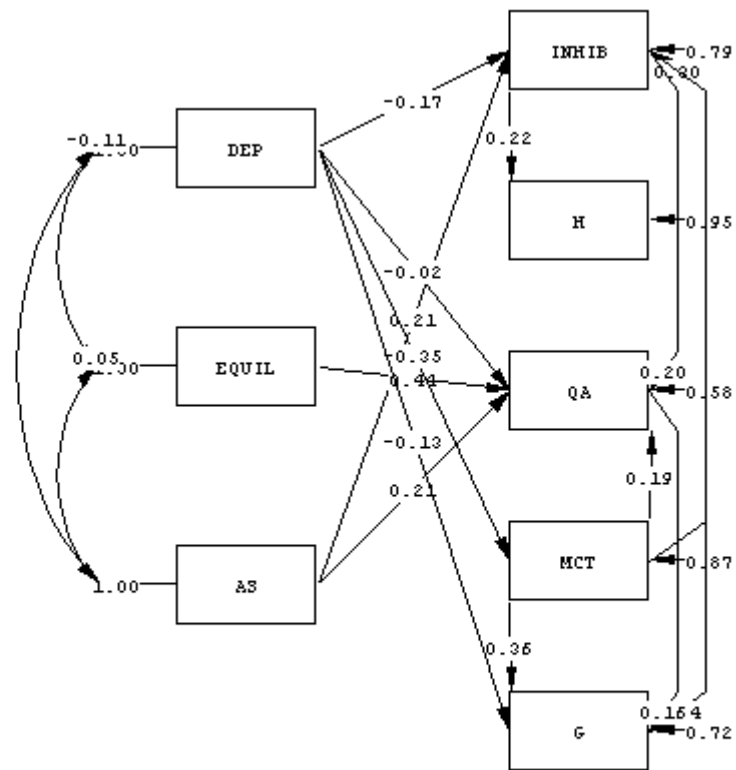
Variables expliquées	QA
MCT	0,14 (0,20)
R85	0,19 (0,07)
BECK	-0,07 (0,46)
INHIB	0,24 (0,01**)
R (R ² ajusté)	0,46 (0,18)

Tableau 4 : explication du QA par les variables externes.

Sous LISREL, on valide le réseau nomologique *infra* (voir figure 13) : $X^2=5,10$ ($p=0,92$) ; $X^2/ddf=0,46$; $RMSEA < 0,001$; $AGFI=0,96$.

Le QA dépendrait de l'attention soutenue, de l'équilibre dans l'approche de la double tâche, des capacités inhibitrices, de la mémoire à court terme et du niveau de dépression. Les capacités inhibitrices, dépendantes en partie de l'attention soutenue -dimension énergétique-, de la mémoire à court terme et du niveau de dépression, influenceraient les hésitations -dimension conative émotionnelle- dans le choix des réponses. La mémoire à court terme est affectée par le niveau de dépression. La performance cognitive (G) est expliquée par le QA,

ainsi que par la mémoire à court terme, par les capacités inhibitrices¹⁵ et par le degré de dépression.



Chi-Square=5.10, df=11, P-value=0.92624, RMSEA=0.000

Figure 13 : réseau nomologique des variables externes et des indices fonctionnels explicatifs du quotient attentionnel.

La prise en compte des données du module d'entraînement a donné lieu à deux analyses factorielles en composantes principales avec rotation oblique. La première de ces deux analyses porte sur les relations internes des indices donnés par la passation du module d'entraînement. Quatre facteurs présentent une valeur propre supérieure à 1. Toutefois, seuls les deux premiers seront retenus dans la mesure où leur valeur propre dépasse les valeurs propres aléatoires¹⁶. Ces deux facteurs expliquent 61,06% de la variance (voir tableau 5).

Composante	Valeurs propres initiales	Valeurs propres aléatoires	% de variance	% cumulés
1	5,591	1,691	39,936	39,936
2	2,957	1,514	21,125	61,060
3	1,300	1,384	9,285	70,346
4	1,017	1,274	7,266	77,611

Tableau 5 : analyse factorielle des indices du module d'entraînement, valeurs propres et variance expliquée.

¹⁵ On pourra rapprocher cette relation de l'ordonnement des items du R85 qui alternent les différents types de série, jusqu'à en faire, selon l'auteur, un test de flexibilité cognitive.

¹⁶ Les valeurs propres aléatoires ont été obtenues à l'aide du logiciel *RanEigen* (Enzmann, 2003).

Le premier (39,93 %) rassemble les temps de validation (xTX) et les temps de réponse (xTR) et on peut donc considérer ce premier facteur comme un facteur de rapidité d'exécution de la tâche. Le second facteur (21,12%) agrège les quatre indices de bonnes réponses (xBR). C'est donc un facteur de précision. Des deux indices d'hésitation (xH) seul EBH se rattache à la composante de rapidité d'exécution alors que ECDH est très mal représenté (voir tableau 6).

Variables	Composante 1	Composante 2
EXTV	0,836	
ECSTV	0,835	
ECDTR	0,780	
EXTR	0,774	
EBTV	0,768	
EBTR	0,748	
ECDTV	0,680	
ECSTR	0,631	
EBH	0,532	
ECSBR		0,939
EXBR		0,933
EBBR		0,889
ECDBR		0,841
ECDH		

Tableau 6 : analyse factorielle des indices du module d'entraînement, matrice des types.

On peut retenir de cette analyse que les processus en œuvre à l'entraînement se distribuent sur un versant rapidité de traitement de l'information d'une part et sur un versant précision opératoire d'autre part. Les hésitations apparaissant au cours du module Bascule se rattachent plutôt au facteur de rapidité et dans ce sens on peut les interpréter comme expression d'un style de régulation de l'activité inhibitrice.

Une seconde analyse factorielle prend en compte les principaux indices issus des modules d'entraînement et de test. Toutefois, seuls les deux premiers seront retenus dans la mesure où leur valeur propre dépasse les valeurs propres aléatoires¹⁷. Ces deux facteurs expliquent 61,06% de la variance (voir tableau 7). Le premier facteur bipolaire (36,19%) regroupe la vitesse et la précision au test, auxquelles viennent s'ajouter la précision à l'entraînement et l'équilibre au test, cet ensemble s'opposant à l'attention soutenue au test ; c'est donc un facteur de performance.

Composante	Valeurs propres initiales	Valeurs propres aléatoires	% de variance	% cumulés
1	3,258	1,691	36,195	36,195
2	2,016	1,514	22,397	58,592
3	1,187	1,384	13,186	71,778

Tableau 7 : analyse factorielle entraînement-test, valeurs propres et variance expliquée.

Le second facteur (22,39%) est également bipolaire et il oppose essentiellement vitesse et précision au test à la vitesse de traitement (et aux hésitations à l'entraînement et aux bonnes réponses à l'entraînement) ; en d'autres termes, plus un sujet va vite à l'entraînement (attitude d'impulsivité ou de bâclage) et moins ce sujet est performant au test ; ce second facteur

¹⁷ Les valeurs propres aléatoires ont été obtenues à l'aide du logiciel *RanEigen* (Enzmann, 2003).

semble jouer une fonction de régulation de l'impulsivité. On peut voir là l'effet de la qualité de l'investissement dans l'activité proposée par le module d'entraînement sur la performance au test, qualité d'investissement elle-même dépendante de l'orientation du comportement face à une tâche nouvelle nécessitant un apprentissage contraint (voir tableau 8).

Variabiles	Composante 1	Composante 2
ETBR	0,927	
TEQUI	0,811	
TBR	0,808	-0,399
TVT	0,773	-0,390
TAS	-0,379	
TH		
ETTR		0,928
ETTV		0,903
ETH		0,428

Tableau 8 : analyse factorielle entraînement-test, matrice des types.

Une dernière analyse, utilisant la régression multiple pas à pas, se propose d'éclairer le niveau du QA à la lumière des données de l'entraînement. Le QA s'explique alors essentiellement ($R=0,83$; 68% de variance expliquée) par la combinaison de trois variables issues du module d'entraînement : le nombre de bonnes réponses ($\beta=0,77$), le temps du traitement de la tâche ($\beta=-0,66$) et le nombre d'hésitations ($\beta=0,19$). En d'autres termes, les sujets plutôt réflexifs, qui prennent le temps de s'entraîner, qui produisent des bonnes réponses éventuellement après les avoir rectifiées auront la meilleure performance au test. Cette structure explicative reste la même pour les deux aspects du QA : la vitesse et la précision. Elle renvoie à une stratégie d'apprentissage systématique, adaptée à la nature de la tâche, régulée efficacement, ce qui laisse supposer la nécessité d'un investissement motivationnel pour l'activité d'apprentissage.

Quand on mène l'analyse à l'aide de chacune des séquences du module d'entraînement des nuances apparaissent. La séquence cadre double (activité de dénombrement des chiffres) présente une valeur explicative affaiblie (28% de variance vs 55% pour les autres séquences). Pour la séquence bascule, c'est le temps de validation qui entre dans l'équation de régression à la place du temps de traitement total, ce qui semble indiqué que l'activité de bascule d'une tâche à l'autre est plus coûteuse en termes de mobilisation de ressources et qu'elle nécessite de respecter un temps de récupération, ou de purge de la mémoire de travail à court terme. Quand ce temps n'est pas respecté au cours de l'entraînement, la performance au test s'en ressent. On retrouve là un constat classique qui met en jeu le paradigme de l'effet d'espacement (voir par exemple Underwood, 1961 ou Grenne, 1989c).

3. Aspects différentiels :

L'échantillon n'est pas homogène et il était intéressant d'étudier les aspects différentiels du QA. Les écarts sont testés par le t de Student d'une part et par une probabilisation bayésienne du d de Cohen d'autre part (Lecoutre, 1996). Pour cette dernière, on a calculé la probabilité que le d de Cohen soit au moins égal à 0,20 dans la population parente, cette valeur étant donnée par Cohen¹⁸ comme limite inférieure d'un effet à prendre en compte.

¹⁸ Cohen (1988) considère les délimitations suivantes : 0,20 petit effet (14,7% de non-chevauchement des distributions); 0,50 effet moyen (33% de non-chevauchement); 0,80 effet important (47,4% de non-chevauchement).

Par rapport à l'âge (voir tableau 9), on ne montre pas d'écart entre les plus jeunes et les plus âgés (12,25 vs 12,10). Par rapport au sexe, on note une nette différence en faveur des garçons (14,18 vs 10,55). Par rapport au cursus, on note une nette différence en faveur des scientifiques (13,94 vs 10,35).

variable	différence	t	signification	d de Cohen	effet notable
âge	0,15	0,16	0,86	0,03	20%
sexe	3,63	4,48	<0,0001**	0,90	100%
cursus	3,59	4,46	<0,0001**	0,90	100%
Sexe/scientifiques	5,76	6,51	<0,0001**	0,90	100%
Sexe/littéraires	0,77	0,69	0,48	0,90	50%

Tableau 9 : analyses différentielles.

Il était intéressant de regarder si on retrouve la différence entre les sexes dans chacun des cursus. Par rapport au sexe, chez les scientifiques, on note une nette différence en faveur des garçons (16,88 vs 11,12). Par contre, on ne trouve pas de différence lié au sexe chez les littéraires (10,80 vs 10,03). Par rapport à la C.S.P. des parents, on observe une seule différence significative, les étudiants dont la mère occupe un emploi réussissant mieux que ceux dont la mère est sans profession.

On ne s'étonne pas de la non différenciation en fonction de l'âge en égard à l'homogénéité de cette population d'étudiants (21 à 27 ans). La différence entre les sexes ne s'observe que parmi les étudiants du cursus scientifique. On peut supposer que se manifeste dans cette différence l'effet d'une pratique des jeux informatisés *-a priori* favorable au développement de l'attention-, plus développée chez les garçons que chez les filles aux intérêts scientifiques. La différenciation relative au cursus reflète en partie le processus d'orientation scolaire qui fait que les « meilleurs élèves » se dirigent vers les cursus à caractère scientifique, ces cursus étant jugés socialement prestigieux, et plus favorables à l'insertion professionnelle future. Enfin, l'avantage aux enfants des mères insérées dans le monde du travail confirme la meilleure stimulation qu'elles leur apportent (par exemple, Lefebvre & Philip, 1998).

Conclusion :

Le passage de la version papier à une version informatisée a permis d'enrichir la quantité et la qualité des indices fonctionnels. L'étude menée auprès des étudiants tunisiens valide l'inscription du T.G.R.A. dans la famille des tests attentionnels.

On retrouve le constat d'une certaine indépendance entre la vitesse de traitement de l'information et le contenu procédural des opérations mises en œuvre par le sujet. Plus fondamentalement, le rapprochement avec le Stroop Expression de Bellaj (2003) souligne l'importance des processus inhibiteurs dans la gestion des ressources attentionnelles. Enfin, on ne peut séparer facilement les processus attentionnels des processus conatifs.

On retiendra que les processus attentionnels s'inscrivent dans la complexité du comportement général mêlant cognition, émotion et attention. S'il convient parfois d'en distinguer les composants, il faut conserver à l'esprit la nécessité d'inscrire ces composants dans des dynamiques fonctionnelle, psychologique et neurologique, globales.

Les différents indices du T.G.R.A. sont d'une grande utilité pour le clinicien et le chercheur en psychologie. Les indices d'inhibition, de flexibilité et d'attention sélective pourraient s'interpréter comme reflet de l'efficacité des fonctions exécutives telles que définies par Rabbitt (1997), fonctions très sensibles aux lésions cérébrales frontales (Eslinger & Damasio 1985 ; Stuss & Benson, 1986) et impliquant des réseaux neuronaux plus larges (D'Esposito, Detre, Alsop, Shin, Atlas, & Grossman, 1995). Ces indices seraient également utiles pour rendre compte des dysfonctionnements frontaux et striato-frontaux donnant des déficits d'allure frontale comme dans la maladie de Parkinson (Owen, Roberts, Hodges, Summers, Polkey, & Robbins, 1993 ; Bellaj, 1997), la paralysie supra nucléaire progressive (Robbins, James, Owen, Lange, Lees, Leigh, Marsden, Quinn, & Summer, 1994), la maladie de Huntington (Lawrence, Sahakian, Hodges, Rosser, Lange, & Robbins, 1996), la schizophrénie (Braver, Barch, & Cohen, 1999) etc.

L'indice de vitesse de traitement pourrait servir de covariant dans les études développementales de l'effet de l'avancement en âge sur l'efficacité cognitive. Salthouse & Babcock (1994) ont bien démontré que la variable vitesse de traitement pourrait expliquer les différences observées entre les performances des jeunes et des sujets âgés dans différentes tâches de mémoire de travail et de raisonnement.

Ainsi, avec ses qualités psychométriques satisfaisantes, attestées par le travail sur la version papier crayon auprès d'une population française et par ce travail sur une version informatisée auprès d'une population tunisienne, le T.G.R.A. paraît prometteur pour la réalisation d'études transculturelles sur les processus attentionnels.

Bibliographie :

- Baddeley, A. (1993). *La mémoire humaine. Théorie et pratique*. Trad. fr. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Bellaj, T. & Ben Jemaa-Bellaj, S. (2004). *Échelle de dépression de Beck*. Version arabe non publiée.
- Bellaj, T. (2003). *Stroop couleur-expression*. Non publié.
- Bellaj, T. (1997). *Dysfonctionnement de la mémoire de travail dans la maladie de Parkinson*. Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis. Université de Tunis.
- Bohner, N., Jolles, J. & Tijnstra, A. (1992) Modification of the Stroop color word interference test improves differentiation between patients with mild head injury and matched controls. *The Clinical Neuropsychologist*, 6, 178-184
- Borella E., Delaloye C. & de Ribaupierre A. (2001). *Interférence, inhibition et différences individuelles dans la tâche du Stroop Couleur*. In A. Flieller, C. Bocéréan, J.-L. Kop,
- Braver, T. S., Barch, D. M., & Cohen, J. D. (1999). Cognition and control in schizophrenia: a computational model of dopamine and prefrontal function. *Biological Psychiatry*, 46, 312–328.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioural sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
- D'Esposito, M., Detre, J. A., Alsop, D. C., Shin, R. K., Atlas, S., & Grossman, M. (1995). The neural basis of the central executive system of working memory. *Nature*, 378, 279–281.

- Dickes, P. (1997). Comment construire un test de facteur g ? In J. Juhel, Th. Marivain, et G. Rouxel (Eds.), *Psychologie et différences individuelles – Questions actuelles*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- E.C.P.A. (1985). *R85*. Paris : E.C.P.A.
- Eslinger PJ, Damasio A. (1985). Several disturbance of higher cognition after bilateral frontal lobe ablation. Patient EVR. *Neurology*, 35:1731–41.
- Grenne, 1989c 1961 livre memory paradigms**
- Lawrence, A. D., Sahakian, B. J., Hodges, J. R., Rosser, A. E., Lange, K. W., & Robbins, T. W. (1996). Executive and mnemonic functions in early Huntington’s disease. *Brain*, 119, 1633–1645.
- Lecoutre, B (1996). *Traitement statistique des données expérimentales*, Montreuil : CISIA
- Lefebvre, P. & Philip M.. 1998. “Les antécédents familiaux, le revenu familial, le travail de la mère et le développement de l’enfant.” Document du travail sur le DRHC No. W-98-12F.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation: Advances in research and theory* (Vol. 4, pp. 1–18). New York: Plenum.
- Owen, A. M., Roberts, A. C., Hodges, J. R., Summers, B. A., Polkey, C. E., & Robbins, T. W. (1993). Contrasting mechanisms of impaired attentional set shifting in patients with frontal lobe damage or Parkinson’s disease. *Brain*, 116, 1159–1175.
- Pasquier, D. (2004). *Test d’évaluation dynamique de l’Educabilité*. 6^{ème} édition TEDE6. Paris : Editions et Applications Psychologiques.
- Pasquier, D. (1996). *Test d’évaluation dynamique de l’Educabilité Adapté*. TEDE-A. Bourges : Avenir et Entreprise.
- Pasquier, D. & Lucot J.C. (1996). *Nouvelle échelle de localisation du contrôle-interne, externe*. Bourges : Avenir et Entreprise.
- Pasquier, D. & Van Dam, F. (2004). *Le Test de Gestion des Ressources Attentionnelles - T.G.R.A.-, adultes tout venant et personnes âgées*. soumis
- Raven, J.C. (1956). *Standard Progressive Matrices*. (Révision 1956). Issy-les-Moulineaux : Editions Scientifiques et Psychotechniques.
- Rabbitt, P. (1997). Introduction: Methodologies and models in the study of executive function. In P. Rabbitt (Ed.), *Methodology of frontal and executive function* (pp. 1–38). Hove : Psychology Press.
- Reinert, M. (2001). Alceste, une méthode statistique et sémiotique d’analyse de discours ; Application aux “Rêveries du promeneur solitaire”. *La Revue Française de Psychiatrie et de Psychologie Médicale*, 49, pp 32-36.
- Reuchlin, M. (1978). Processus vicariants et différences individuelles. *Journal de Psychologie*, 2, 133-145.
- Robbins, T. W., James, M., Owen, A. M., Lange, K. W., Lees, A. J., Leigh, P. N., Marsden, C. D., Quinn, N. P., & Summers, B. A. (1994). Cognitive deficits in progressive supranuclear palsy, Parkinson’s disease, and multiple system atrophy in tests sensitive to frontal lobe dysfunction. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 57, 79–88.
- Salthouse TA, Babcock RL. (1994). Decomposing adult age-differences in working memory. *Neuropsychologia*, 32:241–7.
- Sedó, M. A. (1998 a). *Five Digit Test*. Natick : multigraphié.
- Sedo, M.A. (1998 b). *Digital Stroop*. Natick : multigraphié (november revision).
- Sternberg, R.J. (1994). *La conception triarchique de l’intelligence*. In M. Huteau Ed.), *Les techniques psychologiques d’évaluation des personnes*. Issy-les-Moulineaux : E.A.P.

Stuss, D. T. & Benson, D. F. (1986). *The frontal lobes*. New York: Raven Press.

Stroop J.R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662

Underwood, 1961 livre memory paradigms

Zazzo, R. (1992). *Manuel pour l'examen psychologique de l'enfant*. Paris : Delachaux et Niestlé.