

INFORMATION TO USERS

This manuscript has been reproduced from the microfilm master. UMI films the text directly from the original or copy submitted. Thus, some thesis and dissertation copies are in typewriter face, while others may be from any type of computer printer.

The quality of this reproduction is dependent upon the quality of the copy submitted. Broken or indistinct print, colored or poor quality illustrations and photographs, print bleedthrough, substandard margins, and improper alignment can adversely affect reproduction.

In the unlikely event that the author did not send UMI a complete manuscript and there are missing pages, these will be noted. Also, if unauthorized copyright material had to be removed, a note will indicate the deletion.

Oversize materials (e.g., maps, drawings, charts) are reproduced by sectioning the original, beginning at the upper left-hand corner and continuing from left to right in equal sections with small overlaps. Each original is also photographed in one exposure and is included in reduced form at the back of the book.

Photographs included in the original manuscript have been reproduced xerographically in this copy. Higher quality 6" x 9" black and white photographic prints are available for any photographs or illustrations appearing in this copy for an additional charge. Contact UMI directly to order.

UMI[®]

Bell & Howell Information and Learning
300 North Zeeb Road, Ann Arbor, MI 48106-1346 USA
800-521-0600



Université d'Ottawa • University of Ottawa

**DÉFICIT DE L'ATTENTION / HYPERACTIVITÉ ET
HAUSSE DU NIVEAU D'ACTIVATION CÉRÉBRALE
À L'AIDE D'UNE TECHNIQUE SUBLIMINALE AUDITIVE**

Thèse présentée comme exigence partielle
pour l'obtention du doctorat (Ph.D.) en psychologie clinique

© François Dupont
Étudiant # 526450

École de psychologie,
Université d'Ottawa
Ottawa, Ontario
2 octobre 1998

Entête: Enregistrement subliminal et DA/H

Dr Kenneth Campbell
Dr Philippe Cappeliez
Dr Pierre Mercier
Dr Paul Swingle Superviseur



National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque nationale
du Canada

Acquisitions et
services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file *Votre référence*

Our file *Notre référence*

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-38782-8

Canada

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	6
INTRODUCTION	8
Diagnostic comportemental	8
Électro-encéphalographie	10
Concepts de base de l'électro-encéphalographie	10
Électro-encéphalographie et déficit de l'attention / hyperactivité	11
Conclusion sur les EEG et les DA/H	17
Interventions pour moduler les EEG	18
Traitement médicamenteux	18
Neurofeedback	19
Stimulation audio-visuelle (SAV)	23
Stimulation micro-électrique (SME)	24
Autorégulation	25
Manipulations électro physiologiques	26
Stimulation auditive subliminale (SAS)	28
Stimulation auditive subliminale générale	28
Stimulation auditive subliminale Sub/Alpha	33
Résumé et but de l'étude	37
Premier niveau d'analyse : Effet immédiat sur les EEG	40
Hypothèse 1	40
Hypothèse 2	40
Deuxième niveau d'analyse : Effet à moyen terme sur les EEG	41
Hypothèse 3	41
Troisième niveau d'analyse : Effet immédiat sur l'attention	41
Hypothèse 4	41
Hypothèse 5	41
Quatrième niveau d'analyse : Effet à moyen terme sur l'attention	42
Hypothèse 6	42
MÉTHODOLOGIE	42
Sujets	42
Procédure	43
Protocole	46
Mesures	48
Analyses des données	49
RÉSULTATS	50
Analyses préliminaires	50
Premier niveau d'analyse : Effet immédiat sur les EEG	51
Hypothèse 1	51
Hypothèse 2	51

Deuxième niveau d'analyse : Effet à moyen terme sur les EEG	60
Hypothèse 3	60
Troisième niveau d'analyse : Effet immédiat sur l'attention	65
Hypothèse 4	65
Hypothèse 5	65
Quatrième niveau d'analyse : Effet à moyen terme sur l'attention	74
Hypothèse 6	74
Analyse supplémentaire : EEG au repos et pendant une tâche de concentration	80
DISCUSSION	84
RÉFÉRENCES	97
FIGURES	
Figure 1	Ratio thêta/bêta pendant 6 sessions de neurofeedback 36
Figure 2	Thêta moyen pendant présentation de Sub/Alpha et du bruit rose 53
Figure 3	Bêta1 moyen pendant présentation de Sub/Alpha et du bruit rose 53
Figure 4	Ratio T/B moyen pendant présentation de Sub/Alpha et du bruit rose . 54
Figure 5	Thêta; session par devoir; analyse de l'effet immédiat de la présentation; sessions 2, 3, 4 et 5 58
Figure 6	Bêta1; session par devoir; analyse de l'effet immédiat de la présentation; sessions 2, 3, 4 et 5 59
Figure 7	Ratio T/B; session par devoir; analyse de l'effet immédiat de la présenta- tion; sessions 2, 3, 4 et 5 59
Figure 8	Thêta moyen par session; EEG; analyse de l'effet à moyen terme 61
Figure 9	Bêta1 moyen par session; EEG; analyse de l'effet à moyen terme 61
Figure 10	Ratio t/b moyen par session; EEG; analyse de l'effet à moyen terme . 62
Figure 11	Erreur d'omission; TOVA; analyse de l'effet immédiat 67
Figure 12	Erreur de commission; TOVA; analyse de l'effet immédiat 67
Figure 13	Temps de réponse; TOVA; analyse de l'effet immédiat 68
Figure 14	Variabilité du temps de réponse; TOVA; analyse de l'effet immédiat . . 68
Figure 15	Interaction "présentation avec devoir"; Erreur d'omission 72
Figure 16	Interaction "présentation avec devoir"; Erreur de commission 72
Figure 17	Interaction "présentation avec devoir"; Temps de réponse 73
Figure 18	Interaction "présentation avec devoir"; Variabilité du temps de réponse 73
Figure 19	Erreur d'omission par session; Effet à moyen terme 76
Figure 20	Erreur de commission par session; Effet à moyen terme 76
Figure 21	Temps de réponse par session; Effet à moyen terme 77
Figure 22	Variabilité du temps de réponse par session; Effet à moyen terme . . . 77

Figure 23	Interaction session par contexte dans l'analyse du EEG au repos et pendant une tâche de concentration; mesure du ratio T/B	82
Figure 24	Interaction session par contexte dans l'analyse du EEG au repos et pendant une tâche de concentration; mesure de thêta	83
Figure 25	Interaction session par contexte dans l'analyse du EEG au repos et pendant une tâche de concentration; mesure de bêta1	83
Figure 26	Thêta total; "session par devoir"; durant toute l'étude	89
Figure 27	Bêta total; "session par devoir"; durant toute l'étude	89
Figure 28	Ratio t/b; "session par devoir"; durant toute l'étude	90

TABLEAUX

Tableau 1	EEG et DA/H : Une présentation chronologique de la littérature	16
Tableau 2	Exemple d'une session de neurofeedback avec Sub/Alpha	36
Tableau 3	Les quatre niveaux d'analyse de l'étude	40
Tableau 4	Protocole de l'intervention	44
Tableau 5	Valeurs moyennes (μV) des mesures du EEG; par type de présentation (les 2 groupes "devoir" sont combinés)	54
Tableau 6	Analyse multivariée de la variance; EEG; Effet immédiat de la présentation alternée du bruit rose et de Sub/Alpha	55
Tableau 7	Analyse de la variance univariée; EEG; effet immédiat	55
Tableau 8	Valeurs moyennes (μV) des mesures du EEG; par session; analyse de l'effet immédiat de la présentation	58
Tableau 9	Analyse multivariée de la variance à mesures répétées; EEG; analyse de l'effet à moyen terme	62
Tableau 10	Valeurs moyennes (μV) des mesures du EEG par session; analyse de l'effet à moyen terme	64
Tableau 11	Analyse univariée de la variance à mesures répétées; EEG; analyse de l'effet à moyen terme	64
Tableau 12	Analyse multivariée de la variance; TOVA; présentation alternée du bruit rose et de Sub/Alpha	69
Tableau 13	Résultats moyens des mesures du TOVA (% et msec); par session; analyse de l'effet immédiat (les 2 groupes "devoir" sont combinés)	69
Tableau 14	Analyse univariée de la variance; TOVA; présentation alternée du bruit rose et de Sub/Alpha	71
Tableau 15	Analyse de la variance avec mesures répétées; TOVA avant et après traitement et à une semaine de suivi	75
Tableau 16	Valeurs des mesures du TOVA (% et msec); par session; analyse temporelle	75
Tableau 17	Analyse univariée de la variance; TOVA; analyse temporelle	78
Tableau 18	Comparaisons des variables par paires aux sessions 1, 6 et 7; TOVA	79

Tableau 19	Analyse de la variance multivariée; EEG au repos et pendant une tâche de concentration (premier quart du TOVA)	81
Tableau 20	Valeurs du EEG (μ V) par session dans l'analyse du EEG au repos et pendant une tâche de concentration (premier quart du TOVA)	81
Tableau 21	Valeurs du EEG (μ V) par contexte; dans l'analyse du EEG au repos et pendant une tâche de concentration (premier quart du TOVA)	82

ANNEXE A

A-1.	Description diagnostique du Trouble: Déficit de l'attention / hyperactivité . . .	115
A-2.	Système international de placement d'électrodes 10-20	116

ANNEXE B

B-1.	Formulaire de recrutement	121
B-2.	Formulaire de consentement	122

ANNEXE C

C-1.	Exemple d'un rapport du TOVA	123
------	--	-----

ANNEXE D

Tableau D-1A.	Présentation des différences inter-groupes avant traitement	126
Tableau D-1B.	Test- t des différences inter-groupes avant traitement	127
Tableau D-2.	Descriptions des variables; analyse locale; EEG	130
Tableau D-3.	Descriptions des variables; analyse temporelle; EEG	133
Tableau D-4.	Descriptions des variables; analyse locale; TOVA	134
Tableau D-5.	Descriptions des variables; analyse temporelle; TOVA	137
Tableau D-6.	Descriptions des variables; analyse repos-concentration; EEG	138

RÉSUMÉ

Certains déficits de l'attention / hyperactivité sont associés à une activité anormalement élevée des ondes cérébrales thêta combinée à un ralentissement de l'activité bêta. Conséquemment, certains traitements visent la réduction des ondes thêta et l'augmentation des ondes bêta. Un enregistrement subliminal auditif qui semble réduire l'activité thêta (Sub/Alpha) a récemment été développé et testé de façon préliminaire au niveau clinique. Ce traitement présente l'avantage d'être facile à insérer dans les activités quotidiennes et il offre ainsi la possibilité d'être incorporé à des approches multi-modales déjà établies. De plus, il s'avère être très économique. Notre étude a comparé l'efficacité de Sub/Alpha à celle d'un enregistrement de bruit rose, tous deux utilisés quotidiennement pendant cinq semaines ($n=11$ pour chaque groupe). Un électro-encéphalogramme et un test sur ordinateur de la capacité d'attention, le Test of Variables of Attention (TOVA), ont été administrés à sept reprises. Il y avait une semaine d'intervalle entre les mesures. Les résultats démontrent une différence significative sur les mesures de thêta, bêta1 et du ratio T/B, *pendant* la présentation de Sub/Alpha comparée à celle du bruit rose. On ne remarque aucune différence significative entre l'écoute de Sub/Alpha et du bruit rose à la maison, sur les mesures de thêta, bêta1 et du ratio T/B, à moyen terme. Les résultats n'indiquent pas de différence significative sur les mesures du TOVA (omission, commission, temps de réponse et variabilité du temps de réponse), *pendant* la présentation de Sub/Alpha comparée à celle du bruit rose. Et finalement, on ne remarque aucune différence

significative entre l'écoute de Sub/Alpha et du bruit rose à la maison, sur les mesures du TOVA à moyen terme. Pour les deux groupes il n'y a pas de changement entre la première et la dernière session de l'étude.

INTRODUCTION

Diagnostic comportemental

Le terme déficit de l'attention et hyperactivité (DA/H) est utilisé pour décrire un trouble spécifique qui consiste en une faible capacité à se concentrer sur une tâche importante et à maintenir l'attention jusqu'à ce que la tâche soit terminée. Les symptômes incluent l'inattention, une facilité à la distraction, l'impulsivité, des difficultés à reporter une gratification, de l'agitation et de l'hyperactivité (Gaddes & Edgell, 1994). Le DA/H est un problème complexe et important qui affecte entre 3% et 5 % des enfants d'âge scolaire élémentaire selon le Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux, 4^e version (DSM-IV) (American Psychiatric Association, 1996). En Amérique du Nord, cela correspond en moyenne à un enfant par salle de classe. Un sondage effectué en Ontario en 1989 rapporte que 9% des garçons et 3.3% des filles d'âge scolaire élémentaire ont des DA/H (Szatmari, Offord, & Boyle, 1989). Le taux varie avec l'âge pour les garçons. Dans le groupe des 4 à 11 ans, environ 10% des garçons sont identifiés comme ayant des DA/H, alors que 7.3% le sont dans le groupe des 12 à 16 ans. Le taux est stable pour les filles, à 3.3% et 3.4%. D'autres sources indiquent un taux pouvant varier entre 5% et 15% de la population. La grande variation dans les taux estimés s'explique en partie par des fluctuations dans la définition de cette condition (Gaddes & Edgell, 1994). En effet, le DA/H a été décrit par de nombreux termes diagnostiques au cours des années, la description évoluant avec la compréhension de chaque époque.

Quelques-uns de ces termes / perspectives, ont été tour à tour : "Dommages cérébraux mineurs (DCM), réactions hyperkinesthésiques de l'enfance (DSM-II), hyperkinésie (surtout en Europe), syndrome d'instabilité de l'enfance (Classification Internationale des Maladies, neuvième révision (CIM-9)), perturbation de l'activité et de l'attention (Classification Internationale des Maladies, dixième révision (CIM-10)), trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA-H ou TDA) (DSM-III) et trouble d'hyperactivité avec déficit de l'attention (THADA) (DSM-III-R). Dans le présent ouvrage, la plus récente définition du Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux 4^e version (DSM-IV) sera utilisée : "Trouble : Déficit de l'attention / hyperactivité" (DA/H) (American Psychiatric Association, 1996).

Cette version distingue trois sous types de troubles. Le premier sous type est le déficit de l'attention / hyperactivité, avec prédominance de l'inattention (à partir d'ici nommé : DA). Le deuxième sous type est le déficit de l'attention / hyperactivité, avec prédominance de l'hyperactivité / impulsivité (à partir d'ici nommé : Hyperactivité). Et le troisième sous type correspond à la forme mixte d'inattention et d'hyperactivité / impulsivité (DA/H). Finalement, la catégorie du déficit de l'attention / hyperactivité non spécifié correspond aux troubles avec symptômes évidents d'inattention ou d'hyperactivité / impulsivité qui ne remplissent pas tous les critères du Trouble déficit de l'attention / hyperactivité (Voir le tableau en annexe A-1 pour une description détaillée des symptômes selon le DSM-IV).

Électro-encéphalographie

Cette section vise à présenter les anomalies cérébrales généralement retrouvées chez les enfants présentant des DA/H. Dans un premier temps, nous examinons les concepts de base de l'électro-encéphalographie ainsi que les termes employés pour classifier les différentes ondes cérébrales.

Concepts de base de l'électro-encéphalographie

La technique de l'électro-encéphalographie consiste à mesurer l'activité cérébrale par une lecture des potentiels électriques à différents endroits sur la tête. Une classification normalisée de ces endroits existe sous le nom de Système international de placements d'électrodes 10-20 (Annexe A-2). Son nom vient du fait que les distances entre les différents points sont de 10 % ou 20 % de la distance totale entre des points de repère anatomiques. Les ondes électriques répertoriées présentent des formes différentes associées à différentes fréquences et ces ondes sont également associées à différents comportements ou états de conscience (Schwartz & Olson, 1995).

Delta est le nom donné aux ondes cérébrales de fréquences variant de 0,5 à 4 cycles à la seconde (Hz). Thêta représente les ondes de fréquences de 4 à 8 Hz et alpha représente les ondes de 8 à 12 Hz. Le rythme sensorimoteur (RSM) se situe entre 12 et 15 Hz, alors que bêta se situe entre 16 et 32 Hz. Bêta est souvent divisé en deux : Bêta1 de 16 à 20 Hz et bêta2 de 21 à 32 Hz (Allen, Lubar, Schwartz, & Segal,

1996).

L'intensité ou amplitude, d'une onde cérébrale donnée est mesurée en micro Volts (μV). Par exemple, lorsqu'un individu normal se concentre pour lire, l'amplitude de bêta1 présente une augmentation par rapport à la situation de repos. Au même moment, thêta et alpha diminuent. Ensuite, lorsque cet individu ferme les yeux, il y a augmentation de l'activité alpha. S'il se laisse aller à la méditation profonde ou au sommeil, les amplitudes de thêta et de delta dominant (Delmonte, 1984b).

En résumé, lorsque les ondes de basses fréquences (Delta, thêta, Bas-alpha) sont prédominantes (niveau élevé de μV), ceci représente un état d'activation cérébrale peu élevée (ou ralentissement). Si les ondes RSM et bêta1 dominent, on parle alors d'un niveau d'activation cérébrale élevé. Si surtout bêta2 domine, on parle alors d'excitation (Allen et al., 1996).

Électro-encéphalographie et déficit de l'attention / hyperactivité

On a depuis longtemps associé les DAVH à un fonctionnement anormal de l'activité cérébrale. Déjà dans les années trente on remarque un ralentissement du EEG chez des enfants ayant un diagnostic de dommages cérébraux mineurs (Jasper, Solomon, & Bradley, 1938). Dans les années 50 et 60 plusieurs chercheurs trouvent différentes anomalies des EEG chez ces enfants (Cohn & Nardin, 1958; Knott, Platt, Ashby, & Gottlieb, 1953; Pavy & Metcalf, 1965; Werry, Delano, & Douglas, 1964). Le manque de spécificité dans ces anomalies serait attribuable au diagnostic trop vague

de dommages cérébraux mineurs (Lubar, 1991).

Puis, les années 70 voient le début des travaux de Satterfield et de ses collaborateurs. En s'appuyant sur les symptômes comportementaux (mouvements excessifs, etc., voir tableau en annexe A-1), Satterfield et Dawson prédisent dans leur première étude que les enfants hyperactifs présenteront un niveau plus élevé d'excitation physiologique lorsque comparé à des enfants normaux (Satterfield & Dawson, 1971). Ils mesurent cette excitation par l'activité électrodermale. Ce qu'ils découvrent est exactement le contraire de leur prédiction. Les enfants hyperactifs présentent un niveau inférieur d'excitation physiologique comparé aux enfants normaux. Selon ces auteurs cet hypo-excitation pourrait expliquer l'effet paradoxal des stimulants sur les comportements hyperactifs des enfants. En effet, en voulant traiter les maux de tête de certains enfants hyperactifs, Bradley découvre que ces enfants à qui il donne des stimulants deviennent moins agités (Bradley, 1937; Gross, 1995). Selon Satterfield et Dawson, ceci est dû au fait qu'étant stimulés au niveau physiologique grâce à la médication, les enfants n'ont plus à bouger constamment pour s'auto-stimuler (Satterfield & Dawson, 1971).

Pour valider cette hypothèse, Satterfield et ses collaborateurs ont étudié les examens neurologiques et les réponses comportementales au traitement par le méthylphénidate de 57 garçons hyperactifs de 5 à 10 ans (Satterfield, Cantwell, Saul, Lesser, & Podosin, 1973). Leur étude indique une corrélation significative entre le degré de ralentissement de l'activité cérébrale (surtout une activité thêta excessive) et

la probabilité d'une bonne réponse au méthylphénidate. Bien que cette relation n'ait pas été trouvée dans toutes les études (Halperin, Gittelman, Katz, & Struve, 1986), l'ensemble de leur recherche appuie l'hypothèse que les enfants hyperactifs sont sous-stimulés (Satterfield et al., 1973; Satterfield, Cantwell, Saul, & Yusin, 1974; Satterfield & Dawson, 1971; Satterfield, Satterfield, & Cantwell, 1980; Satterfield & Schell, 1984; Satterfield, Schell, Backs, & Hidaka, 1984; Satterfield, Schell, & Nicholas, 1994; Satterfield, Schell, Nicholas, Satterfield, & Freese, 1990).

Cette hypothèse permet de distinguer deux causes distinctes associées à des comportements autrement identiques. Prenons l'exemple de deux enfants de six ans qui bougent de façon excessive, qui dérangent en classe et à la maison et qui sont très impulsifs. Un de ces enfants vit une période d'ajustement difficile à la maison; le divorce amer de ses parents par exemple. En général, ce type d'enfant présente une amplitude élevée des ondes bêta2 (excitation), un abaissement des ondes alpha (manque de relaxation) et rien de particulièrement remarquable avec les ondes thêta (Allen et al., 1996). Il est stressé, anxieux et il manque de sécurité. Ses comportements expriment son désarroi. Une fois la situation plus calme, son bêta2 pourra diminuer.

L'autre enfant, lui, n'a rien dans son environnement qui puisse expliquer une telle insécurité. De plus, les symptômes perdurent, s'aggravent et se généralisent même à d'autres situations. En bref, cet enfant rencontre plusieurs critères du DSM-IV du déficit d'attention / hyperactivité (tableau en annexe A-1). En général, ce type d'enfant présente une amplitude élevée des ondes thêta (sommolence), un abaisse-

ment des ondes bêta1 (manque de concentration) et peut présenter ou non une élévation de bêta2 (excitation) (tableau 1) (Allen et al., 1996).

Une autre étude qui appuie l'hypothèse d'un état d'éveil EEG inférieur chez les enfants avec DA/H compare un groupe de onze enfants hyperactifs (selon le DSM-II) à un groupe de onze enfants non hyperactifs. Les enfants hyperactifs présentent davantage d'activité bas-alpha et moins d'activité bêta dans les périodes au repos (Grunewald-Zuberbier, Grunewald, & Rasche, 1975). De plus, cette différence est davantage marquée pendant des tâches de stimulation avec des sons. Pour la population générale lorsqu'un son est présenté l'amplitude des ondes alpha est généralement abaissée. Cette baisse d'amplitude au son se développe plus lentement chez les enfants hyperactifs de cette étude comparés aux enfants non hyperactifs. Les auteurs indiquent que ceci suggère un état d'éveil inférieur. Finalement, il est à souligner que ces chercheurs n'ont pas pris de mesure de l'activité thêta, ce qui est fréquent à cette époque de la recherche.

Cette hypothèse de sous stimulation cérébrale est également corroborée par une étude qui compare des enfants présentant des comportements déviants (n=153), mesurés par le Rutter Child Questionnaire, des enfants avec un diagnostic de DA/H (n=91) et un groupe contrôle (n=83) (Matsuura et al., 1993). Il est à noter que chacun de ces groupes est composé d'enfants provenant du Japon, de la Chine et de la Corée. Les résultats démontrent plus d'activité delta et thêta et moins d'activité alpha chez les DA/H que chez les groupes déviant et contrôle. La seule différence culturelle signifi-

tive (non expliquée) est le fait que les enfants chinois avec DA/H présentent une activité bêta moins élevée.

Des études récentes, faites à l'aide d'une technologie de plus en plus sophistiquée, trouvent des résultats similaires. Par exemple, Mann et ses collaborateurs démontent des différences entre 25 garçons avec DA sans hyperactivité et sans troubles d'apprentissage et 27 garçons normaux âgés entre 9 et 12 ans (Mann, Lubar, Zimmerman, Miller, & Muenchen, 1992). Ces sujets, tous des droitiers, sont appariés pour correspondre au niveau socio-économique, au niveau du quotient intellectuel et au niveau de l'année scolaire. Les EEG faits à l'aide de 16 canaux démontent une claire élévation de l'activité thêta (4 à 7.75 Hz) et une diminution de l'activité bêta (12.75 à 21 Hz) pour les enfants avec DA. Les différences sont accentuées pendant la lecture ou le dessin et diminuent au repos. Bien que les différences soient généralisées aux seize locations mesurées, la différence d'activité thêta est plus grande dans la région frontale, alors que la différence d'activité bêta est plus marquée dans la région temporale.

Janzen arrive aux mêmes résultats, excepté qu'il fait l'observation de différences plus marquées dans la région centrale du cerveau (Janzen, 1992). Dans une autre étude, Janzen et ses collaborateurs trouvent une fois de plus une activité thêta statistiquement plus élevée chez des enfants avec DA lorsque comparés à un groupe contrôle (Janzen, Graap, Stephanson, Marshall, & Fitzsimmons, 1995). Cette caractéristique se retrouve à tous les sites étudiés et durant les sept tâches ou conditions

différentes.

Finalement, la banque de données accumulées à ce jour par Lubar et ses collaborateurs démontre que la mesure du ratio thêta/bêta est peut être la mesure la plus efficace pour discriminer entre les enfants avec et sans DA (Lubar, 1995; Monastira, 1997). De plus, plusieurs études ont été faites avec des enfants ayant des troubles d'apprentissage incluant des DA/H, mais sans faire de distinction. Ces résultats appuient aussi l'hypothèse de l'activité thêta excessive (Voir tableau 1).

Tableau 1 EEG et DA/H : Une présentation chronologique de la littérature

ÉTUDE	Diagnostic	$\theta\uparrow$	$\alpha\uparrow$	smr \downarrow	$\beta\downarrow$
(Jasper et al., 1938)	MBD	x			
(Knott et al., 1953)	MBD	x			
(Cohn & Nardin, 1958)	MBD	x			
(Werry et al., 1964)	MBD	x			
(Pavy & Metcalf, 1965)	MBD	x			
(Satterfield et al., 1973)	Hyper	x			
(Satterfield et al., 1974)	Hyper	x			
(Grunewald-Zuberbier et al., 1975)	Hyper		x		x
(Montagu, 1975)	Hyper		x		
(Lubar & Shouse, 1976)	Hyper	x			x
(Shouse & Lubar, 1979)	Hyper	x		x	x
(Ahn et al., 1980)	Hyper	x			
(Cunningham & Murphy, 1981)	LD	x			
(Corning, Steffy, & Chaprin, 1982)	LD	x			

ÉTUDE	Diagnostic	$\theta \uparrow$	$\alpha \uparrow$	smr \downarrow	$\beta \downarrow$
(Dykman, Holcomb, Oglesby, & Ackerman, 1982)	LD/Hyper		x		x
(Tansey & Bruner, 1983)	LD/Hyper			x	x
(Tansey, 1984)	LD/Hyper			x	
(Gillberg, Matousek, Petersen, & Rasmussen, 1984)	LD/ADD	x			
(Lubar & Lubar, 1984)	LD/ADD	x		x	x
(Lubar, 1985)	LD/ADD	x		x	x
(Lubar et al., 1985)	LD/ADD	x		x	x
(Lubar, 1991)	ADD	x			x
(Mann et al., 1992)	ADD	x			x
(Janzen, 1992)	ADD	x			x
(Matsuura et al., 1993)	ADD-H	x		x	
(Janzen, 1992)	ADD	x			
(Janzen et al., 1995)	ADD	x			
(Monastra, 1997)	ADD	x			x

Conclusion sur les EEG et les DA/H

En général, les différences les plus communément perçues entre les EEG des enfants avec et sans DA/H sont donc les suivantes : (1) une activité excessive des ondes de basses fréquences (surtout thêta); et (2) moins d'activité bêta accompagnée d'une atténuation plus lente de l'activité alpha pendant une tâche requérant de l'attention.

Interventions pour moduler les EEG

Dans cette section, nous présentons différentes interventions ayant comme but une modification du EEG humain, plus particulièrement pour des personnes avec des DA/H. Les interventions suivantes sont introduites : les traitements médicamenteux, le neurofeedback, la stimulation audio-visuelle, la stimulation micro-électrique, les comportements d'auto régulation et la stimulation auditive subliminale.

Traitement médicamenteux

Utilisé présentement comme traitement de choix dans le traitement des DA/H, le méthylphénidate a parfois des effets secondaires qui peuvent être importants (insomnie, douleurs abdominales, perte d'appétit, perte de poids, arrêt de la croissance) (Forness, Cantwell, Swanson, Hanna, & et, 1991; Forness, Swanson, Cantwell, Youpa, & et, 1992; Pataki, Carlson, Kelly, Rapport, & et, 1993; Swanson, Cantwell, Lerner, McBurnett, & et, 1991; Swanson, McBurnett, Christian, & Wigal, 1995). De plus, il semble que l'effet à long terme du méthylphénidate sur les EEG soit ambigu (Douglas, Barr, O'Neill, & Britton, 1986; Frank, 1993; Hechtman, Weiss, & Perlman, 1984; Klorman, 1991; Klorman, Brumaghim, Fitzpatrick, Borgstedt, & Strauss, 1994; Lubar, 1995; Potashkin & Beckles, 1990; Shouse & Lubar, 1979; Vyborova, Nahunek, Drtilkova, Balastikova, & et, 1985). En fait, les études sur le niveau d'attention et le méthylphénidate démontrent que l'effet est dépendant de la présence du médicament dans le sang (Brown, Borden, Wynne, Schleser, & et, 1986). Lorsque la concentration

du stimulant descend sous un certain seuil, la capacité d'attention revient à son niveau d'avant l'administration.

Neurofeedback

Le neurofeedback consiste à entraîner un individu à produire une configuration spécifique de son EEG dans le but d'améliorer une condition neurologique donnée. Cette approche a été développée par Sterman pour le traitement de l'épilepsie (Sterman, 1981). Ce que ce chercheur a découvert c'est que lorsqu'on place une électrode à la location corticale centrale Cz conformément au système international d'électroencéphalographie 10-20, et qu'on entraîne une personne épileptique à augmenter l'amplitude de l'activité cérébrale entre 12 et 15 Hz (appelé rythme sensori-moteur ou RSM), la fréquence de ses crises diminue de façon significative.

Après avoir travaillé avec Sterman en 1975-76, Lubar poursuit cette recherche avec les épileptiques (Lubar, 1977; Lubar & Bahler, 1976; Lubar et al., 1981). Par la suite, il commence à utiliser cette approche avec des enfants présentant des troubles d'apprentissage et des DA/H (Lubar, 1985; Lubar, 1991; Lubar, 1995; Lubar et al., 1985; Lubar, Mann, Gross, & Shively, 1992; Lubar & Shouse, 1976; Lubar, Swartwood, Swartwood, & O'Donnell, 1995a; Lubar, Swartwood, Swartwood, & Timmermann, 1995b; Lubar & Lubar, 1984; Mann et al., 1992; Shouse & Lubar, 1979). D'autres cliniciens chercheurs suivent également cette direction (Cunningham & Murphy, 1981; Othmer, Othmer, & Marks, 1991; Tansey, 1990; Tansey, 1991; Tansey, 1993; Tansey &

Bruner, 1983).

Dans l'étude suivante réalisée par Lubar et ses collaborateurs, on explique de façon détaillée la procédure utilisée. Ces chercheurs mesurent les effets du neurofeedback sur (1) le niveau d'attention mesuré par le Test of Variables of Attention (T.O.V.-A.); (2) les comportements mesurés par le Attention Deficit Disorders Evaluation Scale (ADDES); et (3) le quotient intellectuel mesuré par le Wechsler Intelligence Scale for Children - Revised (WISC-R) (Lubar et al., 1995a). Dix-neuf sujets (3 filles, 16 garçons) avec des DA/H participent à la première section de l'étude. L'âge varie de 8 à 19 ans avec une moyenne de 11.4 ans. Aucun des sujets ne reçoit de médication au moment de l'étude. En plus de répondre au diagnostic de DA selon le DSM-III-R, les sujets présentent un patron de EEG consistant avec ce diagnostic, c'est-à-dire une élévation de thêta dans les régions frontale et centrale et/ou diminution de bêta (13-21 Hz) dans la région postérieure.

Le traitement consiste en une heure d'entraînement EEG par jour, du lundi au vendredi, pour 8 à 10 semaines (environ 40 sessions). Les sujets doivent élever bêta au-dessus du niveau pré-défini ou diminuer thêta au-dessous du niveau pré-défini. Lorsqu'ils y arrivent, ils reçoivent des renforcements auditifs et visuels (par exemple, l'émission d'un son, et/ou l'envol de superman sur l'écran cathodique).

Le T.O.V.A. est administré avant et après le traitement. Ce test consiste à surveiller un écran cathodique et à cliquer un bouton dès qu'un stimulus A apparaît et à ne pas cliquer lorsque le stimulus B est à l'écran. Les résultats sont basés sur les

erreurs d'omission, les erreurs de commission, le temps moyen des bonnes réponses et la variabilité de ces réponses. Dans une étude sur l'effet du méthylphenidate sur la performance, on a démontré une différence significative sur les variables du TOVA entre le pré-traitement et sous l'effet du méthylphenidate (Greenberg, 1987; Greenberg & Waldman, 1993). Il semble qu'il n'y ait pas d'effet de pratique sur ce test, et qu'en fait les sujets aient tendance à moins bien réussir lorsqu'ils sont testés à nouveau, à cause de l'ennui (Greenberg, 1987).

Douze enfants sur les dix-neuf réussissent à abaisser l'activité thêta de façon significative au cours des 40 sessions. Ce groupe présente une modification significative sur trois des quatre échelles du T.O.V.A. Les sept enfants n'ayant pas réussi à abaisser thêta de façon significative présentent une modification sur 1.5 échelles du T.O.V.A. en moyenne.

Dans la deuxième partie de cette étude de Lubar, les comportements sont mesurés par les parents à l'aide du ADDES. Les deux groupes démontrent une amélioration. Selon les auteurs, ces résultats sont dus à la tendance des parents de surévaluer les progrès subjectifs des interventions.

Dix sujets de l'étude ont déjà été évalués environ deux ans avant l'intervention à l'aide du WISC-R. Ce sous-groupe est donc utilisé dans la troisième partie de l'étude. Tous ces enfants démontrent un abaissement significatif de l'activité thêta et une amélioration significative dans leurs scores de QI d'après traitement comparés à leurs scores d'avant traitement.

Comme conclusion à cette étude, Lubar et ses collaborateurs affirment donc que des résultats significatifs sont démontrés sur les mesures objectives du T.O.V.A. et du WISC-R à la suite du traitement de neurofeedback. De plus, pour les enfants âgés de moins de 14 ans la réduction de l'activité thêta semble être le facteur clé associé à une amélioration des DA, alors qu'avec les adultes c'est l'élévation de l'activité bêta. C'est pourquoi Lubar croit que la mesure la plus utile demeure le ratio de thêta sur bêta (Lubar, 1995; Monastra, 1997). Les auteurs notent finalement qu'un protocole intense à court terme leur semble plus efficace pour contrôler les variables extérieures à l'intervention.

Il y a aujourd'hui aux États-Unis plus de sept cents organisations qui utilisent le neurofeedback dans le traitement des DA/H et des troubles d'apprentissage (Allen et al., 1996). Le neurofeedback est aussi employé dans le traitement de l'anxiété (Cassel, 1985; Futterman & Shapiro, 1986; Rice, Blanchard, & Purcell, 1993), du syndrome de stress post-traumatique (Peniston & Kulkosky, 1991), de la douleur chronique (Melzack & Perry, 1975), des séquelles de traumatismes crâniens (Senf, 1988), des troubles du sommeil (Bell, 1979; Hauri, 1981; Hauri, Percy, Hellekson, Hartmann, & Russ, 1982), de l'asthme (Tansey, 1982), de l'alcoolisme (Fahrion, Walters, Coyne, & Allen, 1992; Peniston & Kulkosky, 1989; Peniston & Kulkosky, 1990) et comme mentionné précédemment, dans le traitement de l'épilepsie (Andrews & Schonfeld, 1992; Daum et al., 1993; Lantz & Sterman, 1988; Rockstroh et al., 1993; Tozzo, Elfner, & May, 1988).

Stimulation audio-visuelle (SAV)

Une autre méthode visant la régulation des ondes cérébrales consiste à utiliser un appareil de stimulation audio-visuelle (SAV). Ces appareils envoient des ondes sonores dans des écouteurs et des pulsations lumineuses dans des lunettes spéciales. La littérature démontre que lorsqu'une fréquence particulière est émise, l'amplitude des ondes cérébrales de même fréquence a tendance à augmenter (Barlow, 1967; Glickson, 1986; Ohatrian, Peterson, & Lazarte, 1960). Le raisonnement utilisé dans la démarche clinique est que la stimulation ainsi induite chez l'individu mène à l'état subjectif associé à cette fréquence (Budzynski, 1992). Par exemple, alpha est associé à la relaxation (Benson, 1983), à la diminution de la douleur (Melzack & Perry, 1975), à la diminution de l'anxiété et à l'augmentation de la sensibilité à l'hypnose (Delmonte, 1984a; Delmonte, 1984b). Donc, l'utilisation des appareils de stimulation audio-visuelle dans les fréquences alpha devrait produire un effet calmant et relaxant alors que la stimulation de bêta produirait un effet stimulant.

Des programmes spéciaux ont été développés pour ces appareils et plusieurs cliniciens font déjà usage de ceux-ci dans le traitement des DA/H et des troubles d'apprentissage (Olmstead & Kaufman, 1995; Russell & Carter, 1990). Il y a plusieurs commentaires prometteurs venant des cliniciens, mais il n'y a pas d'étude avec groupe contrôle de disponible pour le moment. L'université de l'Alberta conduit présentement une étude dans une école de la province. Des élèves ayant des DA/H utilisent régulièrement un appareil de SAV de conception canadienne. Les résultats seront disponibles

à l'automne de 1998 (Siever, 1998).

Stimulation micro-électrique (SME)

Il existe également dans le domaine de la stimulation cérébrale des appareils de stimulation micro-électrique qui ont été d'abord développés pour le traitement de l'insomnie (electrosleep therapy) (Klawansky et al., 1995). Aux États-unis les appareils approuvés pour usage médical par la "Food and Drug Administration" (FDA) utilise généralement un courant de moins de 1.0 mA à une fréquence de 100Hz. Ce courant circule d'un côté à l'autre du cerveau à partir d'électrodes placées sur les lobes des oreilles. Aujourd'hui, en plus du traitement de l'insomnie on utilise également ces appareils pour le traitement de la douleur (comme en dentisterie et anesthésie) (Migneault, Charbonneau, Forest, & Lavigne, 1991), le traitement de la dépendance chimique (Demotes, Philip, Jalfre, & Vincent, 1990; Jarzembki, 1985), l'anxiété et les maux de tête (Haslam, 1989), les dysfonctions cérébrales (Schmitt, Capo, Frazier, & Boren, 1984) et les DA/H et troubles d'apprentissage (Budzynski, 1992; Hutchison, 1994). Une méta-analyse a été conduite sur 18 études utilisant un groupe contrôle (sham treatment) pour tester la CES (Klawansky et al., 1995). Les auteurs constatent une efficacité significative pour les problèmes d'anxiété ($p < .05$). Toutefois, dans l'ensemble, la plupart des études ne rapportent pas les informations nécessaires à une méta-analyse.

Autorégulation

Certains comportements particuliers mènent à des patrons d'ondes cérébrales spécifiques. Par exemple, la méditation et l'hypnose ont depuis longtemps été associées à une augmentation des ondes alpha et thêta, donc à une diminution du niveau d'excitation cérébrale (Delmonte, 1984a; Delmonte, 1984b). Benson a étudié différents types de méditation et a découvert un ingrédient actif commun à plusieurs de ces méthodes (Benson, 1983; Benson & Stuart, 1992). Il s'agit selon lui de la répétition continue d'un mot ou d'une expression, d'un son ou même la visualisation d'une couleur que la personne méditant tente de garder au centre de son attention. Ceci aurait pour effet de libérer l'esprit des pensées anxieuses. Conséquemment, le niveau d'excitation physiologique s'en trouve diminué. Dans une de ses récentes études, trois moines Bouddhistes Tibétains réussissent à diminuer aussi bien qu'à augmenter leur métabolisme (Benson, Malhotra, Goldman, Jacobs, & Hopkins, 1990). Un des changements physiologiques observés pendant leur méditation consiste en une asymétrie marquée qui se développe entre les hémisphères en rapport avec l'activité alpha et bêta.

Un autre type de comportement pouvant mener à une modulation des ondes cérébrales est la respiration. Par exemple, une étude démontre que l'apprentissage du contrôle de la respiration peut mener à des changements du EEG chez 22 sujets épileptiques comparés à un groupe contrôle (Fried, Fox, & Carlton, 1990). Les effets sur le EEG sont une diminution de thêta et une augmentation d'alpha. Au niveau

clinique, la fréquence des crises diminue de façon significative.

Manipulations électro physiologiques*

* La technique suivante ne cherche pas à moduler les EEG, mais plutôt le niveau d'activation physiologique mesurée en terme d'activité électro cutanée. Toutefois, puisque nous y ferons référence plus loin dans le texte, il a été décidé de la décrire dans cette section.

Cette technique a été élaborée à la suite d'une normalisation de l'activité électro cutanée sur plus de 2000 personnes au cours des années (Mangina & Beuzeron Mangina, 1988). Il semble que les personnes ayant des difficultés d'apprentissage (incluant DA/H) ont des difficultés à maintenir un niveau optimal d'activité électro cutanée bilatérale pendant une tâche cognitive (Mangina & Beuzeron Mangina, 1992a; Mangina & Beuzeron Mangina, 1992b). Selon ces études, les personnes sans difficulté d'apprentissage maintiennent un niveau d'activité électro cutanée entre 6.5 et 8.5 μ Mos pendant une tâche cognitive, aux deux endroits de mesure, les mains gauche et droite. Toujours selon Mangina, les enfants et adolescents ayant des difficultés d'apprentissage présentent des niveaux de l'ordre de 5.01 μ Mos et moins (sous stimulé) ou de l'ordre de 10.1 μ Mhos et plus (sur stimulé) (1992). Des asymétries importantes sont aussi identifiées.

Une recherche a été mise au point afin de déterminer s'il est possible de rétablir ce niveau optimal d'activité électro cutanée (AEC) pendant une tâche cognitive et quelles en seraient les conséquences cliniques (Mangina & Beuzeron Mangina,

1992b). Les sujets, 125 garçons et 113 filles, sont âgés entre 8 et 16 ans (moyenne de 11.7 ans). De ces 238 enfants et adolescents présentant des difficultés d'apprentissage, 87 ont également des DA/H.

La méthode de traitement consiste à manipuler l'AEC afin de la maintenir à un niveau optimal, pendant une présentation de stimulation visuelle faisant appel aux capacités analytiques du sujet. Cette forme de stimulation spécifique a été élaborée par les auteurs (Mangina, 1980a; Mangina, 1980b; Mangina & Beuzeron Mangina, 1988). Des 238 sujets, 105 reçoivent le traitement complet alors que 133 sont placés dans les 4 conditions suivantes : pas de traitement, attachement des électrodes seulement, seulement la manipulation de l'AEC et seulement la stimulation visuelle de type analytique. Les mesures expérimentales sont les résultats scolaires et les scores sur le Mangina Test (Mangina, 1980b; Mangina, 1981). Les résultats indiquent une différence nettement significative pour le groupe recevant le traitement complet comparativement à tous les autres groupes (Mangina & Beuzeron Mangina, 1992b). Cette différence s'avère significative à 30 sessions, 60 sessions (fin du traitement) et deux ans après la fin du traitement.

Ce qui nous intéresse particulièrement, c'est le type de manipulation expérimentale de l'AEC. Comme mentionné précédemment, les mesures sont prises sur les deux mains. Lorsque le niveau de l'AEC sur la main gauche tombe sous les 6.5 μ Mhos, un son est émis à l'oreille droite à l'aide d'écouteurs. Lorsque l'AEC diminue trop sur la main droite, un son est émis à l'oreille gauche. Le son est d'intensité variable (de 50 à 100 db) inversement proportionnelle au niveau d'AEC. Si la stimulation à l'aide de ces

sons s'avère non suffisante, d'autres manipulations sont alors employées.

Stimulation auditive subliminale (SAS)

Au cours des dernières années, une nouvelle technique visant la stimulation des ondes cérébrales a été développée (Swingle, in press; Swingle, 1996). Il s'agit d'une technique de stimulation auditive subliminale (SAS). Dans un premier temps dans cette sous-section nous présentons la SAS générale et ensuite nous présentons la SAS spécifique au DA/H.

Stimulation auditive subliminale générale

Deux parties essentielles constituent un enregistrement subliminal auditif (Swingle, 1992). D'abord, il y a un contenu sonore, le plus souvent un message verbal, enregistré sur une première cassette audio. Puis, il y a le milieu de camouflage enregistré sur une deuxième cassette. Ce camouflage est souvent de la musique dans les produits commerciaux. Dans la recherche expérimentale, le bruit blanc est généralement préféré¹. Pour créer le produit final, on fait jouer ces deux cassettes en même temps et on enregistre le tout sur une troisième et dernière cassette. Le camouflage est joué à un volume supérieur à celui du contenu. Par exemple, la musique peut être jouée à un volume moyen de 40 décibels (dB) alors que le contenu verbal est joué à un volume moyen de 25 dB. À partir d'une certaine différence de volume entre le contenu

¹Le bruit blanc est un mélange aléatoire de plusieurs fréquences sonores combinées. Le son résultant ressemble au grincement d'une radio mal ajustée (entre deux stations).

et le camouflage, le contenu ne peut plus être discriminé consciemment par un humain lorsqu'il écoute cette cassette finale. Néanmoins, lorsque cette différence de volume est optimale, il semble que le contenu puisse être "perçu" par l'organisme, et l'affecter, d'une façon non consciente.

Par exemple, dans une étude on compare les réactions physiologiques de 18 sujets normaux âgés entre 21 et 41 ans placés successivement dans trois conditions différentes (Borgeat & Goulet, 1983). La première condition consiste à présenter des suggestions verbales stimulantes à 25 dB masquées dans un bruit blanc de 40 dB. Dans la deuxième condition, les suggestions sont déprimantes. La troisième condition en est une de contrôle neutre. Les mesures physiologiques enregistrées sont le EMG, le rythme cardiaque, la conductivité électrique de la peau et la température de la peau. Il y a trois moments de mesures différents combinés à chacune des conditions. D'abord les sujets écoutent passivement les enregistrements, ensuite ils complètent une tâche stressante et finalement une dernière mesure est prise après cette tâche stressante. Une analyse multivariée de la variance (MANOVA) indique un effet significatif des suggestions stimulantes pendant et après la tâche stressante.

Une étude semblable est faite avec 20 femmes âgées entre 21 et 30 ans (Borgeat et al., 1985). Camouflés dans du bruit blanc à 40 dB, des stimuli verbaux sont présentés avec une augmentation constante de l'intensité sonore. L'intensité augmente de 5 dB à chaque présentation et débute à 0 dB. Deux conditions expérimentales sont utilisées : des suggestions neutres et des suggestions à connotations émotionnelles. Les mesures physiologiques sont l'électromyogramme frontal, la conductivité électrique

de la peau et le rythme cardiaque. Une analyse de la variance (ANOVA) indique un effet significatif des suggestions émotionnelles sur les réactions physiologiques sous le seuil d'identification des stimuli. Les auteurs suggèrent que les paramètres physiologiques puissent être utilisés comme mesures objectives utiles dans la recherche sur la SAS (Borgeat et al., 1985).

Une autre étude démontre un effet de la SAS sur la performance mesurée de façon objective (Zenhausern & Hansen, 1974). Les sujets, 35 étudiants masculins, diplômés et sous diplômés, doivent compléter une tâche de résolution de problème (Stencil Design Test of the Arthur Point Scale of Performance Tests (Arthur, 1947)). Un son est présenté à 6 niveaux de stimulation différents : trois au-dessous et trois au-dessus d'un seuil sonore prédéterminé (-30 dB, -20 dB, -10 dB, +10 dB, +35 dB et +60 dB). Une condition sans bruit est aussi incluse. Les résultats indiquent que les stimulations à -30 dB et 35 dB ont un effet significatif négatif sur le temps de réponse en augmentant celui-ci (comparé aux conditions sans bruit et seuil sonore prédéterminé). Les stimulations à -10 dB et 60 dB ont toutes deux un effet significatif positif en diminuant le temps de réponse. Toutefois, la stimulation à -10 dB est supérieure à celle de 60 dB.

Les auteurs de cette étude argumentent que le test utilisé est une tâche plus complexe que celles utilisées généralement dans ce genre d'étude. En plus de la composante de résolution de problème, ce test contient des composantes sensorielles, perceptuelle et motrice. Aussi, en se basant sur ces résultats et sur leurs études précédentes, les auteurs affirment que le phénomène de la SAS n'est pas unitaire

(Zenhausern et al., 1973; Zenhausern & Hansen, 1974; Zenhausern et al., 1974; Zwosta & Zenhausern, 1969). C'est à dire que son effet semble dépendre du type spécifique de tâche utilisée. La SAS peut avoir un effet sur tâche sans en avoir sur une autre (Zenhausern & Hansen, 1974).

L'étude précédente utilise un son plutôt que des messages verbaux. De plus, tout comme dans les études de Borgeat, des mesures objectives sont utilisées (le temps de réponse et les mesures physiologiques) (Borgeat et al., 1989; Borgeat et al., 1981; Borgeat et al., 1985; Borgeat & Goulet, 1983; Borgeat & Pannetier, 1982). Cet intérêt marqué pour les mesures objectives plutôt que subjectives et pour l'utilisation des sons comme stimuli camouflés plutôt que des messages verbaux est conservé dans la recherche de Swingle (Swingle, in press, 1992; Swingle, 1996).

En effet, une technique particulière d'enregistrement des stimuli sonores subliminaux a été développée par Swingle (1996). Cette technique consiste à combiner sur cassette audio deux ondes sinusoïdales de fréquences différentes (Hz) mais d'amplitudes égales (μV), camouflées dans du bruit rose². L'idée d'explorer ces combinaisons de différentes fréquences au niveau subliminal provient d'études semblables faites avec des sons audibles (Green, 1976; Plomp, 1976). Ces études démontrent qu'une combinaison de deux fréquences différentes à une amplitude égale est perçue par les humains comme une pulsation de fréquence égale à la différence des fréquences d'origine. Par exemple, deux ondes sont présentées simultanément.

²Le bruit rose est un mélange de toutes sortes de fréquences (bruit blanc), dont les plus aiguës ont été enlevées pour être plus doux à l'écoute. Le son résultant ressemble au bruit de l'eau coulant rapidement d'un robinet.

Une onde est à 30 Hz et l'autre est à 20 Hz et leurs amplitudes sont égales. La fréquence résultante (perçue) est égale à la différence, 10 Hz.

Différents enregistrements à l'aide de cette technique ont été complétés et testés (Swingle, 1992). Par exemple, dans des essais avec des étudiants, les enregistrements subliminaux de fréquences résultantes de 15 Hz et 25 Hz mènent à une diminution du rythme cardiaque de l'ordre de 1,2% à 3,5%. Le second de ces enregistrements s'avère particulièrement utile au niveau clinique (Swingle, 1996). Selon Swingle, le changement moyen de battements cardiaques obtenu à l'écoute de Sub/Bêta³ est une diminution d'environ 3% (Swingle, in press). Swingle et ses internes utilisent la cassette Sub/Bêta avec des patients qui se plaignent d'anxiété et de conditions exacerbées par le stress. L'effet sur le niveau d'activation est mesuré pendant l'évaluation psychophysiological initiale. On donne la cassette pour usage à la maison aux patients qui démontrent une réduction des battements cardiaques pendant la présentation de Sub/Bêta. Dans une étude, sept patients avec diverses conditions doivent choisir quel coté de la cassette est le plus efficace pour diminuer leur niveau d'activation physiologique. Un coté contient Sub/Bêta et l'autre contient du bruit rose sans contenu subliminal. Les sept choisissent Sub/Bêta (Swingle, in press).

Alors que les enregistrements subliminaux dans l'étendue de 15 à 25 Hz provoquent une diminution du rythme cardiaque, ceux dans l'étendue de 2 à 10 Hz mènent à une augmentation du rythme cardiaque de l'ordre de 2.2% à 4% (Swingle,

³Puisque la fréquence résultante est de 25 Hz (on a combiné une onde émise à 300 Hz et une autre à 325 Hz à des amplitudes égales), on a appelé cet enregistrement Sub/Bêta.

1996). À partir de ces observations, Swingle s'est demandé si ce niveau d'excitation pouvait se traduire en modification des ondes cérébrales.

Dans une étude préliminaire, Swingle compare les enregistrements de 5 Hz et 10 Hz (toujours selon la méthode décrite précédemment) à du bruit rose avec 30 étudiantes de niveau collégial. L'enregistrement de 10 Hz diminue thêta de 13.1% en moyenne comparé à la condition de départ pour 9 des 10 sujets présentant une diminution. L'enregistrement de 5 Hz diminue thêta de 6.6% en moyenne comparé à la condition de départ pour 8 des 10 sujets présentant une diminution. De façon générale, le bruit rose augmente thêta (Swingle, 1996). L'enregistrement de 10 Hz étant le plus efficace à diminuer thêta, les études suivantes focalisent donc sur celui-ci. Selon la tradition de l'électro-encéphalographie, la fréquence de 10 Hz est dans le registre portant le nom d'Alpha (8 à 12 Hz). Le nom de Sub/Alpha est donc donné à cet enregistrement.

Stimulation auditive subliminale Sub/Alpha

Dans une étude avec 6 adultes de 23 à 50 ans présentant des DA, la diminution moyenne de thêta est de 24.6% lors de la présentation de Sub/Alpha comparée à la condition de départ (Swingle, 1996). Toutefois, dans cette étude il n'y a pas de groupe de comparaison, ce qui limite la portée de ces résultats.

Dans une autre étude, Swingle vérifie l'effet de Sub/Alpha sur les ondes thêta de 11 patients avec des diagnostics divers (Swingle, 1996). Sub/Alpha est présenté pendant deux minutes alternativement avec des conditions de comparaison. Ces

conditions incluent : pas de son, son rose seulement, Sub/Bêta et un enregistrement subliminal de 300 Hz. Chaque patient reçoit un minimum de six présentations de deux minutes de Sub/Alpha. La première constatation est que le bruit rose, avec ou sans contenu subliminal, réduit thêta. Ceci est cohérent avec les études d'un groupe de recherche de Montréal qui utilisent des sons pour augmenter le niveau d'activation d'enfants avec des troubles d'apprentissage (incluant des DA) pendant une tâche cognitive (Mangina & Beuzeron Mangina, 1988; Mangina & Beuzeron Mangina, 1992a; Mangina & Beuzeron Mangina, 1992b). Par contre, dans tous les cas, Sub/Alpha réduit l'amplitude thêta plus que toutes autres conditions : de 3,9% à 37,2%, avec une moyenne de 14,6% (écart type de 11,5%) de réduction par rapport aux autres conditions sonores. Comparé à la condition sans son, Sub/Alpha réduit thêta de 10,9% à 37,5% (Moyenne= 24,4%; écart type= 11,0%) (Swingle, 1996). Dans une autre étude, avec 9 enfants aussi avec des DA, la diminution moyenne est de 15,5% comparée à la condition sans son (Swingle, 1996).

Toujours au niveau de l'expérimentation clinique, Swingle et ses associés utilisent Sub/Alpha pendant les sessions de neurofeedback des patients ayant des DA/H. Une étude pilote avec 6 patients est réalisée dans ce contexte (Dupont, 1996). Ces patients démontrent tous une suppression de thêta avec Sub/Alpha durant leur évaluation psychophysiological initiale. Ces personnes utilisent Sub/Alpha hors des sessions, au besoin. C'est à dire que lorsqu'elles prennent conscience de leur manque d'attention, elles écoutent la cassette avec un baladeur pour quelques minutes. Le niveau du volume peut être très bas, ce qui permet à la personne d'écouter et d'enten-

dre correctement les autres autour d'elle, par exemple en classe. L'audition de Sub/Alpha semble aider la personne à revenir à un niveau d'attention plus satisfaisant.

Le tableau 2 présente les valeurs de thêta, bêta et du ratio de thêta sur bêta (T/B) d'un patient de cette étude. Il s'agit d'un garçon de douze ans lors de sa première session de neurofeedback (après l'évaluation initiale). Il tente d'augmenter bêta et de diminuer thêta. Après 5 minutes, Sub/Alpha est présenté puis est retiré en alternance pendant des blocs de 4 minutes. On remarque qu'il y a baisse du ratio T/B en présence de Sub/Alpha. Puis le ratio augmente avec le retrait de Sub/Alpha.

La figure 1 résume les résultats moyens des six enfants de l'étude au terme de six sessions de neurofeedback. On remarque une tendance à la diminution du ratio thêta/bêta en présence de Sub/Alpha.

Tableau 2 Exemple d'une session de neurofeedback avec Sub/Alpha

Thêta (μV)	Bêta (μV)	Ratio thêta / bêta	-
17.34	5.02	3.47	<- Moyenne de la section 1 sans Sub/Alpha
16.58	5.05	3.30	<- Moyenne de la section 1 avec Sub/Alpha
17.08	5.05	3.40	<- Moyenne de la section 2 sans Sub/Alpha
17.03	5.23	3.28	<- Moyenne de la section 2 avec Sub/Alpha
18.38	5.25	3.52	<- Moyenne de la section 3 sans Sub/Alpha
17.88	5.60	3.22	<- Moyenne de la section 3 avec Sub/Alpha
17.38	5.19	3.37	<- Moyenne globale

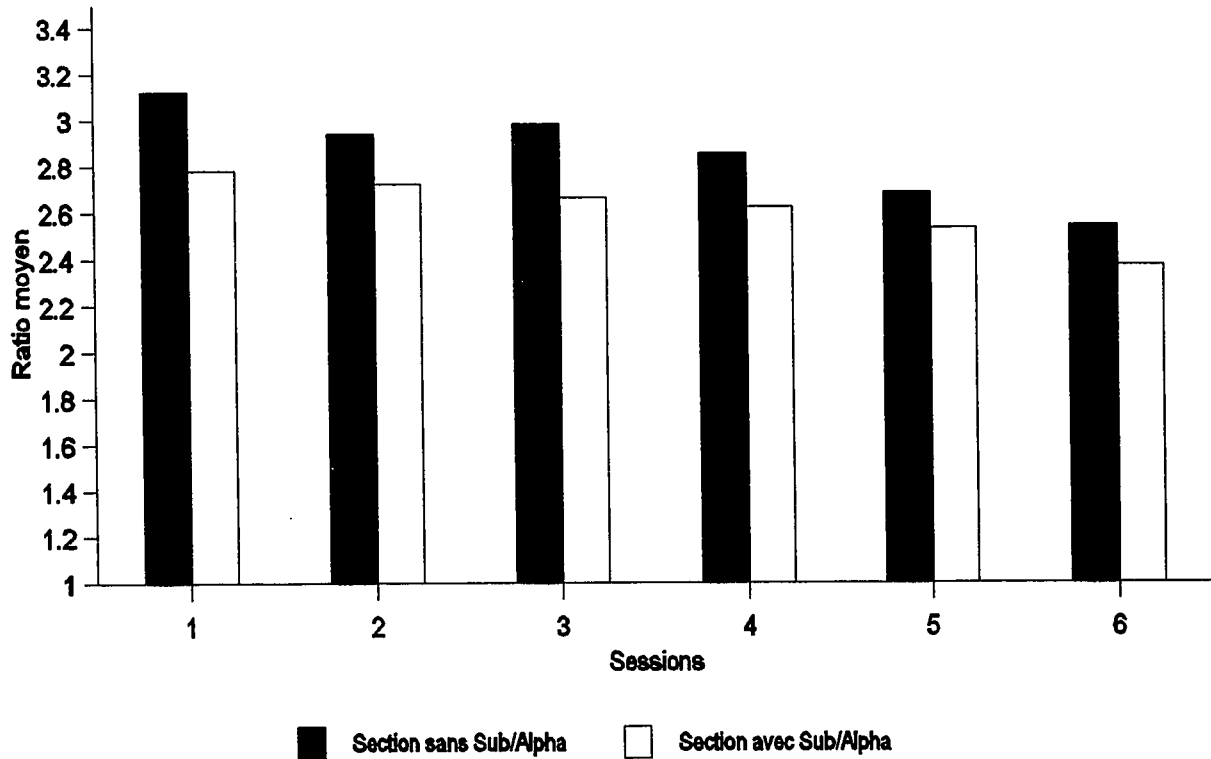


Figure 1 Ratio thêta/bêta pendant 6 sessions de neurofeedback

Au niveau de l'anecdote, l'expérience subjective à l'utilisation de Sub/Alpha est exprimée par plusieurs patients comme la capacité de travailler plus vite, plus fort, plus longtemps, et avec plus d'aisance (Swingle, 1996). De plus, ils font part de commentaires positifs qui proviennent des individus qui les côtoient. Ceux-ci remarquent une attention plus soutenue et une amélioration des relations humaines (plus de conversation, plus agréable, etc.). Les parents expriment la même chose.

En résumé, les résultats des différentes études préliminaires faites sur Sub/Alpha à ce jour semblent indiquer que l'écoute de cet enregistrement pourrait aider l'auditeur à diminuer son ratio thêta/bêta. De plus, les participants affirment avoir une plus grande facilité à maintenir un degré de concentration satisfaisant (Swingle, 1996).

Toutefois, aucune mesure objective de ce degré d'attention n'a été utilisé dans les études présentées. De plus, l'effet mesuré l'est toujours de façon immédiate. C'est à dire que les mesures des ondes cérébrales sont prises directement pendant la présentation de Sub/Alpha ou immédiatement après. Il n'y a pas d'étude examinant l'effet à long terme de l'utilisation de cet enregistrement sur les ondes cérébrales et sur la capacité d'attention.

Résumé et but de l'étude

Cette recension des recherches nous permet de tirer quelques conclusions. Premièrement, l'histoire même du diagnostic des DA/H reflète une conceptualisation en constante évolution (Barkley, 1997).

Deuxièmement, les DA/H sont associés à un ralentissement de l'activité

cérébrale (Éventuellement, une méta-analyse statistique pourrait préciser ce statut théorique) (Tableau 1). Ce ralentissement se manifeste principalement par des niveaux anormalement élevés de thêta et anormalement bas de bêta. La mesure la plus appropriée pour représenter les DA/H semble donc être le ratio de thêta sur bêta (T/B) (Allen et al., 1996; Monastra, 1997).

Troisièmement, il existe des traitements qui parviennent à moduler les EEG : le neurofeedback, la stimulation audio-visuelle, la stimulation micro-électrique et les comportements d'autorégulation comme la méditation et certaines techniques de respiration. Plusieurs de ces méthodes sont utilisées dans le traitement des DA/H sans effet secondaire (Fried, 1993). Parmi celles-ci, le neurofeedback est l'objet de nombreuses études et il est de plus en plus utilisé en clinique (Allen et al., 1996). Cependant, on remarque qu'un nombre important de sessions de neurofeedback est exigé pour arriver à des changements significatifs (entre 40 et 80) (Lubar, 1991). Le coût d'un tel traitement est donc à prendre en considération. On remarque également qu'un protocole intense est préféré dans ce genre d'intervention (idéalement 5 sessions par semaine) (Lubar, 1995).

Finalement, dans l'expérimentation clinique préliminaire faite à ce jour, l'enregistrement subliminal Sub/Alpha semble avoir un effet positif sur le ratio thêta/bêta des gens aux prises avec des DA/H (Dupont, 1996; Swingle, in press; Swingle, 1996). Ces cassettes créées à l'aide de la technique décrite précédemment sont faciles à utiliser et peuvent être intégrées à d'autres formes de traitement, comme le neurofeedback. Elles sont également plus faciles à intégrer à l'environnement naturel des

patients que les appareils de stimulation audio-visuelle. Par exemple, un étudiant peut porter son baladeur à l'école (avec une permission spéciale), dans l'autobus, à la maison pendant ses devoirs, etc. De plus, ces cassettes sont beaucoup moins dispendieuses que les appareils de stimulation audio-visuelle et que l'équipement de neurofeedback.

Le but de cette étude est donc de vérifier l'efficacité de l'enregistrement subliminal Sub/Alpha de façon plus rigoureuse. Les raisons d'une telle entreprise sont précisément les faits mentionnés précédemment; surtout sa facilité d'utilisation dans plusieurs environnements et son coût minime. Si l'efficacité de Sub/Alpha utilisé seul est clairement (statistiquement) démontré, ces qualités en feraient un outil appréciable dans un plan global de traitement des DA/H. Peut être pourrait on réduire le nombre de sessions requises dans un traitement de neurofeedback (Swingle, in press).

Dans un premier temps, l'efficacité de Sub/Alpha doit d'abord être définie. Les études sur Sub/Alpha décrites dans ce texte ont focalisé sur les ondes cérébrales. Cependant une mesure objective de la capacité d'attention des sujets est également requise si nous voulons pouvoir confirmer un effet clinique. Un exemple de cette démarche vient de Lubar (1995). Dans une de ses études, les enfants qui réussissent à moduler leur EEG (diminution de thêta) améliorent également leurs scores sur le Test of Variables Of Attention (TOVA) (Lubar et al., 1995a). Ce test sur ordinateur qui mesure objectivement quatre variables de l'attention sera décrit plus loin dans ce texte. Les enfants qui ne parviennent pas à produire cette modulation n'améliorent pas non plus leurs résultats sur le TOVA après l'entraînement de neurofeedback.

Dans notre étude, quatre niveaux d'analyses sont donc établis pour tester l'efficacité de Sub/Alpha (tableau 3). Il y a d'abord deux catégories de mesures : l'activité cérébrale et la performance comportementale (la capacité d'attention). Puis, il y a deux dimensions temporelles : l'effet immédiat et l'effet à moyen terme.

Tableau 3 Les quatre niveaux d'analyse de l'étude

Effet immédiat sur les EEG	Effet à moyen terme sur les EEG
Effet immédiat sur l'attention	Effet à moyen terme sur l'attention

Premier niveau d'analyse : Effet immédiat sur les EEG

Hypothèse 1 :

"*Pendant* la présentation de la cassette Sub/Alpha, il y aura diminution de l'amplitude (μV) de θ , une augmentation de l'amplitude de β_1 et une diminution du ratio de θ/β_1 qui seront statistiquement différentes de celles présentes *pendant* la présentation du bruit rose."

Hypothèse 2 :

"L'écoute de Sub/Alpha à *la maison* produira des différences⁴ plus marquées sur les ondes cérébrales pendant la présentation de Sub/Alpha, comparativement à l'écoute du bruit rose à *la maison*".

⁴ Définies de la même façon que dans l'hypothèse 1

Deuxième niveau d'analyse : Effet à moyen terme sur les EEG

Hypothèse 3 :

“L’écoute répétée de Sub/Alpha à la maison aura comme résultat une diminution de l’amplitude (μV) de thêta, une augmentation de l’amplitude de bêta1 et une diminution du ratio de thêta/bêta1 à la fin du traitement comparée au début du traitement. Ces changements seront statistiquement différents de ceux associés à l’écoute répétée du bruit rose à la maison”.

Troisième niveau d'analyse : Effet immédiat sur l'attention

Hypothèse 4 :

“*Pendant* la présentation de la cassette Sub/Alpha, il y aura diminutions des pourcentages d’erreur d’omission et de commission, du temps de réponse et de la variabilité du temps de réponse sur le TOVA qui seront statistiquement différentes de celles observées *pendant* la présentation du bruit rose.”

Hypothèse 5 :

“L’écoute de Sub/Alpha à *la maison* produira des différences⁵ plus marquées sur le TOVA pendant la présentation de Sub/Alpha, comparativement à l’écoute du bruit rose à *la maison*”.

⁵ Définies de la même façon que dans l’hypothèse 4

Quatrième niveau d'analyse : Effet à moyen terme sur l'attention

Hypothèse 6 :

“L'écoute répétée de Sub/Alpha à la maison aura comme résultat des diminutions des pourcentages d'erreur d'omission et de commission, du temps de réponse et de la variabilité du temps de réponse sur le TOVA statistiquement différentes à la fin du traitement comparée au début du traitement. Ces diminutions seront significativement différentes de celles associées à l'écoute répétée du bruit rose à la maison.”

MÉTHODOLOGIE

Sujets

Les sujets sont 19 garçons et 3 filles âgés de 6 à 15 ans (moyenne de 10.59 ans; écart type de 2.46 années). Une condition à leur participation est d'avoir déjà reçu un diagnostic de DA/H d'un médecin. Ils ne devaient pas présenter de complication majeure supplémentaire. Les sujets ont été recrutés par l'entremise de dépliants distribués à diverses associations de soutien pour les enfants et pour les parents d'enfants présentant des DA/H (Annexe B-1). Des dépliants ont également été envoyés aux institutions traitant ces enfants et ont été publiés dans certains journaux locaux. La permission et la collaboration des autorités des institutions et associations concernées ont été demandées au préalable.

Les sujets décidant de participer à cette étude ont été informés de ses objectifs et de son déroulement ainsi que de son approbation par le comité d'éthique. Ils ont

signé le formulaire de consentement prévu à cette fin (Annexes B-2 et B-3).

Procédure

Lorsqu'un individu communiquait par téléphone avec l'expérimentateur et qu'il indiquait son intérêt pour cette étude, ce dernier l'informait du protocole de recherche qui est schématisé au tableau 4. Si cet individu était intéressé à participer et qu'il rencontrait les critères de sélection, une première rencontre était prévue. Au total, sept sessions de mesures ont eu lieu au laboratoire de psychophysologie clinique de l'Université d'Ottawa. Chaque rencontre durait environ une heure.

Tableau 4 Protocole de l'intervention

Groupe devoir bruit rose :

15 minutes de lecture (ou devoir) à la maison avec bruit rose, deux fois par jour, 7 jours par semaine, pendant 5 semaines

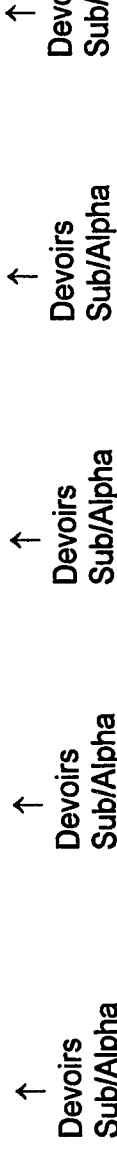
Session 1	Session 2	Session 3	Session 4	Session 5	Session 6	Session 7
EEG → → → → → → → → Repos / T O V A	EEG → → → → → → → → Repos / T O V A	EEG → → → → → → → → Repos / T O V A	EEG → → → → → → → → Repos / T O V A	EEG → → → → → → → → Repos / T O V A	EEG → → → → → → → → Repos / T O V A	EEG → → → → → → → → Repos / T O V A
Repos / Q1/ Q2/ Q3/ Q4	Repos/Rien/Bruit/Rien/Sub Repos/Rien/Sub/Rien/Bruit	Repos/Rien/Sub/Rien/Bruit Repos/Rien/Bruit/Rien/Sub	Repos/Rien/Bruit/Rien/Sub Repos/Rien/Sub/Rien/Bruit	Repos/Rien/Sub/Rien/Bruit Repos/Rien/Bruit/Rien/Sub	Repos / Q1/ Q2/ Q3/ Q4	Repos / Q1/ Q2/ Q3/ Q4



Groupe devoir Sub/Alpha :

15 minutes de lecture (ou devoir) à la maison avec Sub/Alpha, deux fois par jour, 7 jours par semaine, pendant 5 semaines

Session 1	Session 2	Session 3	Session 4	Session 5	Session 6	Session 7
EEG → → → → → → → → Repos / T O V A	EEG → → → → → → → → Repos / T O V A	EEG → → → → → → → → Repos / T O V A	EEG → → → → → → → → Repos / T O V A	EEG → → → → → → → → Repos / T O V A	EEG → → → → → → → → Repos / T O V A	EEG → → → → → → → → Repos / T O V A
Repos / Q1/ Q2/ Q3/ Q4	Repos/Rien/Bruit/Rien/Sub Repos/Rien/Sub/Rien/Bruit	Repos/Rien/Sub/Rien/Bruit Repos/Rien/Bruit/Rien/Sub	Repos/Rien/Bruit/Rien/Sub Repos/Rien/Sub/Rien/Bruit	Repos/Rien/Sub/Rien/Bruit Repos/Rien/Bruit/Rien/Sub	Repos / Q1/ Q2/ Q3/ Q4	Repos / Q1/ Q2/ Q3/ Q4



La première rencontre commençait par la signature du formulaire de consentement. Un questionnaire pour recueillir les données démographiques était alors proposé aux participants. Ensuite, un EEG était administré pendant trois minutes au repos et pendant l'exécution d'un test de performance continue sur ordinateur. Le Test of Variables of Attention (TOVA) a été utilisé pour cette étude.

Les sujets ont été distribués de façon aléatoire dans les deux groupes. Les sujets dans le groupe numéro 1 commençaient alors à écouter une cassette de bruit rose à la maison. De leur côté, les sujets dans le groupe expérimental débutaient leur écoute d'une cassette de Sub/Alpha à la maison. On demandait deux sessions de 15 minutes d'écoute par jour, sept jours par semaines. Il y a eu cinq semaines de ce régime. L'écoute se faisait pendant les devoirs scolaires et/ou pendant une période de lecture. Une feuille de route était fournie et devrait être remplie par le sujet pour s'assurer du nombre de sessions d'écoute faites à la maison.

Les quatre rencontres suivantes étaient identiques et à intervalle d'une semaine. À chacune de ces sessions, un EEG était administré pendant trois minutes au repos et pendant l'exécution du TOVA. Le TOVA se divise en quatre quarts de 5.5 minutes chacun, pour un total de 22 minutes. Un total de 25 minutes de EEG a donc été enregistré à chaque session. Il y a eu pendant les quarts 2 et 4 du TOVA la présentation alternée du bruit rose et du SubAlpha (voir le tableau 4). Afin de contrôler l'effet de l'ordre de présentation, la moitié des sujets dans chacun des deux groupes ont donc d'abord reçu 5.5 minutes avec rien, 5.5 minutes avec le bruit rose, 5.5 minutes avec rien, 5.5 minutes avec Sub/Alpha. L'autre moitié a reçu 5.5 minutes avec rien, 5.5

minutes avec Sub/Alpha, 5.5 minutes avec rien, 5.5 minutes avec le bruit rose. À la session suivante, l'ordre était inversé (voir le tableau 4).

À la sixième et à la septième session, un EEG était administré pendant les trois minutes au repos et pendant l'exécution du TOVA; tout comme à la première session (voir le tableau 4). Ceci nous a permis de comparé les scores globaux avant traitement, après traitement et après un suivi d'une semaine après le traitement. En effet, après la sixième session, les sujets des deux groupes ont cessé l'écoute de leur cassette et ils se sont présentés pour une septième et dernière rencontre (voir le tableau 4).

Protocole

Cette étude utilise un protocole expérimental de comparaison (Basham, 1986). Comme son nom le suggère, un protocole de comparaison tente de comparer deux traitements ou plus, sans conceptualiser un ou l'autre comme étant un groupe contrôle conventionnel. Il tente d'isoler les différences entre les traitements, plutôt que de mesurer l'efficacité d'un seul traitement. Si le protocole est bien appliqué, toute différence entre les groupes (devoir à la maison) sera due à la différence d'efficacité des traitements. Les résultats sont exprimés en termes relatifs. C'est à dire que l'on demande comment les deux traitements diffèrent et lequel est le plus efficace, plutôt que de demander si un traitement particulier fonctionne.

Un protocole de comparaison présente des avantages méthodologiques et déontologiques particulièrement intéressants pour notre étude comparativement à un protocole incluant un groupe contrôle sans traitement. Au niveau déontologique, on

offre immédiatement au début de l'étude un traitement que l'on croit efficace à tous les participants. Si on avait utilisé une liste d'attente, les participants auraient du attendre sept semaines avant de débiter. Ce point est particulièrement important dans la présente étude avec une population de gens aux prises avec un problème de DA/H. La difficulté de maintenir un intérêt et une motivation et de reporter les renforcements est un critère central de ce diagnostic.

Dans le même ordre de pensée, au niveau méthodologique, même pour une population sans DA/H, les sujets sur une liste d'attente présentent des caractéristiques nettement plus négatives que les sujets dans un traitement : frustration, sentiment de rejet et attentes moins grandes face au traitement (Basham, 1986). Ceci est éliminé dans le protocole de comparaison.

Dans notre étude, toutes les conditions sont exactement les mêmes pour les deux groupes. Si une différence inter-groupe est trouvée, elle sera due à l'enregistrement d'une fréquence alpha (10 Hz) à l'intérieur d'un bruit rose.

En accord avec les raisons énumérées précédemment, la décision d'utiliser un tel protocole est basée sur les résultats des études faites par Swingle qui démontrent une modification des ondes cérébrales sous l'influence du bruit rose aussi bien que sous l'influence de Sub/Alpha lorsque comparées à une condition de groupe contrôle conventionnel (sans traitement) (1996). Donc, ces deux traitements sont considérés comme étant efficaces, bien qu'il semble y avoir une modification supérieure avec Sub/Alpha comparé au bruit rose. La présente étude vise à analyser cette différence Sub/Alpha - bruit rose au niveau des ondes cérébrales et au niveau de la capacité

d'attention mesurée de façon objective.

Mesures

Les mesures du EEG ont été prises à l'aide d'un appareil de neurofeedback (NRS-2D) développé par Lexicor Corporation et disponible au laboratoire de psychophysiology clinique de l'université d'Ottawa. Une électrode de style conventionnel avec pâte "Ten20" est placée à la position crânienne centrale Cz (voir annexe A-2). Une électrode de style pince a été placée sur chacun des lobes d'oreilles, également avec la pâte "Ten20". Dans ce montage unipolaire, l'électrode à l'oreille gauche sert de mise à terre, alors que celle de droite sert de référence. L'électrode active est à la position Cz. Les connections ont été gardées à des niveaux d'impédance de moins de 5 kOhms.

La configuration du EEG a été enregistrée pour chaque sujet, pour chaque session de mesure (en μV). Les fréquences enregistrées étaient comprises entre .5 Hz et 32 Hz. Toutefois, les fréquences utilisées dans l'étude sont Thêta, qui correspond à l'étendue entre 4 et 8 Hz et bêta1 qui correspond à l'étendue entre 16 et 20 Hz. L'EEG à été digitalisé à un rythme de 128 cycles à la seconde et sauvegardé sur disque pour analyse ultérieure. Les 25 minutes de chaque session ont été analysées. Un système d'élimination des artefacts a permis d'utiliser seulement les sections sans mouvements. Lorsque les ondes Delta (.5 à 3 Hz) dépassaient les 30 μV ; ou que l'électromyogramme (EMG; 25 à 32 Hz) dépassait les 10 μV , l'enregistrement cessait.

Comme mentionné précédemment, le niveau d'attention a été mesuré avec le TOVA (Greenberg, 1987). Ce test consiste à surveiller un écran cathodique et à cliquer un bouton dès qu'un carré noir apparaît dans le haut d'un carré blanc présenté au centre de l'écran; et à ne pas cliquer lorsque le carré noir est dans le bas du carré blanc. Les résultats sont basés sur les erreurs d'omission (en %), les erreurs d'impulsivité (commission) (en %), le temps de réponse (des bonnes réponses) (en micro secondes) et la variabilité du temps de réponse (des bonnes réponses) (en micro secondes). Le TOVA se divise en quatre quarts de 5.5 minutes chacun, pour un total de 22 minutes (voir tableau 4).

Dans une étude sur l'effet du méthylphénidate sur la performance, on a démontré une différence significative sur ces variables entre le pré-traitement et sous l'effet du méthylphénidate (Greenberg, 1987). Greenberg affirme qu'il n'y a pas d'effet de pratique sur ce test, et qu'en fait les sujets ont tendance à moins bien réussir lorsqu'ils sont testés à nouveau, à cause de l'ennui associé à ce test. Le TOVA est présentement le test de performance continue le plus utilisé en recherche dans le domaine de l'attention.

Finalement, il est intéressant de noter que les deux systèmes de mesure (TOVA et EEG) sont informatisés, minimisant ainsi le biais de l'expérimentateur.

Analyses des données

Un rapport du TOVA a été produit pour chaque participant pour chaque session. Ce rapport a été combiné à celui de la configuration du EEG et le tout a été enregistré

dans le programme d'analyse statistique Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 7.5 pour Windows 95.

Des analyses préliminaires ont été faites afin de déterminer les différences initiales des groupes utilisant Sub/Alpha et le bruit rose à la maison. Des tests-t univariés ont donc été appliqués à toutes les variables de la condition pré-traitement.

Des analyses de la variance à mesures répétées ont été faites avec les résultats des TOVA et des EEG pour vérifier nos hypothèses. Les tests multivariés F (Lambda de Wilk) ont été utilisés et alpha a été fixé à .05. Dans les hypothèses 1, 2, 4 et 5 il s'agissait de vérifier l'effet de la présentation alternée de Sub/Alpha et du bruit rose de façon locale immédiate sur les mesures du EEG et du TOVA. Dans les hypothèses 3 et 6 il s'agissait de vérifier l'effet de l'écoute de Sub/Alpha et du bruit rose à la maison sur même mesures avant et après le traitement et à une semaine de suivi après la fin du traitement.

RÉSULTATS

Analyses préliminaires

Des analyses préliminaires ont donc été faites pour déterminer les différences initiales des groupes utilisant Sub/Alpha et le bruit rose à la maison (annexe D-1A). Des tests-t univariés ont été appliqués à toutes les variables de la condition pré-traitement, ainsi que les tests de Levene pour l'égalité des variances (annexe D-1B). Aucune différence significative sur aucune variable à la condition pré-traitement n'a été trouvée.

Une première série d'analyses avec covariables a été complétée. Une série sans covariables a été ensuite complétée avec même variables. Étant donné que les résultats étaient les mêmes avec ou sans covariables (rien ne devenait significatif qui ne l'était pas d'abord dans l'autre série; ou vice-versa), il a été décidé de présenter les analyses sans covariables afin de simplifier les figures et graphiques.

Premier niveau d'analyse : Effet immédiat sur les EEG

Hypothèse 1 :

"Pendant la présentation de la cassette Sub/Alpha, il y aura une diminution de l'amplitude (μV) de θ , une augmentation de l'amplitude de β_1 et une diminution du ratio de θ/β_1 qui seront statistiquement différentes de celles présentes *pendant* la présentation du bruit rose".

Hypothèse 2 :

"L'écoute de Sub/Alpha à *la maison* produira des différences plus marquées sur les ondes cérébrales pendant la présentation de Sub/Alpha, comparativement à l'écoute du bruit rose à *la maison*".

Ces hypothèses de l'effet immédiat des présentations du bruit rose et de Sub/Alpha sur les EEG ont été testées à l'aide d'une analyse de la variance à mesures

Définies de la même façon que dans l'hypothèse 1

répétées. Les sessions 2, 3, 4 et 5 correspondent aux quatre niveaux du facteur "session" de l'analyse (tableau 4). Le facteur "présentation" correspond à la présentation du bruit rose et de Sub/Alpha pendant les différents quarts du TOVA. Le tableau 4, présente l'organisation de ces présentations. L'ordre de présentation est contrôlé par une alternance d'une session à l'autre. Ainsi un sujet reçoit le bruit rose au deuxième quart du TOVA à la deuxième et à la quatrième session, et il reçoit Sub/Alpha au quatrième quart de ces mêmes sessions. Il reçoit le Sub/Alpha au deuxième quart du TOVA à la troisième et à la cinquième session, et il reçoit le bruit rose au quatrième quart de ces mêmes sessions. Finalement, les participants sont comparés par rapport à leur appartenance au groupe "devoir" à la maison (avec bruit rose ou Sub/Alpha) (tableau 4). Il y a onze sujets dans chaque groupe. Les valeurs des mesures utilisées, θ , β_1 et le ratio de θ / β_1 (t/b), sont présentées au tableau en annexe D-2. Les figures 2, 3 et 4 représentent ces mesures.

L'observation visuelle de ces figures nous permet d'observer que Sub/Alpha semble supérieur au bruit rose dans son effet immédiat sur les trois mesures du EEG (θ , β_1 et le ratio t/b). À chaque fois que Sub/Alpha est présenté, il améliore les mesures du EEG plus que le bruit rose. Il diminue θ , augmente β_1 et par conséquent, il diminue le ratio t/b (figures 2, 3 et 4).

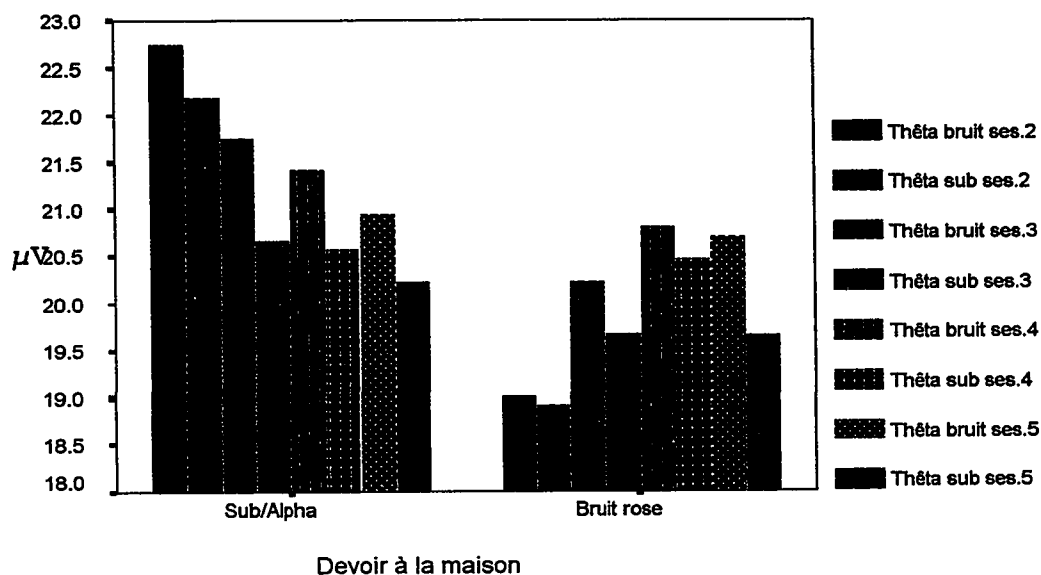


Figure 2 Thêta moyen pendant présentation de Sub/Alpha et du bruit rose

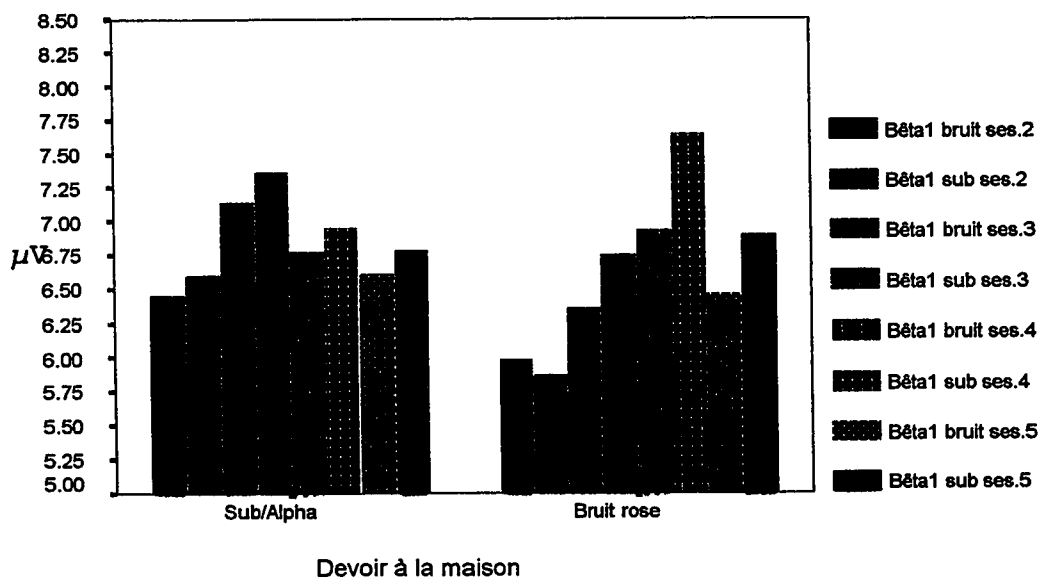


Figure 3 Bêta1 moyen pendant présentation de Sub/Alpha et du bruit rose

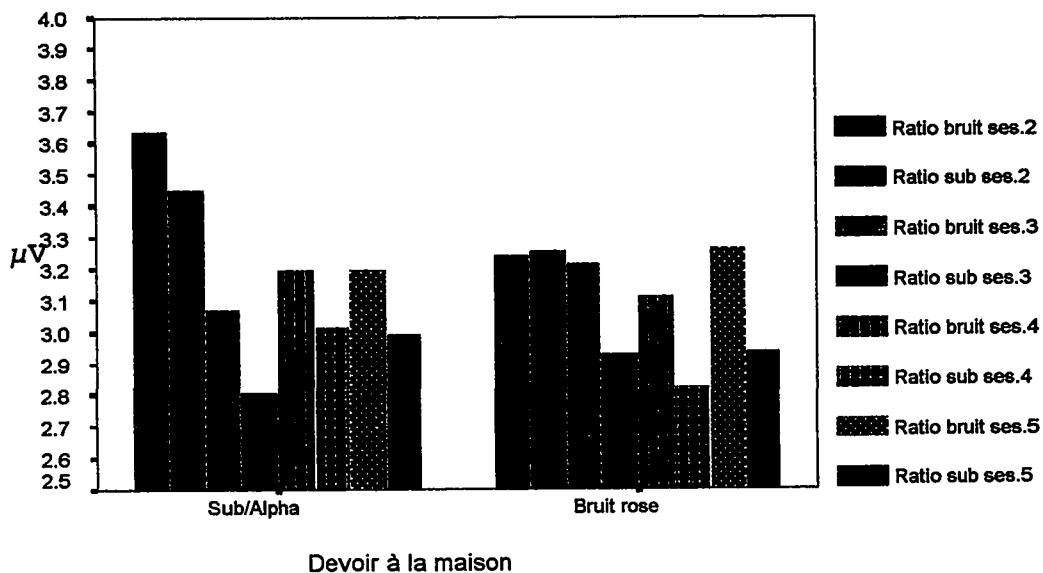


Figure 4 Ratio T/B moyen pendant présentation de Sub/Alpha et du bruit rose

Tableau 5 Valeurs moyennes (µV) des mesures du EEG; par type de présentation (les 2 groupes "devoir" sont combinés)

Mesure	Présentation	Moyenne	Écart type
THETA	Bruit rose	20.9607	1.076
	Sub/Alpha	20.3035	1.058
BETA1	Bruit rose	6.5938	.194
	Sub/Alpha	6.8647	.223
RATIO	Bruit rose	3.2450	.171
	Sub/Alpha	3.0289	.159

Cette observation visuelle est confirmée de façon statistique. Les résultats de l'analyse multivariée démontrent un effet de présentation nettement significatif ($p < .00$) (voit tableaux 5 et 6). Notre hypothèse 1 est donc confirmée.

Tableau 6 Analyse multivariée de la variance; EEG; Effet immédiat de la présentation alternée du bruit rose et de Sub/Alpha

Facteurs		F	dl	P	Puissance
Inter-sujets	Devoir	.53	3	.67	.137
Intra-sujets	Présentation	11.65	3	.00*	.997
	Présentation* Devoir	.77	3	.53	.181
	Session	2.01	9	.04*	.733
	Session* Devoir	1.71	9	.09	.646
	Présentation * Session	1.19	9	.31	.463
	Présentation* Session * Devoir	.81	9	.61	.313

Tableau 7 Analyse de la variance univariée; EEG; effet immédiat

Effet	Mesure	dl	F	P	Puissance
Présentation	THETA	1	15.22	.001*	.960
	BETA1	1	18.35	.000*	.983
	RATIO	1	29.16	.000*	.999
Présentation * Devoir	THETA	1	.75	.396	.131
	BETA1	1	1.97	.176	.267
	RATIO	1	.02	.879	.052
Session	THETA	3	.21	.888	.088
	BETA1	3	4.48	.007*	.859
	RATIO	3	3.81	.014*	.792
Session * Devoir	THETA	3	3.36	.024*	.735
	BETA1	3	2.32	.085	.555
	RATIO	3	1.03	.386	.266
Présentation * Session	THETA	3	1.16	.331	.298
	BETA1	3	1.71	.175	.424
	RATIO	3	1.23	.308	.312
Présentation * Session * Devoir	THETA	3	.73	.540	.196
	BETA1	3	1.45	.236	.366
	RATIO	3	.87	.463	.228

De plus, bien qu'il s'agisse ici d'un effet global de l'analyse multivariée, les résultats de l'analyse univariée indiquent que les trois mesures (thêta, bêta1 et ratio T/B) contribuent fortement à l'effet de présentation (voir tableau 7).

L'analyse multivariée nous procure des informations de différents ordres (tableau 6). À un premier niveau cet effet global de la présentation peut se traduire ainsi : De façon générale, à chaque fois que Sub/Alpha est présenté, il y a modification statistiquement supérieure à celle du bruit rose sur les mesures du EEG, pendant cette présentation. Puisqu'il n'y a pas d'interaction "présentation par session" ($p < .31$), de façon globale, on peut avancer que le changement est toujours du même ordre de grandeur d'une session à l'autre.

De plus, puisqu'il n'y a pas d'interaction "présentation par devoir" ($p < .53$), de façon globale, on peut aussi affirmer que cet effet de présentation est indépendant du type d'écoute (devoir) à la maison (tableaux 4 et 6). Que les sujets écoutent Sub/Alpha ou le bruit rose à la maison, la présentation de Sub/Alpha au laboratoire améliore immédiatement les ondes mesurées de façon significativement différente de l'effet du bruit rose (figures 2, 3 et 4).

Dans ce premier niveau d'analyse nous sommes intéressés à l'effet immédiat de la présentation de Sub/Alpha sur les EEG des participants. Jusqu'ici, les résultats démontrent un effet de présentation et démontrent aussi qu'il n'y a pas d'interaction "présentation par devoir" ni d'interaction "présentation par session". D'une certaine façon, nous pouvons donc conclure cette section. Notre hypothèse 1 est confirmée et notre hypothèse 2 ne l'est pas.

Toutefois, les résultats de l'analyse multivariée démontrent aussi un effet global de session significatif ($p < .04$) (tableau 6). Ces résultats appartiennent davantage au deuxième niveau d'analyse (de l'effet à *moyen terme* de l'écoute de Sub/Alpha sur les EEG) et ils serviront donc de transition vers ce deuxième niveau d'analyse.

Le tableau 8 présente les valeurs moyennes de chaque mesure par session, alors que les figures 5, 6 et 7 donnent des représentations graphiques de ces valeurs. Ces résultats indiquent une modification *globale* des mesures d'une session à l'autre. Cette modification globale (multivariée) est indépendante du type de présentation aussi bien que du groupe devoir à la maison. L'analyse univariée nous indique que bêta1 et le ratio T/B contribuent principalement à cet effet global de l'analyse multivariée. Ainsi, que les sujets écoutent Sub/Alpha à la maison ou le bruit rose, il y a une modification des mesures beta1 et du ratio T/B d'une session à l'autre, mesurées autant pendant la présentation de Sub/Alpha que du bruit rose.

Une dernière information provenant de notre analyse multivariée complète cette analyse. L'interaction "session par devoir" n'est pas très loin du seuil de signification ($p < .09$). Ceci est cohérent avec l'analyse univariée qui démontre une interaction "session par devoir" significative pour la mesure thêta seulement ($p < .024$) (tableau 7). Ceci explique pourquoi thêta ne contribue pas de façon significative à l'effet global (multiplicité) de session. L'interaction des sessions avec le type de devoir, pour la mesure de thêta, annule sa contribution à l'effet global. En effet, les mesures de thêta pour ces deux groupes vont dans des directions opposées (figure 5).

Tableau 8 Valeurs moyennes (μV) des mesures du EEG; par session; analyse de l'effet immédiat de la présentation

Mesure	Session	Moyenne	Écart type
THETA	2	20.7197	1.173
	3	20.5891	1.208
	4	20.8241	1.040
	5	20.3957	1.045
BETA1	2	6.2323	.214
	3	6.9086	.236
	4	7.0825	.307
	5	6.6935	.255
RATIO	2	3.3986	.224
	3	3.0090	.154
	4	3.0395	.179
	5	3.1007	.162

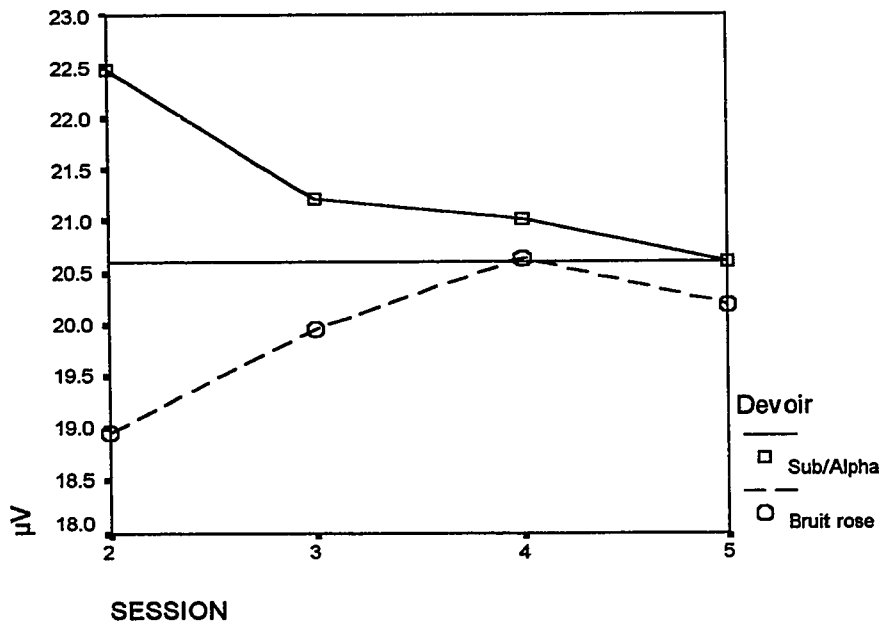


Figure 5 Thêta; session par devoir; analyse de l'effet immédiat de la présentation; sessions 2, 3, 4 et 5

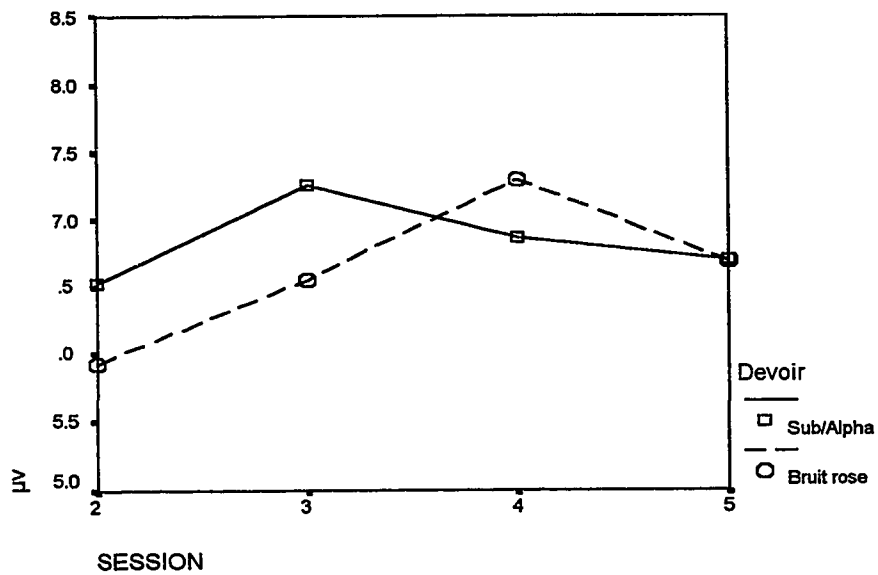


Figure 6 Bêta1; session par devoir; analyse de l'effet immédiat de la présentation; sessions 2, 3, 4 et 5

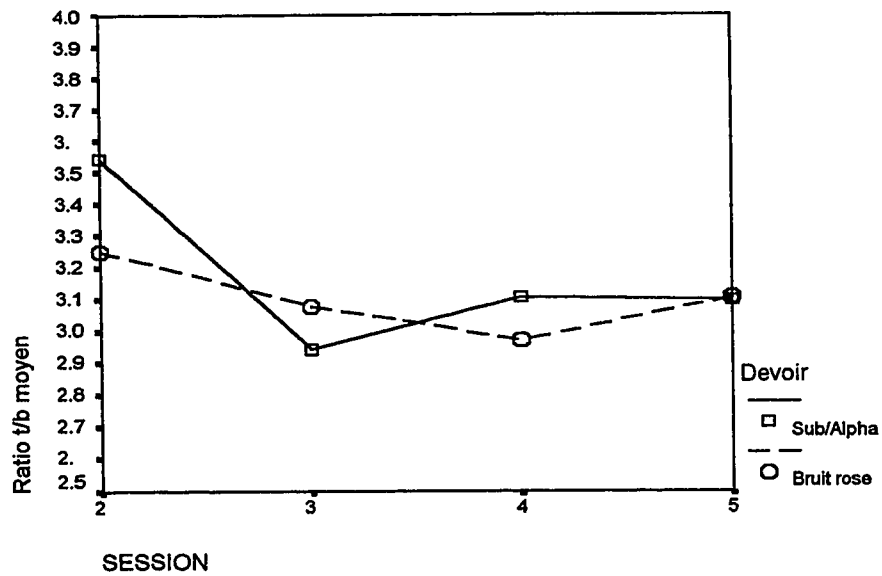


Figure 7 Ratio T/B; session par devoir; analyse de l'effet immédiat de la présentation; sessions 2, 3, 4 et 5

Deuxième niveau d'analyse : Effet à moyen terme sur les EEG

Hypothèse 3 :

“L’écoute répétée de Sub/Alpha à la maison aura comme résultat une diminution de l’amplitude (μV) de θ , une augmentation de l’amplitude de β_1 et une diminution du ratio de θ/β_1 à la fin du traitement comparé au début du traitement. Ces changements seront statistiquement différents de ceux associés à l’écoute répétée du bruit rose à la maison”.

Cette hypothèse a été testée à l’aide d’une analyse de la variance à mesures répétées. Les sessions 1, 6 et 7 correspondent aux trois niveaux du facteur “session” de l’analyse (tableau 4). Les participants sont comparés par rapport à leur appartenance à la condition “devoir” (tableau 4). Les valeurs des mesures utilisées, θ total, β_1 total et le ratio T/B total, sont présentées dans le tableau en annexe D-3. Les figures 8, 9 et 10 représentent l’analyse multivariée.

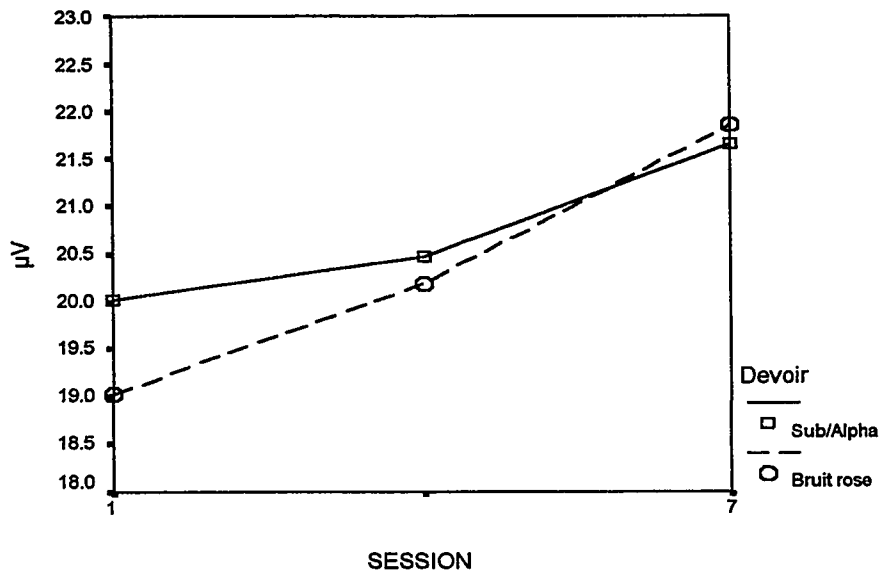


Figure 8 Thêta moyen par session; EEG; analyse de l'effet à moyen terme

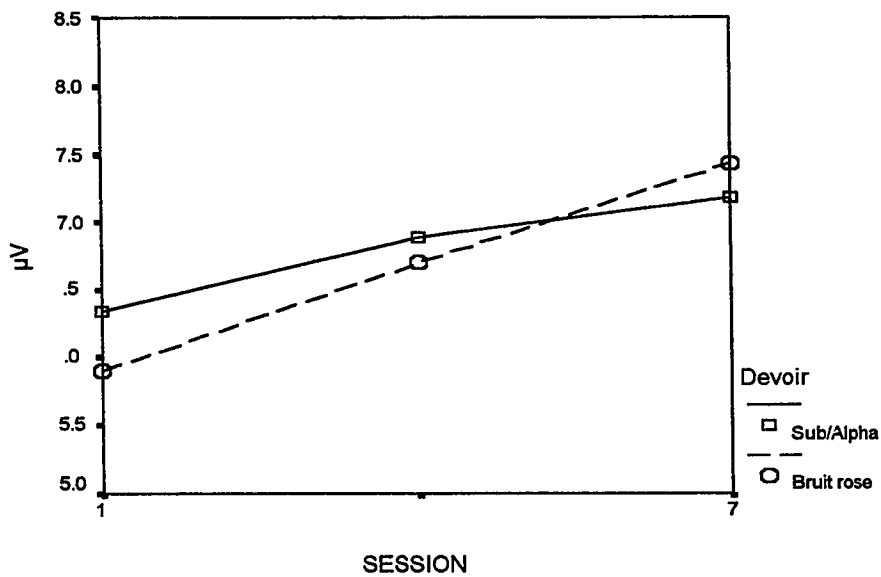


Figure 9 Bêta1 moyen par session; EEG; analyse de l'effet à moyen terme

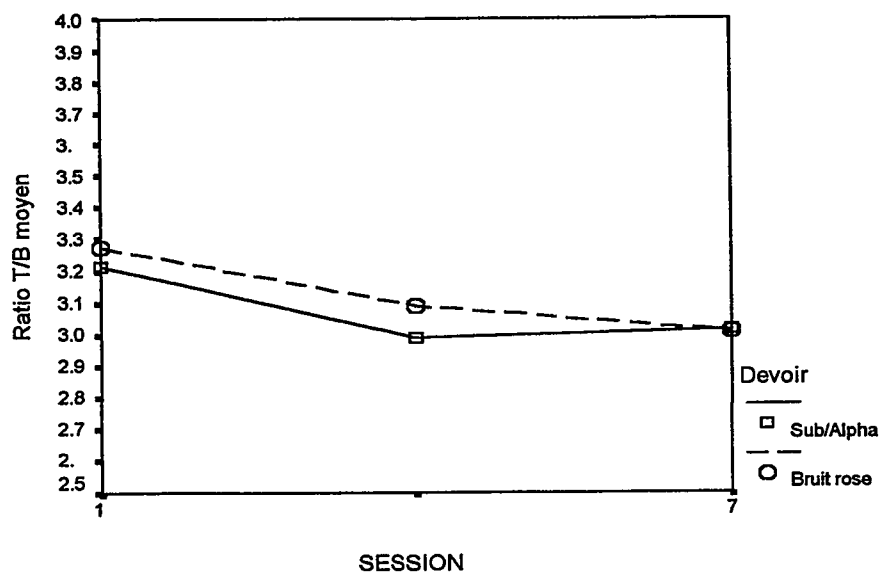


Figure 10 Ratio t/b moyen par session; EEG; analyse de l'effet à moyen terme

Tableau 9 Analyse multivariée de la variance à mesures répétées; EEG; analyse de l'effet à moyen terme

Effet		F	dl	P	Puissance
Inter-sujets	Devoir	.79	3	.517	.185
Intra-sujets	Session	3.11	6	.009*	.895
	Session * Devoir	.69	6	.655	.260

Les figures 8, 9 et 10 et les résultats des analyses multivariées indiquent un effet de session global significatif ($p < .009$) (tableau 9). Les valeurs sont présentées par session au tableau 10. Les résultats des analyses univariées indiquent que la mesure ayant le plus contribué à cet effet de session global significatif est bêta1, suivi de thêta, puis du ratio t/b (tableau 11). De façon globale, Bêta1 et le ratio t/b vont dans la direction prédite alors que thêta va dans la direction inverse.

Néanmoins, puisque cette modification est globale et qu'il n'y a pas d'interaction session par devoir, nous devons rejeter notre hypothèse numéro 3. Nos résultats ne nous permettent pas d'associer le changement graduel des mesures d'une session à l'autre à quoi que ce soit. Il pourrait aussi bien s'agir du passage du temps. Nous reviendrons sur ces résultats et ceux obtenus à l'hypothèse 2 dans la discussion.

Tableau 10 Valeurs moyennes (μV) des mesures du EEG par session; analyse de l'effet à moyen terme

Mesure	Session	Moyenne	Écart type
THETA	1	19.5195	1.012
	6	20.3284	.998
	7	21.7608	1.365
BETA1	1	6.1223	.184
	6	6.7973	.220
	7	7.3046	.385
RATIO	1	3.2439	.182
	6	3.0431	.169
	7	3.0139	.149

Tableau 11 Analyse univariée de la variance à mesures répétées; EEG; analyse de l'effet à moyen terme

Effet	Mesure	dl	F	P	Puissance
Session	Thêta	2	5.21	.010*	.801
	Bêta1	2	8.20	.001*	.947
	Ratio	2	3.24	.049*	.585
Session * Devoir	Thêta	2	.36	.700	.104
	Bêta1	2	.73	.488	.165
	Ratio	2	.15	.863	.071

Troisième niveau d'analyse : Effet immédiat sur l'attention

Hypothèse 4 :

“*Pendant* la présentation de la cassette Sub/Alpha, il y aura diminutions des pourcentages d'erreur d'omission et de commission, du temps de réponse et de la variabilité du temps de réponse sur le TOVA qui seront statistiquement différentes de celles observées *pendant* la présentation du bruit rose.”

Hypothèse 5 :

“L'écoute de Sub/Alpha à *la maison* produira des différences⁷ plus marquées sur le TOVA pendant la présentation de Sub/Alpha, comparativement à l'écoute du bruit rose à *la maison*”.

Ces hypothèses sur l'effet immédiat de la présentation de Sub/Alpha sur les mesures du TOVA ont été testées à l'aide d'une analyse multivariée de la variance à mesures répétées. Les sessions 2, 3, 4 et 5 correspondent aux quatre niveaux du facteur “session” de l'analyse (tableau 4). Le facteur “présentation” correspond à la présentation du bruit rose et de Sub/Alpha pendant les différents quarts du TOVA (tableau 4). Finalement, les participants sont comparés par rapport à leur appartenance au groupe “devoir” à la maison (avec bruit rose ou Sub/Alpha) (tableau 4). Il y a onze sujets dans chaque groupe. Les valeurs des mesures utilisées, pourcentage

⁷ Définies de la même façon que dans l'hypothèse 4

d'erreur d'omission, pourcentage d'erreur de commission, temps de réponse et variabilité du temps de réponse, sont présentées au tableau en annexe D-4.

Les figures 11, 12, 13 et 14 représentent cette analyse multivariée.

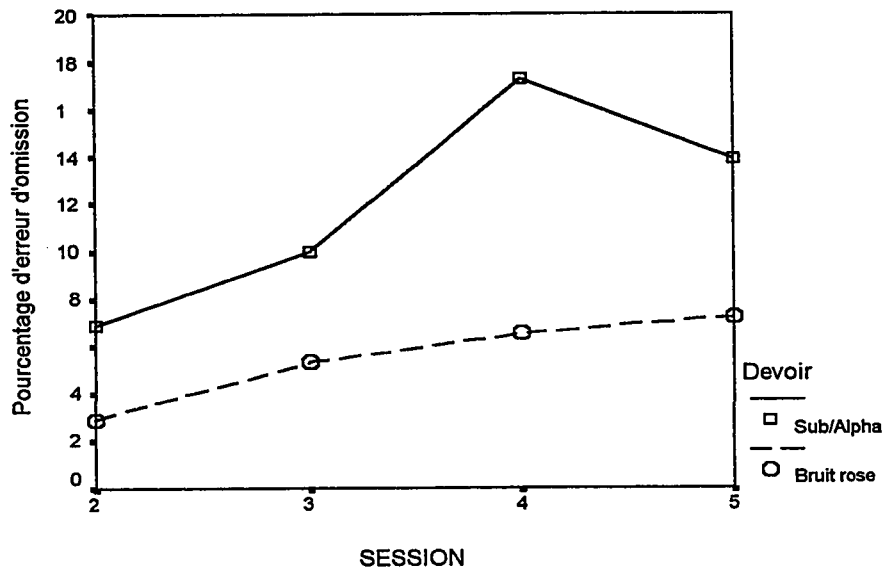


Figure 11 Erreur d'omission; TOVA; analyse de l'effet immédiat

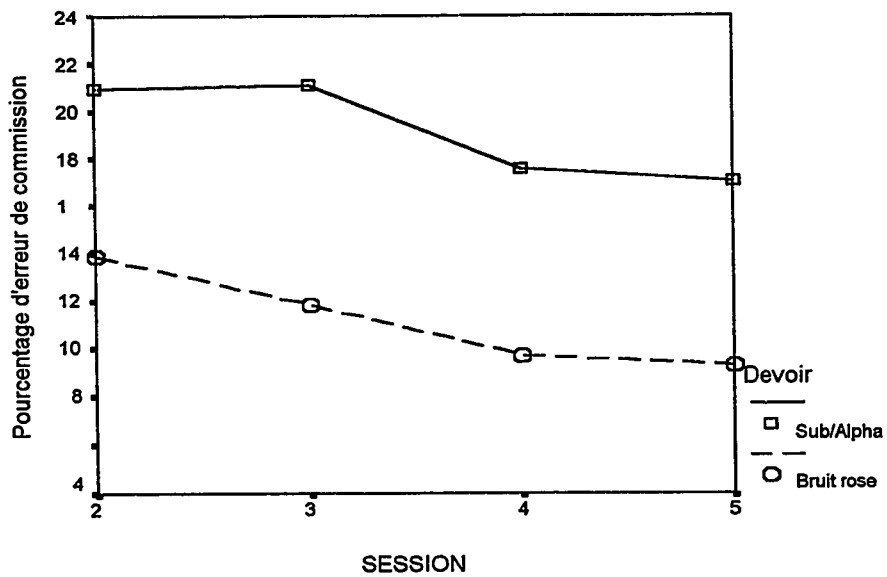


Figure 12 Erreur de commission; TOVA; analyse de l'effet immédiat

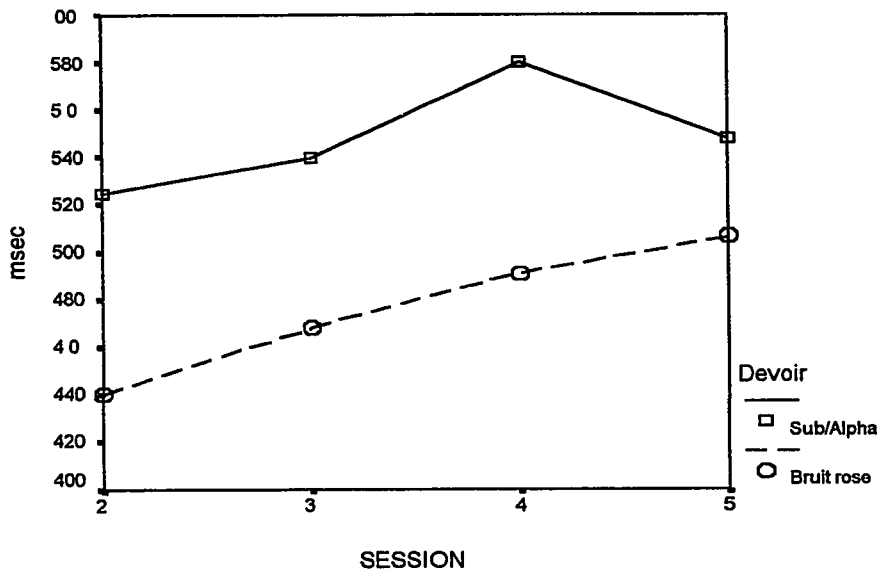


Figure 13 Temps de réponse; TOVA; analyse de l'effet immédiat

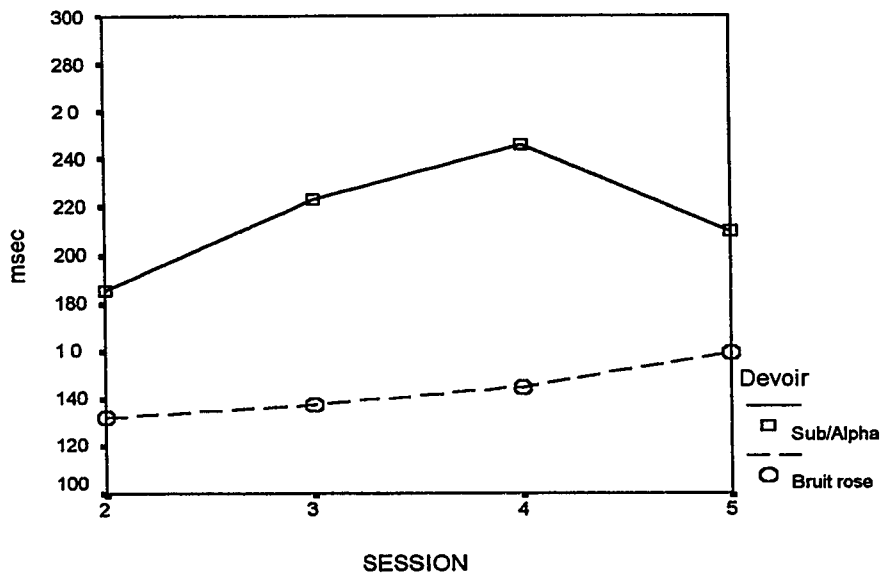


Figure 14 Variabilité du temps de réponse; TOVA; analyse de l'effet immédiat

Tableau 12 Analyse multivariée de la variance; TOVA; présentation alternée du bruit rose et de Sub/Alpha

Facteurs		F	dl	P	Puissance
Inter-sujets	Devoir	1.88	4	.161	.451
Intra-sujets	Session	2.21	12	.014*	.897
	Session * Devoir	.87	12	.584	.429
	Présentation	.50	4	.734	.141
	Présentation * Devoir	2.84	4	.057	.644
	Session * Présentation	.44	12	.943	.216
	Session * Présentation * Devoir	.43	12	.952	.207

Tableau 13 Résultats moyens des mesures du TOVA (% et msec); par session; analyse de l'effet immédiat (les 2 groupes "devoir" sont combinés)

Mesure	Session	Moyenne	Écart type
Omission	2	4.90	1.58
	3	7.67	2.13
	4	11.90	3.75
	5	10.57	3.20
Commission	2	17.40	2.01
	3	16.46	2.60
	4	13.65	2.74
	5	13.18	2.24
Temps de réponse	2	482.58	27.72
	3	503.93	32.85
	4	535.43	32.21
	5	526.95	30.05
Variabilité du temps de réponse	2	158.92	13.68
	3	180.34	25.00
	4	195.52	23.43
	5	184.95	15.17

En examinant les figures 11, 12, 13 et 14, on remarque que la seule mesure qui s'améliore avec les sessions est le pourcentage d'erreur de commission. Les résultats de l'analyse multivariée indiquent un effet de session significatif sans aucune interaction avec les autres dimensions ($p < .014$) (tableau 12). Le tableau 13 présente les valeurs moyennes du TOVA des deux groupes combinés, par session.

Les analyses univariées du tableau 14, indiquent que les mesures contribuant de façon significative à cet effet global (multivarié) de session sont le temps de réponse ($p < .002$) et le pourcentage d'erreur d'omission ($p < .011$). Toutefois, ces mesures vont dans la direction opposée à celle prédite. La seule mesure allant dans la direction prédite, le pourcentage d'erreurs de commission, n'est pas significative. De toute façon, comme mentionné précédemment, il n'y a aucun effet de présentation. Donc, ceci signifie qu'il n'y a pas de différence entre la présentation de Sub/Alpha ou du bruit rose sur l'effet immédiat sur le TOVA. Finalement, puisqu'on ne dénote aucune interaction du facteur session avec les autres facteurs, on ne peut savoir à quoi est dû le mouvement des mesures dans le temps. Notre quatrième hypothèse est infirmée.

L'hypothèse 5 s'intéresse à l'interaction des facteurs "présentation par devoir". Les résultats de l'analyse multivariée indiquent une interaction globale presque significative ($p < .057$) (tableau 12). L'analyse univariée suggèrent une contribution particulière du pourcentage d'erreur de commission à cet effet global ($p < .023$) (tableau 14). Toutefois, l'effet de l'appartenance aux groupes "devoir" ne suit pas la direction de nos prédictions (figures 15, 16, 17 et 18). Notre cinquième hypothèse est donc également infirmée.

Tableau 14 Analyse univariée de la variance; TOVA; présentation alternée du bruit rose et de Sub/Alpha

Effet	Mesure	dl	F	P	Puissance
Session	Omission	3	4.06	.011*	.820
	Commission	3	1.99	.126	.486
	Temps de réponse	3	5.73	.002*	.936
	Variabilité du temps de réponse	3	1.96	.129	.482
Session * Devoir	Omission	3	.97	.412	.252
	Commission	3	.09	.964	.066
	Temps de réponse	3	1.16	.334	.296
	Variabilité du temps de réponse	3	1.24	.305	.314
Présentation	Omission	1	.18	.677	.069
	Commission	1	.62	.439	.117
	Temps de réponse	1	.34	.567	.086
	Variabilité du temps de réponse	1	1.34	.260	.197
Présentation * Devoir	Omission	1	1.84	.190	.253
	Commission	1	6.03	.023*	.647
	Temps de réponse	1	.43	.520	.096
	Variabilité du temps de réponse	1	2.71	.115	.347
Session * Présentation	Omission	3	.31	.820	.106
	Commission	3	.10	.959	.067
	Temps de réponse	3	.06	.982	.060
	Variabilité du temps de réponse	3	.21	.887	.088
Session * Présentation * Devoir	Omission	3	.39	.758	.124
	Commission	3	.43	.732	.131
	Temps de réponse	3	.16	.920	.079
	Variabilité du temps de réponse	3	.30	.828	.104

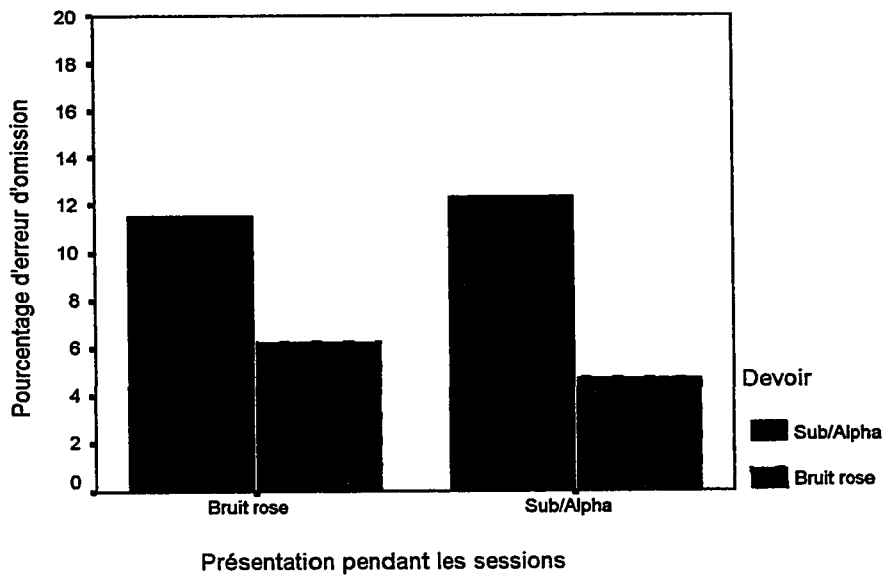


Figure 15 Interaction "présentation avec devoir"; Erreur d'omission

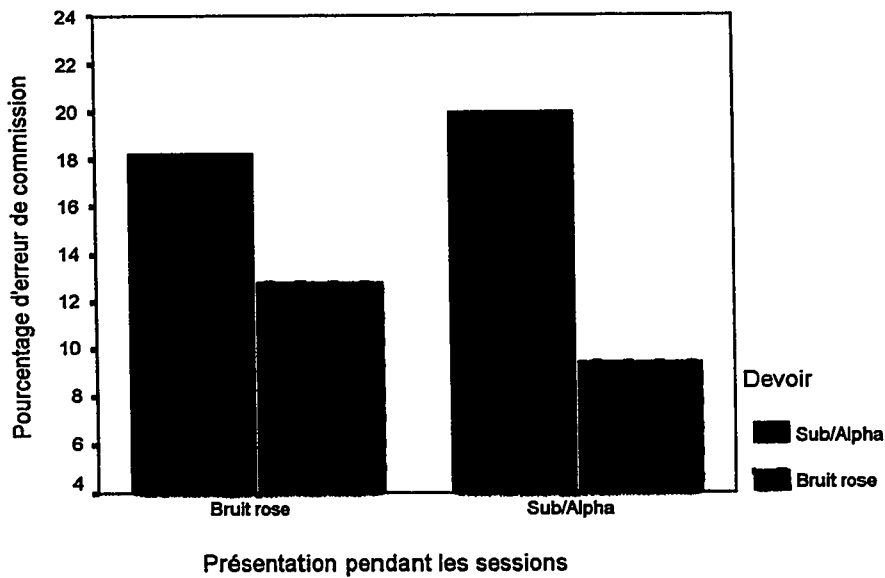


Figure 16 Interaction "présentation avec devoir"; Erreur de commission

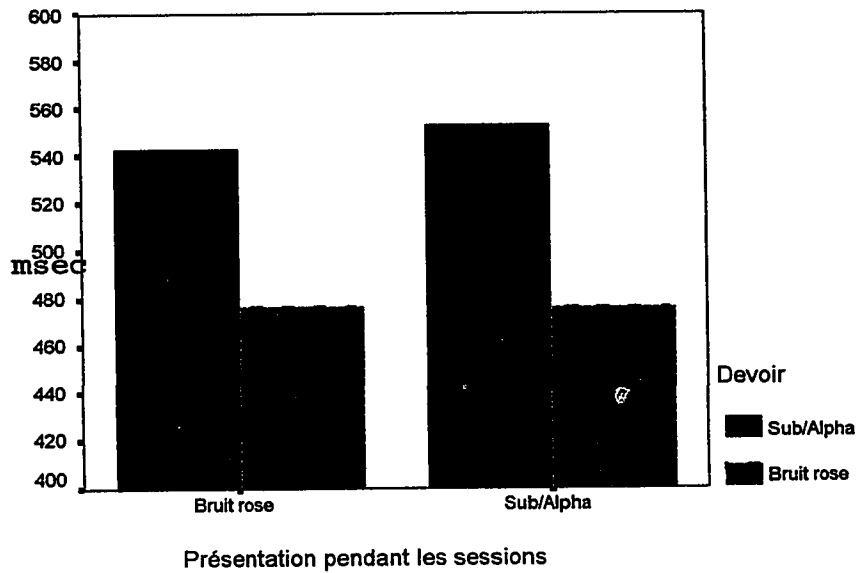


Figure 17 Interaction "présentation avec devoir"; Temps de réponse

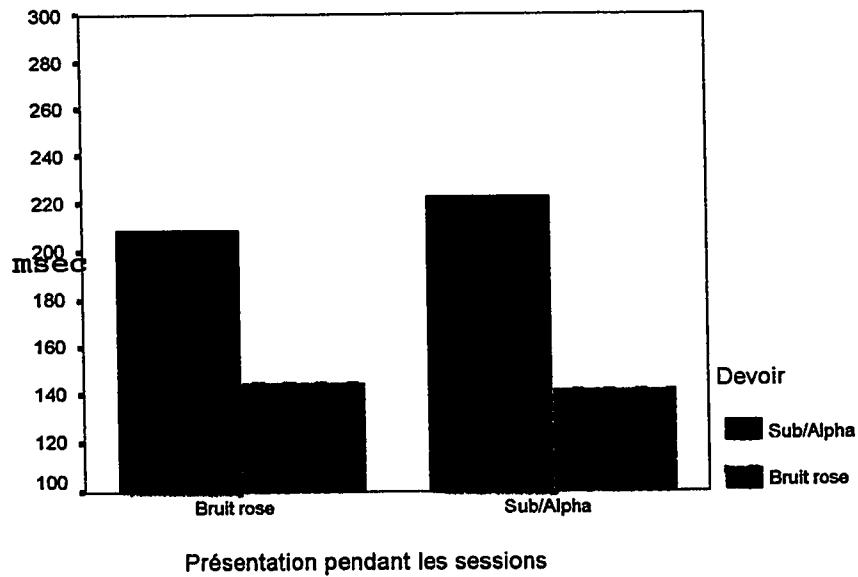


Figure 18 Interaction "présentation avec devoir"; Variabilité du temps de réponse

Quatrième niveau d'analyse : Effet à moyen terme sur l'attention

Hypothèse 6 :

“L'écoute répétée de Sub/Alpha à la maison aura comme résultat des diminutions des pourcentages d'erreur d'omission et de commission, du temps de réponse et de la variabilité du temps de réponse sur le TOVA statistiquement différentes à la fin du traitement comparée au début du traitement. Ces diminutions seront significativement différentes de celles associées à l'écoute répétée du bruit rose à la maison.”

Cette hypothèse a été testée à l'aide d'une analyse de la variance à mesures répétées. Les sessions 1, 6 et 7 correspondent aux trois niveaux du facteur “session” de l'analyse. Les participants sont aussi comparés par rapport à leur appartenance à la condition “devoir” à la maison avec bruit rose ou Sub/Alpha (tableau 4). Il y a onze sujets dans chaque groupe. Les valeurs des mesures utilisées, pourcentage d'erreur d'omission total, pourcentage d'erreur de commission total, temps de réponse total et variabilité du temps de réponse totale, sont présentées au tableau en annexe D-5.

Les résultats indiquent un effet de session significatif ($p < .015$) (tableau 15). Le tableau 16 présente les résultats moyens du TOVA, par session, et les figures 19, 20, 21 et 22 en donnent des représentations graphiques.

Tableau 15 Analyse de la variance avec mesures répétées; TOVA avant et après traitement et à une semaine de suivi

Facteurs		F	dl	P	Puissance
Inter-sujets	Devoir	.98	4	.445	.245
Intra-sujets	Session	2.58	8	.015*	.891
	Session * Devoir	.53	8	.828	.229

Tableau 16 Valeurs des mesures du TOVA (% et msec); par session; analyse temporelle

Mesure	Session	Moyenne	Écart type
Omission	1	3.94	1.11
	6	7.49	2.04
	7	15.31	5.22
Commission	1	10.58	1.60
	6	7.58	1.49
	7	5.66	1.02
Temps de réponse	1	445.18	24.42
	6	477.14	26.10
	7	501.92	25.87
Variabilité du temps de réponse	1	179.23	24.76
	6	175.25	13.13
	7	180.87	13.06

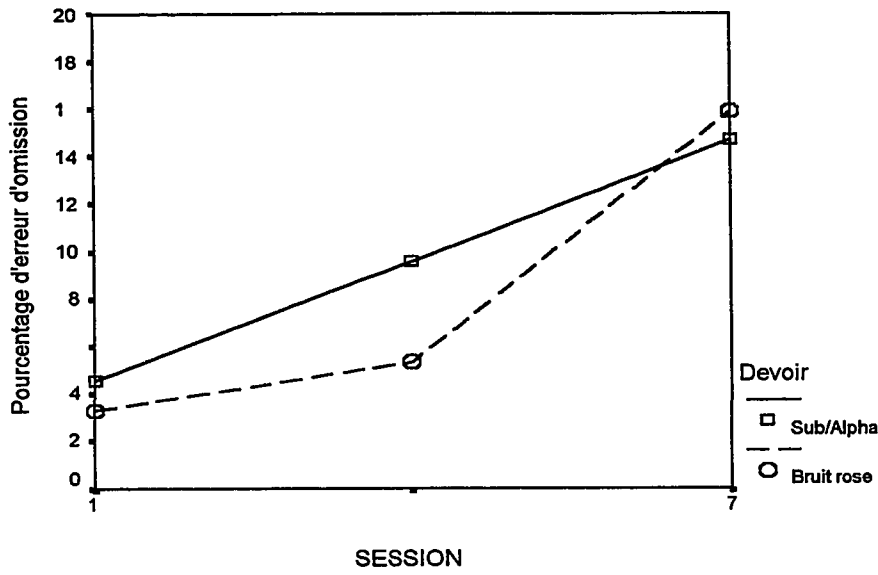


Figure 19 Erreur d'omission par session; Effet à moyen terme

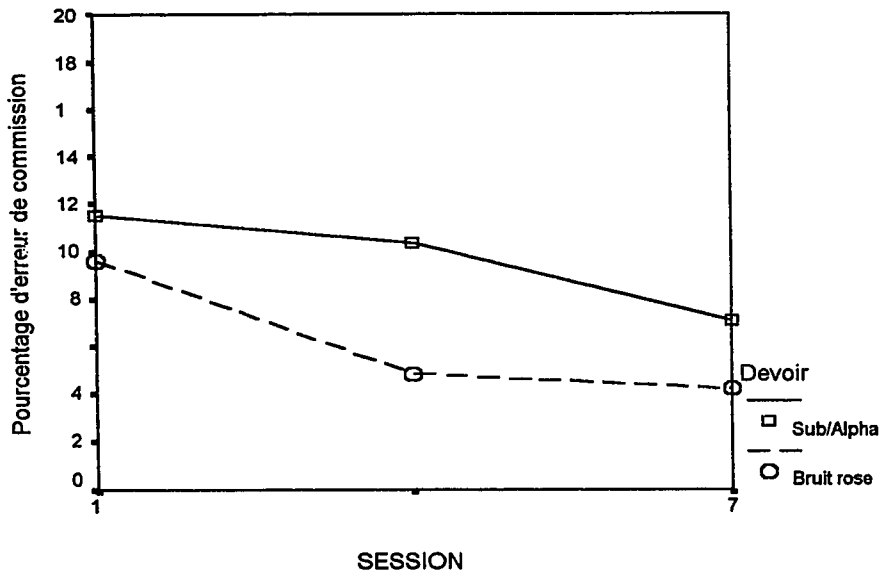


Figure 20 Erreur de commission par session; Effet à moyen terme

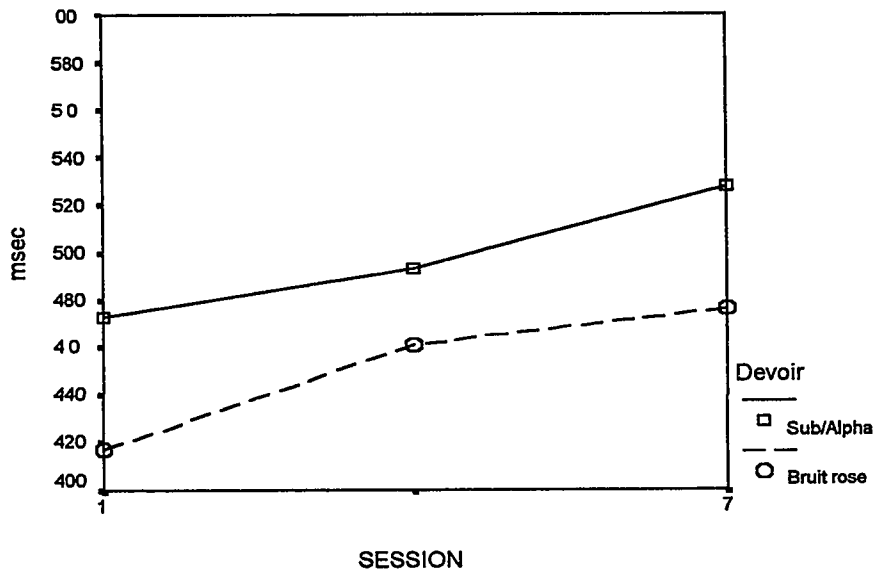


Figure 21 Temps de réponse par session; Effet à moyen terme

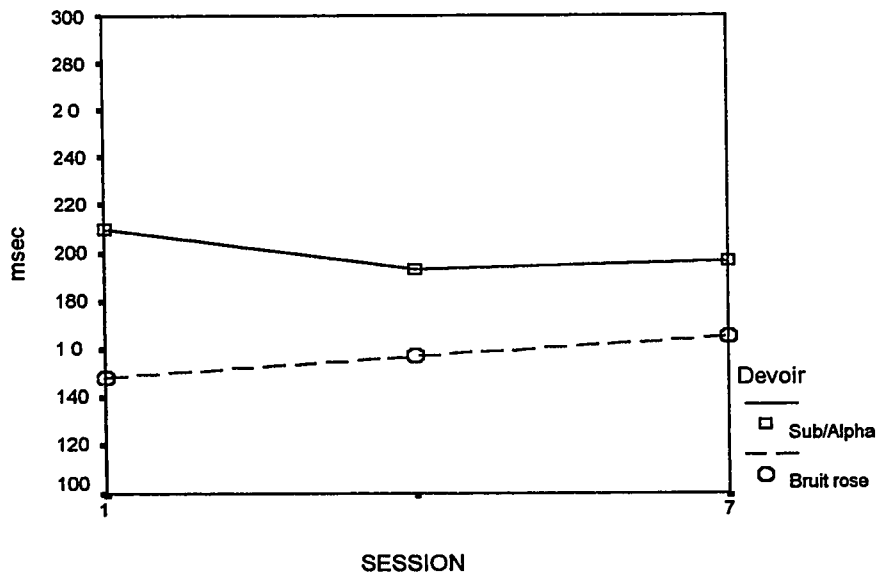


Figure 22 Variabilité du temps de réponse par session; Effet à moyen terme

Tableau 17 Analyse univariée de la variance; TOVA; analyse temporelle

Facteurs	Mesure	dl	F	P	Puissance
Session	Omission	2	4.03	.025*	.686
	Commission	2	5.99	.005*	.856
	Temps de réponse	2	2.21	.123	.424
	Variabilité du temps de réponse	2	.03	.972	.054
Session * Devoir	Omission	2	.22	.804	.082
	Commission	2	.81	.453	.178
	Temps de réponse	2	.11	.896	.066
	Variabilité du temps de réponse	2	.23	.798	.083

L'analyse des figures précédentes et des résultats univariés nous indiquent que les variables commission et omission contribuent principalement à l'effet de session trouvé au niveau multivarié (tableau 17). Toutefois, toutes les variables, sauf commission, vont dans la direction opposée à celle prédite.

De plus, lorsqu'on compare les variables par paires, on observe que seule la différence entre les sessions 1 et 7 est significative pour la mesure commission et contribue donc principalement à l'effet significatif dans l'analyse univariée (tableau 18). La différence entre les sessions 1 et 6 (début et fin du traitement à la maison) n'est pas significative pour la mesure commission. Donc, notre hypothèse numéro six doit être infirmée.

Tableau 18 Comparaisons des variables par paires aux sessions 1, 6 et 7; TOVA

MESURE	(I) SESSION	(J) SESSION	Différence moyenne (I-J)	Écart type	P
OMISSION	1	6	-3.549364	1.704	.050
		7	-11.370119*	5.188	.040
	6	7	-7.820755	4.536	.100
COMMISSION	1	6	3.002273	1.649	.084
		7	4.923591*	1.527	.004
	6	7	1.921318	1.057	.084
TEMPS DE RÉPONSE	1	6	-31.95	31.743	.326
		7	-56.74	28.881	.064
	6	7	-24.78	18.862	.204
VARIABILITÉ DU TEMPS DE RÉPONSE	1	6	3.97	28.710	.891
		7	-1.64	29.461	.956
	6	7	-5.61	8.184	.501

*. La différence est significative au niveau .05

Analyse supplémentaire : EEG au repos et pendant une tâche de concentration

Une analyse supplémentaire a été faite dans le but de vérifier s'il y a une différence significative entre les ondes cérébrales au repos et pendant une tâche de concentration. La littérature mentionne que les différences de configuration des ondes cérébrales entre les enfants avec et sans DA/H augmentent lors d'une demande de concentration comme la lecture. Les 3 minutes de repos avant le TOVA et le premier quart du TOVA ont donc été utilisés comme contextes de comparaison (tableau 4).

Les sessions 1 à 7 correspondent aux sept niveaux du facteur "session" de l'analyse de la variance à mesures répétées. Les participants sont aussi comparés par rapport à leur appartenance à la condition "devoir" à la maison avec bruit rose ou Sub/Alpha (tableau 4). Il y a onze sujets dans chaque groupe. Les valeurs des mesures utilisées, thêta, bêta1 et le ratio t/b sont présentées dans le tableau en annexe D-6.

Les résultats indiquent des effets de session et de contexte et une interaction session par contexte (tableau 19). Le tableau 20 présente les valeurs moyennes du EEG par session, le tableau 21 les valeurs par contexte et les figures 23, 24 et 25 donnent des représentations graphiques de l'interaction session par contexte.

Ces résultats démontrent qu'il y a effectivement une augmentation du ratio T/B lors d'une tâche de concentration (le premier quart du TOVA) lorsque comparé à la condition de repos d'avant le TOVA. Toutefois, cette différence diminue d'une session à l'autre. Il n'y a pas de différence entre les groupes devoir Sub/Alpha et bruit rose à la maison.

Tableau 19 Analyse de la variance multivariée; EEG au repos et pendant une tâche de concentration (premier quart du TOVA)

Facteurs		F	dl	P	Puissance
Inter-sujets	Devoir	1.05	3	.395	.24
Intra-sujets	Session	1.64	18	.049*	.92
	Session * Devoir	1.52	18	.080	.89
	Contexte	8.98	3	.001*	.98
	Contexte * Devoir	.30	3	.823	.10
	Session * Contexte	2.00	18	.009*	.97
	Session * Contexte * Devoir	.89	18	.586	.62

Tableau 20 Valeurs du EEG (μV) par session dans l'analyse du EEG au repos et pendant une tâche de concentration (premier quart du TOVA)

Mesure	Session	Moyenne	Ecart type
Thêta	1	19.50	.99
	2	20.47	1.02
	3	20.50	1.17
	4	21.42	1.21
	5	20.43	.99
	6	20.17	.94
	7	21.43	1.32
Bêta1	1	6.37	.17
	2	6.83	.29
	3	6.80	.28
	4	7.23	.32
	5	6.67	.20
	6	6.87	.25
	7	7.25	.35
Ratio T/B	1	3.11	.16
	2	3.06	.15
	3	3.09	.18
	4	3.08	.21
	5	3.10	.15
	6	3.00	.16
	7	3.00	.16

Tableau 21 Valeurs du EEG (μV) par contexte; dans l'analyse du EEG au repos et pendant une tâche de concentration (premier quart du TOVA)

Mesure	Contexte	Moyenne	Ecart type
Thêta	Repos	20.28	.98
	Concentration	20.84	1.07
Bêta	Repos	7.01	.22
	Concentration	6.71	.21
Ratio T/B	Repos	2.96	.15
	Concentration	3.17	.16

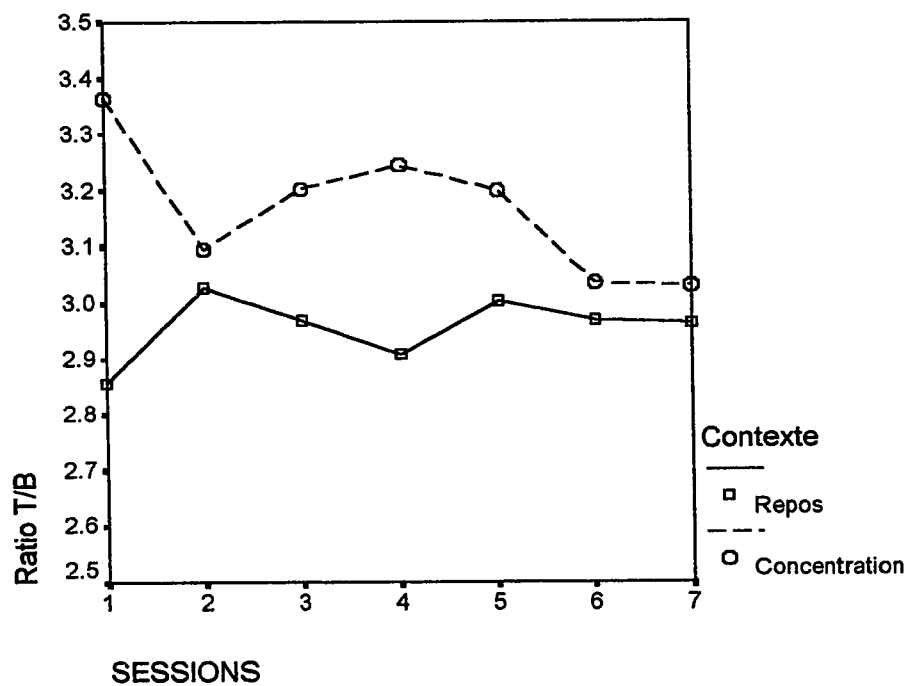


Figure 23 Interaction session par contexte dans l'analyse du EEG au repos et pendant une tâche de concentration; mesure du ratio T/B

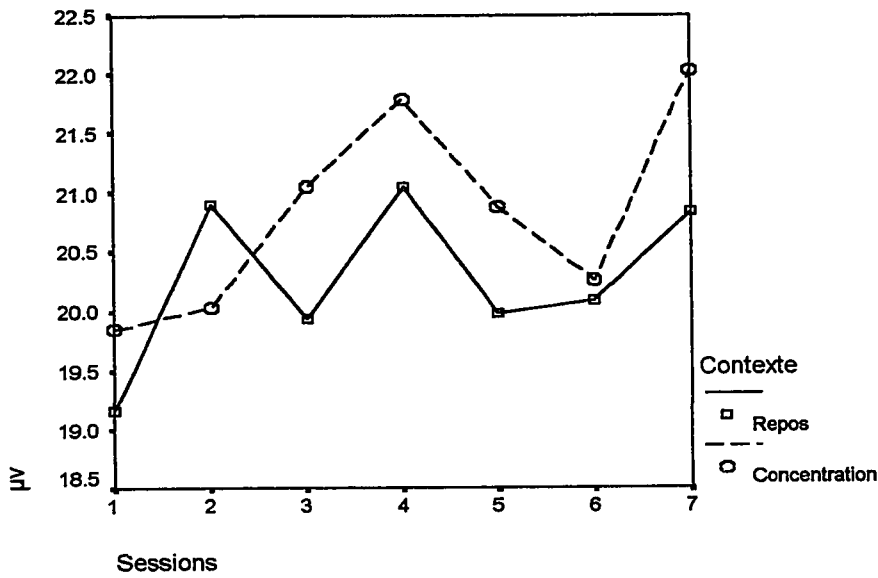


Figure 24 Interaction session par contexte dans l'analyse du EEG au repos et pendant une tâche de concentration; mesure de thêta

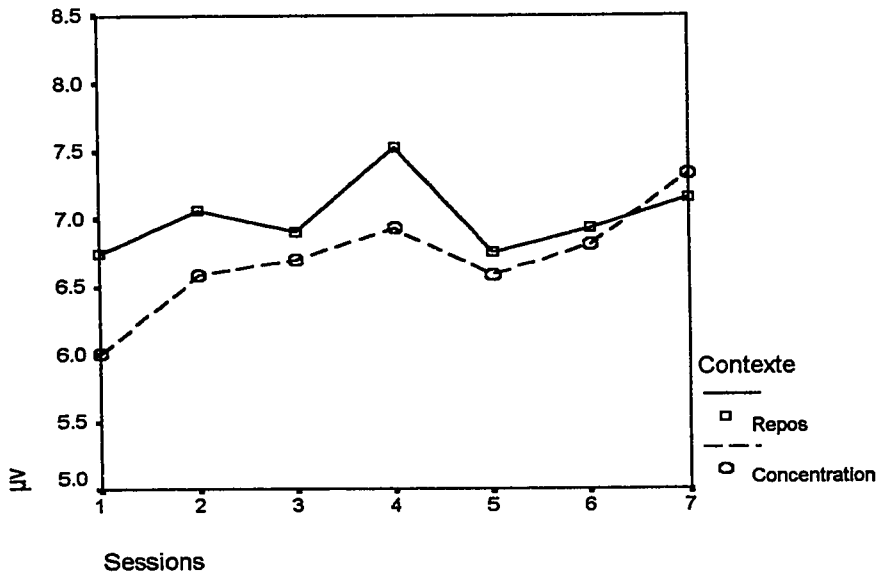


Figure 25 Interaction session par contexte dans l'analyse du EEG au repos et pendant une tâche de concentration; mesure de bêta1

DISCUSSION

Dans la première phase de l'étude, nous avons vérifié l'effet immédiat de la présentation de deux enregistrements audio sur les EEG. Le premier consiste en un enregistrement de bruit rose. Le deuxième est le résultat d'une technique particulière d'enregistrement de stimuli sonores qui a été développée par Swingle (1996). Cette technique consiste à combiner sur cassette audio deux ondes sinusoïdales de fréquences différentes (Hz) mais d'amplitudes égales (μV), camouflées dans du bruit rose. Sub/Alpha, l'enregistrement utilisé dans notre étude, contient une onde sonore à 300 Hz et une autre à 310 Hz. Leurs amplitudes sont égales. La fréquence résultante est égale à la différence, 10 Hz.

L'effet immédiat correspond à l'effet que ces enregistrements ont sur les EEG des participants immédiatement pendant leurs présentations. Selon la littérature, les changements généralement associés à une meilleure attention sont une diminution de thêta, une augmentation de bêta et une diminution du ratio t/b (tableau 1) (Lubar, 1995; Monastra, 1997).

Nos résultats suggèrent que Sub/Alpha est statistiquement supérieur au bruit rose pour provoquer une diminution de thêta, une augmentation de bêta¹ et une diminution du ratio T/B pendant sa présentation ($p=.00$) (tableaux 5 et 6). Notre première hypothèse est confirmée.

Toutefois, il n'y a pas d'interaction entre les devoirs à la maison et les présentations. Que les participants utilisent Sub/Alpha ou le bruit rose à la maison, l'écoute de Sub/Alpha améliore les mesures de thêta, bêta et du ratio t/b pendant cette écoute lors

des sessions au laboratoire de l'université. Notre deuxième hypothèse est donc nulle.

Ces premiers résultats appuient donc les études préliminaires de Swingle comparant Sub/Alpha et le bruit rose (Swingle, in press; Swingle, 1996). Dans ces études, bien que le niveau de signification statistique ne soit pas présenté, Sub/Alpha est présenté comme étant supérieur au bruit rose pour diminuer θ pendant son écoute (Bêta n'a pas été mesuré dans ces études). Par ailleurs, nos résultats contribuent de nouvelles informations sur Sub/Alpha.

Dans les études de Swingle, chaque participant est soumis à l'écoute de Sub/Alpha à une seule occasion (Swingle, in press; Swingle, 1996). Dans l'étude pilote présentée au début de ce document, les sujets reçoivent plusieurs présentations de Sub/Alpha, toutefois l'effet de Sub/Alpha n'est pas pur (tableau 2) (Dupont, 1996). En effet, ceux-ci font un entraînement de neurofeedback. Les sujets reçoivent une rétroaction visuelle et auditive à propos de leurs ondes cérébrales et ils tentent de modifier celles-ci.

Les participants de la présente étude, eux, sont soumis à plusieurs présentations de Sub/Alpha et ne tentent pas de modifier leurs ondes cérébrales. Ils n'ont aucune rétroaction à propos de celles-ci. Plutôt, ils sont soumis à une présentation soutenue de Sub/Alpha (5 minutes) pendant une tâche de concentration (le TOVA), à quatre occasions différentes (tableau 4). Il y a quatre sessions de mesures avec présentation des enregistrements au laboratoire de l'université. Ce protocole à mesures répétées permet d'augmenter la puissance de nos analyses statistiques étant donné que chaque sujet est comparé à lui-même plusieurs fois.

À prime abord, ces résultats semblent suggérer qu'il n'y a pas d'accoutumance à l'écoute de Sub/Alpha. À chaque présentation, Sub/Alpha est supérieur au bruit rose pour améliorer les mesures du EEG de façon immédiate. Cet effet se manifeste autant à la cinquième session qu'à la deuxième. De plus, cet effet est indépendant du niveau de base présent immédiatement avant la présentation (figures 2, 3 et 4). Quelles que soient les mesures des ondes thêta et bêta1 avant la présentation de Sub/Alpha, thêta diminue et bêta1 augmente pendant cette présentation, provoquant une diminution du ratio T/B.

S'il ne semble pas y avoir d'accoutumance à l'usage de Sub/Alpha sur les EEG, nos résultats indiquent également qu'il n'y a pas d'effet cumulatif non plus. Aucune interaction "présentation par session" n'est décelée (tableau 6). L'ordre de grandeur de la modification des ondes thêta et bêta1 ne diminue pas d'une session à l'autre et il n'augmente pas non plus (figures 2, 3 et 4).

Toujours au premier niveau d'analyse, nous remarquons dans l'espace multivarié une modification globale significative des mesures thêta, bêta1 et ratio t/b, de la session 2 à 5 (tableau 6, figures 2, 3 et 4). Cette modification est indépendante du type d'écoute à la maison. Toutefois, au niveau univarié, le groupe utilisant Sub/Alpha à la maison démontre une diminution de thêta d'une session à l'autre significativement différente de celle du bruit rose ($p < 0,024$) (tableau 7, figures 5, 6 et 7). Cependant, afin de bien comprendre ce qui se passe, nous devons maintenant passer au deuxième niveau d'analyse de l'étude.

Au deuxième niveau d'analyse, nous voulons vérifier l'effet dans le temps de

l'écoute de Sub/Alpha et du bruit rose à la maison (les devoirs) sur les EEG des participants (tableau 4). Pour s'assurer de la justesse de nos analyses, il a été décidé d'utiliser seulement les sessions 1, 6 et 7 dans cette analyse, puisque ces sessions sont identiques. En effet, il n'y a eu aucune présentation pendant celles-ci (tableau 4).

Comme mentionné dans la section des résultats, les analyses multivariées indiquent un effet de session global significatif ($p < .009$) (tableau 9; figures 8, 9 et 10). Les valeurs sont présentées par session au tableau 10. Les résultats des analyses univariées indiquent que la mesure qui contribue le plus à cet effet de session global significatif est bêta1, suivi de thêta, puis du ratio t/b (tableau 11). De façon globale, Bêta1 et le ratio t/b vont dans la direction prédite alors que thêta va dans la direction inverse. Toutefois, cette modification est semblable pour les deux types de devoir, il n'y a pas d'interaction session par devoir. Il est donc impossible, dans les limites de notre protocole, de savoir à quoi est dû ce mouvement. Ce pourrait aussi bien être l'oeuvre du passage du temps. Notre hypothèse 3 est donc nulle.

Après la revue des deux premiers niveaux d'analyses (sur les effets immédiats et à moyen terme de l'utilisation du bruit rose et de Sub/Alpha sur les EEG), deux résultats impliquant la mesure thêta semblent en contradiction et requièrent notre attention. Au premier niveau d'analyse on constate une *diminution* significative de thêta entre la session 2 et 5 (session par devoir, $P < .024$) (tableau 7). La figure 5 présente la progression graduelle de cette diminution. Cependant, au deuxième niveau d'analyse, on observe une *augmentation* significative de thêta entre la session 1, 6 et 7 (interaction "session par devoir", $P < .010$) (tableau 11; figure 8). Afin de mettre ces résultats en

perspective, les figures 26, 27 et 28 présentent les mesures thêta, bêta1 et le ratio thêta/bêta1 pour les sept sessions de l'étude.

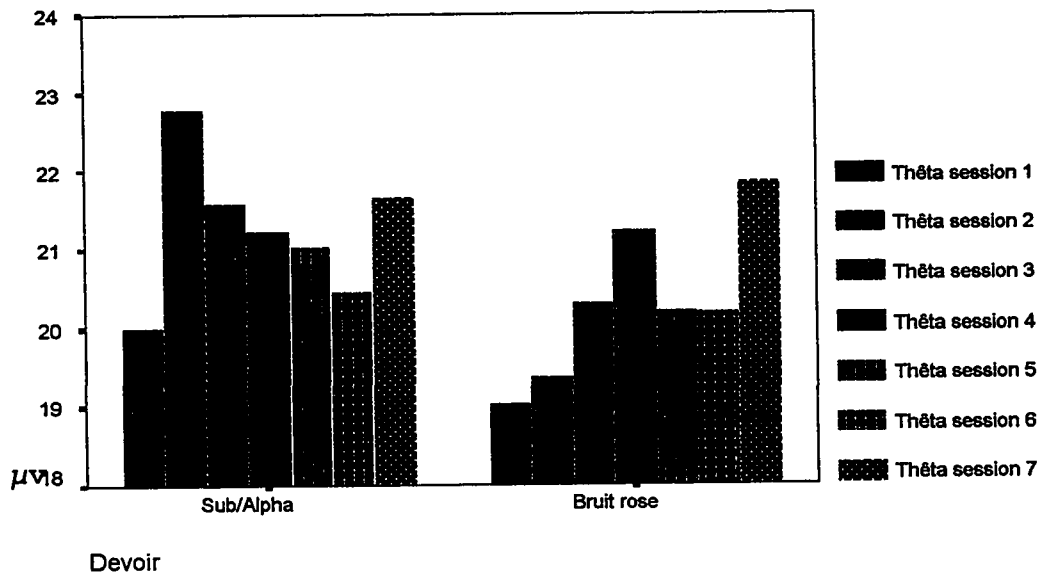


Figure 26 Thêta total; "session par devoir"; durant toute l'étude

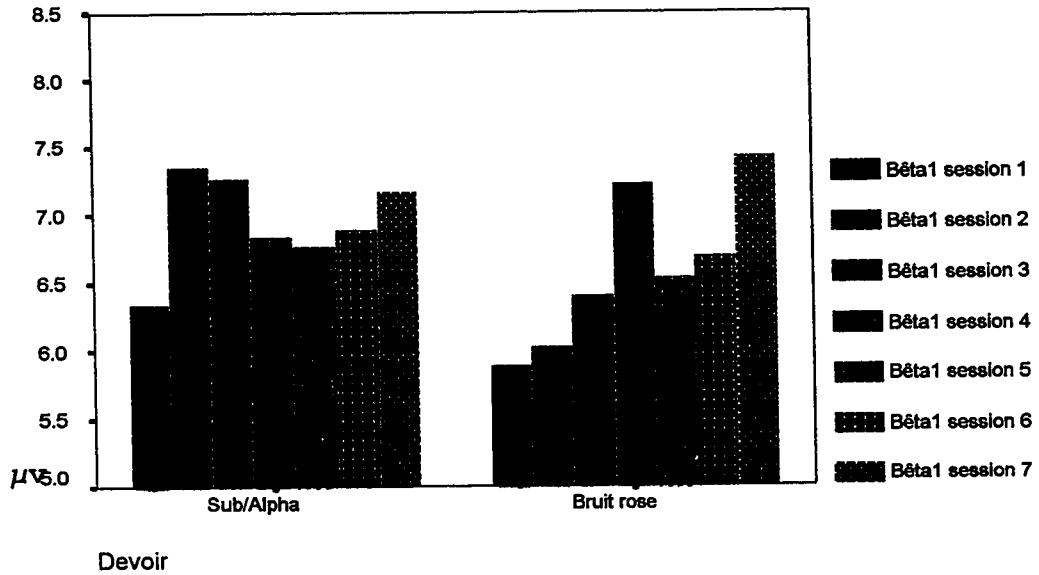


Figure 27 Bêta total; "session par devoir"; durant toute l'étude



Figure 28 Ratio t/b; "session par devoir"; durant toute l'étude

La première information à tirer de ces figures, c'est que la session 7 correspond au suivi après l'étude; les devoirs à la maison sont terminés depuis une semaine (voir tableau 4). Pour notre analyse visuelle, nous pouvons donc la mettre de côté pour un moment.

Deuxième observation, on remarque effectivement que comparé à la session 1, thêta est plus élevé à la session 6 pour les deux types de devoir. Toutefois, le groupe ayant écouté Sub/Alpha à la maison démontre d'abord une soudaine augmentation de thêta à la session 2, pour ensuite diminuer graduellement jusqu'à la session 6.

Ce qui est particulièrement intéressant ici, c'est que cette tendance est statisti-

quement différente; du moins pour les sessions 2 à 5. En effet, selon les analyses univariées du premier niveau d'analyse, il y a une interaction session par devoir significative pour la mesure de θ ($p < .024$) (tableau 7 et figure 5).

Si nous extrapolons cette tendance à la baisse, il semble que deux ou trois sessions supplémentaires auraient permis à θ de descendre sous le niveau de la première session (figure 26). Dans le cas du groupe ayant écouté le bruit rose à la maison, la tendance n'est pas à la baisse; elle semble même inverse (figure 5). Nous pourrions être tentés d'argumenter qu'une tendance semblable, mais inverse, se dessine du côté du bruit rose, sur la mesure de β_1 (figure 27). Cependant, l'analyse univariée présentée au tableau 7 indique celle-ci comme étant non significative (session par devoir; β_1 ; $p < .085$).

Ce mouvement de θ , qui débute par une augmentation importante, pour ensuite diminuer progressivement, nous ramène à un article de Lubar (1995). Dans cette étude, douze sujets réussissent à diminuer leur amplitude θ après 40 sessions de neurofeedback. Cependant, de la session 3 à 7, cette amplitude de θ est plus élevée qu'à la session initiale. θ ne passe sous l'amplitude initiale qu'à la huitième session. Toutefois, et c'est ce qui est intéressant, à partir de cette huitième session le niveau de θ continue de diminuer graduellement jusqu'à la quarantième session (Lubar et al., 1995a). Peut-être n'avons-nous mesuré que le début d'un pareil mouvement. Il serait raisonnable de considérer refaire une étude semblable avec un plus grand nombre de sessions pour vérifier cette possibilité.

Toujours au niveau spéculatif, un autre phénomène qui peut nous aider à

réfléchir sur nos résultats est associé à la stimulation audio-visuelle (SAV). Bien qu'il y ait peu d'étude bien documentée sur ce phénomène, l'information provenant des chercheurs dans ce domaine est intéressante (les résultats d'une étude de SAV avec des participants ayant des DA/H, présentement en cours à l'Université de l'Alberta, devraient être disponibles à la fin de l'année 1998) (Budzynski, 1992; Siever, 1998). Le modèle de stimulation pour les DA/H le plus fréquemment utilisé dans les appareils de SAV préconise une approche par polarisation (Russell & Carter, 1990). La raison est la suivante. Ces auteurs ont constaté que si une stimulation est élevée, (i.e. 20 Hz) le cerveau a tendance à suivre celle-ci sur le moment, pour parfois "rebondir" vers une fréquence plus basse que celle initiale, lorsque la stimulation cesse. La stimulation dans le bas registre aurait l'effet inverse. Après un moment de synchronisation avec la fréquence de l'appareil, celle du cerveau "rebondit" vers une fréquence plus élevée. Donc, on programme les appareils de SAV par polarisation : une minute de stimulation à 18 Hz, une minute sans stimulation, puis la prochaine minute est à 10 Hz. Ce cycle est répété pendant une session d'une vingtaine de minutes. Les résultats indiquent que le cerveau a alors tendance à présenter une fréquence se situant entre 10 et 18 Hz (Russell & Carter, 1990).

Dans notre étude, un phénomène du même genre semble se produire avec les ondes cérébrales. Les résultats démontrent en effet une diminution de thêta, une augmentation de bêta1 et une diminution du ratio T/B, toutes fortement significatives pendant la présentation, comparé à la présentation du bruit rose (tableaux 6 et 7). Cependant, la réaction suivant cette stimulation quotidienne se présente comme un

type de “rebondissement” dans la direction inverse; du moins, pendant la première semaine (figure 26). Le cerveau réagit-il d’abord fortement à une stimulation pour ensuite s’adapter lentement à cette nouvelle façon fréquence ? La spéculation est ouverte et vaut certainement l’effort de nouvelles études. Dans le domaine des DA/H, l’auteur le plus prolifique suggère de remettre en question ce que l’on croit savoir en ce moment sur ce phénomène et de poser de nouvelles questions (Barkley, 1997). Cette spéculation autour de ce concept de “rebondissement” se poursuit avec les mesures comportementales. Mais d’abord, regardons les résultats comme tels.

Dans cette partie de l’étude, le TOVA n’a pas permis de discerner de différence entre l’écoute du bruit rose à la maison et l’écoute de Sub/Alpha avec le passage du temps. L’interaction “session par devoir” n’est pas significative ($p < .828$; tableau 15). L’effet “devoir” global n’est pas significatif non plus ($p < .445$; tableau 15). Notre sixième hypothèse est donc infirmée.

Comme mentionné précédemment dans la description de notre protocole de comparaison, si jamais les deux traitements sont également efficaces (ou inefficaces), il ne sera pas possible de le détecter (Basham, 1986). Ce protocole mesure la différence relative entre deux interventions. Si une différence est constatée, il y a de très fortes probabilités que celle-ci soit réelle (comme dans l’effet immédiat sur les EEG de la présentation de Sub/Alpha versus le bruit rose). Toutefois, si aucune différence relative n’est rapportée, on ne peut savoir si les deux traitements contribuent également à une amélioration, une détérioration ou s’ils ont un effet neutre comparé à une condition sans traitement hypothétique.

Ceci étant établi, certaines observations sur les mesures du TOVA nous portent à croire que des recherches plus approfondies sur l'utilisation du bruit rose et de Sub/Alpha mériteraient de voir le jour. En effet, au niveau multivarié, on remarque un effet de "session" global significatif ($p < .015$; tableau 15; figures 19, 20, 21 et 22). Toutefois, au niveau de l'analyse univariée, en consultant les tableaux 15, 17 et 18, appuyés par les figures 19, 20, 21 et 22, on constate qu'il n'y a aucune différence significative sur les quatre mesures du TOVA entre le début et la fin du traitement (entre les sessions 1 et 6)⁸. Il semble que les mesures qui contribuent le plus fortement à l'effet global multivarié, soient celles associées au suivi après l'étude, la session 7 (voir tableau 18).

Au niveau de l'effet immédiat de la présentation du bruit rose versus Sub/Alpha sur les mesures du TOVA, l'interaction "session par devoir" n'est pas significative (tableau 12). Ceci nous confronte encore une fois aux limites de notre protocole. En effet, nous ne pouvons que spéculer sur les raisons de l'effet de session global significatif (tableau 12, $p < .014$). Par conséquent, notre hypothèse 4 est infirmée.

L'hypothèse 5 est également infirmée car l'interaction "présentation par devoir" n'est pas statistiquement significative (tableau 12, $p < .057$). Toutefois, l'exploration des analyses univariées de cette interaction "présentation par devoir" s'avère intéressante en rapport avec notre concept de "rebondissement". En effet, l'examen visuel des figures 15, 16, 17 et 18 démontre une interaction croisée (toutefois, seul le pourcentage

⁸ Est considéré comme étant significatif un *P plus petit que* .050

des erreurs de commission, présenté à la figure 16, est significatif au niveau univarié). Les sujets ayant écouté Sub/Alpha à la maison présentent de meilleurs résultats sur les mesures du TOVA pendant la présentation du bruit rose comparé à la présentation de Sub/Alpha. L'inverse se produit aussi. Les sujets ayant écouté le bruit rose à la maison présentent de meilleurs résultats sur les mesures du TOVA pendant la présentation de Sub/Alpha comparé à la présentation du bruit rose.

Il n'est pas facile de saisir ce qui se passe ici. Toutefois, les résultats indiquent une certaine forme de discrimination entre les deux enregistrements. C'est comme si les participants s'habituait à la stimulation qu'ils utilisent à la maison (i.e. bruit rose) et que lorsque l'autre stimulation est présentée (i.e. Sub/Alpha) au laboratoire, cette dernière les amènent à une meilleure performance (à cause de sa nouveauté ?).

Finalement, quelques commentaires au sujet de l'analyse supplémentaire présentée aux tableaux 19, 20 et 21 et aux figures 23, 24, et 25. Les résultats indiquent des effets de session, de contexte et une interaction session par contexte (tableau 19). Comme avec nos autres analyses, aucune différence entre les groupes de maison Sub/Alpha et bruit rose n'est trouvée. Ce que ces résultats démontrent c'est qu'il y a une augmentation du ratio T/B lors d'une tâche de concentration (le premier quart du TOVA) lorsque comparé à la condition de repos d'avant le TOVA. Un phénomène semblable est documenté par d'autres auteurs (Janzen, 1992; Janzen et al., 1995; Lubar, 1995; Mann, 1991; Mann et al., 1992). Il semble que les mesures du ratio T/B augmentent sous une tâche de concentration pour des enfants présentant des DA/H, comparés à des enfants sans DA/H. Puisque nous n'avons pas un groupe de sujets

sans DA/H pour comparer, nous ne pouvons être certains qu'il s'agisse du même phénomène. Néanmoins, nous constatons qu'un changement significatif du ratio T/B au cours des sessions s'effectue pour la tâche de concentration. Le contexte de repos (tableau 4 et figure 22) ne change pas de façon significative au cours des 7 sessions. Donc, dans de prochaines études avec Sub/Alpha, il serait bon de continuer à inclure une condition de concentration, pas seulement une condition de repos.

À la lumière des différents résultats de cette étude, la poursuite de la recherche sur l'enregistrement Sub/Alpha est encouragée.

Notre résumé final comprend les quatre points suivants :

- Premièrement, les résultats démontrent une différence significative sur les mesures de thêta, bêta1 et du ratio T/B, pendant la présentation de Sub/Alpha comparée à celle du bruit rose.
- Deuxièmement, il n'y a pas de différence significative entre l'écoute de Sub/Alpha et du bruit rose à la maison, sur les mesures de thêta, bêta1 et du ratio T/B, à moyen terme. On ne peut déterminer pourquoi les deux groupes vont dans la même direction.
- Troisièmement, il n'y a pas de différence significative sur les mesures du TOVA (omission, commission, temps de réponse et variabilité du temps de réponse), pendant la présentation de Sub/Alpha comparée à celle du bruit rose.
- Quatrièmement, il n'y a pas de différence significative entre l'écoute de Sub/Alpha et du bruit rose à la maison, sur les mesures du TOVA à moyen terme. Pour les deux groupes il n'y a de changement entre la première et la sixième session.

RÉFÉRENCES

- Ahn, H., Prichep, L. S., John, E. R., Baird, H., Trepetin, M., & Kaye, H. (1980). Developmental equations reflect brain dysfunctions. Science, *210*, 1259-1262.
- Allen, T., Lubar, J. F., Schwartz, M., & Segal, M. (1996, /August 21-23). The Research Associates Basic Technical Training For ProComp+/Biograph - A professional workshop for the treatment of ADD/H, Montréal, Québec.
- American Psychiatric Association. (1996). Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux, 4^e édition - DSM-IV (Traducteurs: J.D.Guelfi et al.). (Vol. 4). Paris: Masson.
- Andrews, D. J., & Schonfeld, W. H. (1992). Predictive factors for controlling seizures using a behavioural approach. Seizure, *1*, 111-116.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. Psychological Bulletin, *121*(1), 65-94.
- Barlow, J. S. (1967). Electronic simulation as an aid in evaluating computer-analyzed EEG data. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, *22*, 381-386.
- Basham, R. B. (1986). Scientific and practical advantages of comparative design in psychotherapy outcome research. Journal of Consulting and Clinical Psychology, *54*, 88-94.
- Bell, J. S. (1979). The use of EEG theta biofeedback in the treatment of a patient with sleep-onset insomnia. Biofeedback and Self-Regulation, *4*, 229-236.

Benson, H. (1983). The relaxation response: Its subjective and objective historical precedents and physiology. Trends in Neurosciences, 6, 281-284.

Benson, H., Malhotra, M. S., Goldman, R. F., Jacobs, G. D., & Hopkins, P. J. (1990). Three case reports of the metabolic and electroencephalographic changes during advanced Buddhist meditation techniques. Behavioral Medicine, 16, 90-95.

Benson, H., & Stuart, E. M. (Eds.). (1992). The Wellness Book: The comprehensive guide to maintaining health and treating stress-related illness. New York: Fireside.

Borgeat, F., Boissonneault, J., Chaloult, L., & Elie, R. (1989). Psychophysiological responses to subliminal auditory suggestions for activation. Perceptual and Motor Skills, 69(3,:Pt 1), 947-953.

Borgeat, F., Chabot, R., & Chaloult, L. (1981). Subliminal perception and level of activation. Canadian Journal of Psychiatry, 26(4), 255-259.

Borgeat, F., Elie, R., Chaloult, L., & Chabot, R. (1985). Psychophysiological responses to masked auditory stimuli. Canadian Journal of Psychiatry, 30(1), 22-27.

Borgeat, F., & Goulet, J. (1983). Psychophysiological changes following auditory subliminal suggestions for activation and deactivation. Perceptual & Motor Skills, 56(3), 759-766.

Borgeat, F., & Pannetier, M. (1982). Interest of cumulative electrodermal responses in subliminal auditory perception: Preliminary study. Encephale, 8(4), 487-499.

Bradley, C. (1937). The behavior of children receiving benzedrine. American Journal of Psychiatry, 94, 577-585.

Brown, R. T., Borden, K. A., Wynne, M. E., Schleser, R., & et, a. l. (1986).

Methylphenidate and cognitive therapy with ADD children: A methodological reconsideration. Journal of Abnormal Child Psychology, 14(4), 481-497.

Budzynski, T. H. (1992). The Clinical Guide to Light/Sound: Instrumentation & Therapy. Seattle: Synetic Systems Inc.

Cassel, R. N. (1985). Biofeedback for developing self-control of tension and stress in one's hierarchy of psychological states. Psychology a Quarterly Journal of Human Behavior, 22, 50-57.

Cohn, R., & Nardin, J. (1958). The correlation of bilotheral occipital slow activity in the human EEG with certain disorders of behavior. American Journal of Psychiatry, 115, 44-54.

Corning, W. C., Steffy, R. A., & Chaprin, I. C. (1982). EEG slow frequency and WISC-R correlates. Journal of Abnormal Child Psychology, 10(4), 511-530.

Cunningham, M. D., & Murphy, P. J. (1981). The effects of bilateral EEG biofeedback on verbal, visual-spatial, and creative skills in learning disabled male adolescents. Journal of Learning Disabilities, 14, 204-208.

Daum, I., Rockstroh, B., Birbaumer, N., Elbert, T., Canavan, A., & Lutzenberger, W. (1993). Behavioural treatment of slow cortical potentials in intractable epilepsy: neuropsychological predictors of outcome. Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, 56(1), 94-97.

Delmonte, M. M. (1984a). Electrocortical activity and related phenomena associated with meditation practice: a literature review. Int J Neurosci, 24(3-4), 217-231.

Delmonte, M. M. (1984b). Meditation: similarities with hypnoidal states and

hypnosis. Int J Psychosom, 31(3), 24-34.

Demotes, M. J., Philip, P., Jalfre, M., & Vincent, J. D. (1990). Cerebral electrotherapy for hypnotic drug withdrawal. Encephale, 16, 265-267.

Douglas, V. I., Barr, R. G., O'Neill, M. E., & Britton, B. G. (1986). Short Term Effects of Methylphenidate on the Cognitive, Learning and Academic Performance of Children with Attention Deficit Disorder in the Laboratory and the Classroom. Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 27(7), 191-211.

Dupont, F. (1996). Troubles déficitaires de l'attention et réduction de l'activité cérébrale thêta par une technique subliminale auditive. Affiche présentée au XXVI Congrès international de psychologie, Montréal, Québec.

Dykman, R. A., Holcomb, P. J., Oglesby, D. M., & Ackerman, P. T. (1982). Electrocortical frequencies in hyperactive, learning-disabled, mixed, and normal children. Biological Psychiatry, 17(6), 675-685.

Fahrion, S. L., Walters, E. D., Coyne, L., & Allen, T. (1992). Alterations in EEG amplitude, personality factors, and brain electrical mapping after alpha-theta brainwave training: a controlled case study of an alcoholic in recovery. Alcoholism, Clinical & Experimental Research, 16(3), 547-552.

Forness, S. R., Cantwell, D. P., Swanson, J. M., Hanna, G. L., & et, a. I. (1991). Differential effects of stimulant medication on reading performance of boys with hyperactivity with and without conduct disorder. Journal of Learning Disabilities, 24, 304-310.

Forness, S. R., Swanson, J. M., Cantwell, D. P., Youpa, D., & et, a. I. (1992). Stimulant medication and reading performance: Follow-up on sustained dose in ADHD

boys with and without conduct disorders. Journal of Learning Disabilities, 25, 115-123.

Frank, Y. (1993). Visual event related potentials after methylphenidate and sodium valproate in children with attention deficit hyperactivity disorder. Clinical Electroencephalography, 24(1), 19-24.

Fried, R. (1993). What is theta? Biofeedback and Self-Regulation, 18, 53-58.

Fried, R., Fox, M. C., & Carlton, R. M. (1990). Effect of diaphragmatic respiration with end-tidal CO-sub-2 biofeedback on respiration, EEG, and seizure frequency in idiopathic epilepsy. Annals of the New York Academy of Sciences, 602, 67-96.

Futterman, A. D., & Shapiro, D. (1986). A review of biofeedback for mental disorders. Hospital & Community Psychiatry, 37(1), 27-33.

Gaddes, W. H., & Edgell, D. (1994). Attention Deficit Disorder. In W. H. Gaddes & D. Edgell (Eds.), Learning Disabilities and Brain Function: A Neuropsychological Approach (Vol. 3, pp. 253-303). New York: Springer-Verlag.

Gillberg, C., Matousek, M., Petersen, I., & Rasmussen, P. (1984). Perceptual, motor and attentional deficits in seven-year-old children. Acta Paedopsychiatrica, 50, 243-253.

Glickson, J. (1986). Photic driving and altered states of consciousness: An exploratory study. Imagination, Cognition & Personality, 6(2), 167-182.

Green, D. M. (1976). An introduction to hearing. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Greenberg, L. (1987). An objective measure of methylphenidate response: Clinical use of the MCA. Psychopharmacology Bulletin, 23, 279-282.

Greenberg, L. M., & Waldman, I. D. (1993). Developmental normative data on the

test of variables of attention (T.O.V.A.). Journal of Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines, 34(6), 1019-1030.

Gross, M. D. (1995). Origin of stimulant use for treatment of attention deficit disorder. American Journal of Psychiatry, 152(2), 298-299.

Grunewald-Zuberbier, E., Grunewald, G., & Rasche, A. (1975). Hyperactive behavior and EEG arousal reactions in children. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 38, 149-159.

Halperin, J. M., Gittelman, R., Katz, S., & Struve, F. A. (1986). Relationship between stimulant effect, electroencephalogram, and clinical neurological findings in hyperactive children. Journal of the American Academy of Child Psychiatry, 25(6), 820-825.

Haslam, M. T. (1989). Electrosleep and stress relief. Stress Medicine, 5, 177-181.

Hauri, P. J. (1981). Treating psychophysiologic insomnia with biofeedback. Archives of General Psychiatry, 38(7), 752-758.

Hauri, P. J., Percy, L., Hellekson, C., Hartmann, E., & Russ, D. (1982). The treatment of psychophysiologic insomnia with biofeedback: a replication study. Biofeedback and Self-Regulation, 7(2), 223-235.

Hechtman, L., Weiss, G., & Perlman, T. (1984). Young adult outcome of hyperactive children who received long-term stimulant treatment. Journal of the American Academy of Child Psychiatry, 23, 261-269.

Hutchison, M. (1994). Mega Brain Power: Transform your life with mind machines and brain nutrients. New York: Hyperion.

Janzen, T. (1992). Comparing the dynamic EEG of successful and attention deficit disorder grade 5 and 6 boys. , University of Alberta.

Janzen, T., Graap, K., Stephanson, S., Marshall, W., & Fitzsimmons, G. (1995). Differences in Baseline EEG Measures for ADD and Normally Achieving Preadolescent Males. Biofeedback and Self-Regulation, 20(1), 65-82.

Jarzemski, W. B. (1985). Electrical stimulation and substance abuse treatment. Neurobehavioral Toxicology & Teratology, 7, 119-123.

Jasper, H. H., Solomon, P., & Bradley, C. (1938). Electroencephalographic analysis of behavior problems in children. American Journal of Psychiatry, 95, 641-658.

Klawansky, S., Yeung, A., Berkey, C., Shah, N., Phan, H., & Chalmers, T. C. (1995). Meta-analysis of randomized controlled trials of cranial electrostimulation. Efficacy in treating selected psychological and physiological conditions. J Nerv Ment Dis, 183(7), 478-484.

Klorman, R. (1991). Cognitive event-related potentials in attention deficit disorder. Journal of Learning Disabilities, 24(3), 130-140.

Klorman, R., Brumaghim, J. T., Fitzpatrick, P. A., Borgstedt, A. D., & Strauss, J. (1994). Clinical and cognitive effects of methylphenidate on children with attention deficit disorder as a function of aggression/oppositionality and age. Journal of Abnormal Psychology, 103(2), 206-221.

Knott, J. R., Platt, E. B., Ashby, M. C., & Gottlieb, J. S. (1953). A familial evaluation of the electroencephalogram of patients with primary behavior disorder and psychopathic personality. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 5,

363-370.

Lantz, D. L., & Serman, M. B. (1988). Neuropsychological assessment of subjects with uncontrolled epilepsy: effects of EEG feedback training. Epilepsia, 29(2), 163-171.

Lubar, J. F. (1977). Electroencephalographic biofeedback methodology and the management of epilepsy. Pavlovian Journal of Biological Science, 12, 147-185.

Lubar, J. F. (1985). EEG biofeedback and learning disabilities. Theory into Practice, 24(2), 106-111.

Lubar, J. F. (1991). Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorders. Biofeedback and Self-Regulation, 16, 201-225.

Lubar, J. F. (1995). Neurofeedback for the Management of Attention-Deficit / Hyperactivity Disorders. In M. S. Schwartz (Ed.), Biofeedback: A practitioner's guide (Vol. 2, pp. 493-522). New York: The Guilford Press.

Lubar, J. F., & Bahler, W. W. (1976). Behavioral management of epileptic seizures following EEG biofeedback training of the sensorimotor rhythm. Biofeedback and Self-Regulation, 1(1), 77-104.

Lubar, J. F., Bianchini, R. J., Calhoun, U. H., Lambert, E. W., Brody, Z. H., & Shabsin, H. S. (1985). Spectral analysis of EEG differences between children with and without learning disabilities. Journal of Learning Disabilities, 18(7), 403-408.

Lubar, J. F., Mann, C. A., Gross, D. M., & Shively, M. S. (1992). Differences in semantic event-related potentials in learning-disabled, normal, and gifted children.

Biofeedback and Self-Regulation, 17(1), 41-57.

Lubar, J. F., Shabsin, H. S., Natelson, S. E., Holder, G. S., Whitsett, S. F., Pamplin, W. E., & Krulikowski, D. I. (1981). EEG operant conditioning in intractable epileptics. Archives of Neurology, 38(11), 700-704.

Lubar, J. F., & Shouse, M. N. (1976). EEG and behavioral changes in a hyperkinetic child concurrent with training of the sensorimotor rhythm (SMR): a preliminary report. Biofeedback and Self-Regulation, 1(3), 293-306.

Lubar, J. F., Swartwood, M. O., Swartwood, J. N., & O'Donnell, P. H. (1995a). Evaluation of the effectiveness of EEG neurofeedback training for ADHD in a clinical setting as measured by changes in T.O.V.A. scores, behavioral ratings, and WISC--R performance. Biofeedback and Self-Regulation, 20, 83-99.

Lubar, J. F., Swartwood, M. O., Swartwood, J. N., & Timmermann, D. L. (1995b). Quantitative EEG and Auditory Event-Related Potentials in the Evaluation of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Effects of Methylphenidate and Implications for Neurofeedback Training. Journal of Psychoeducational Assessment, 143-160.

Lubar, J. O., & Lubar, J. F. (1984). Electroencephalographic biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit disorders in a clinical setting. Biofeedback and Self-Regulation, 9, 1-23.

Mangina, C. A. (1980a). Association between "analytical thinking in visual perception" and mathematics. School Psychology International, 1(3), 20.

Mangina, C. A. (1980b). Preliminary elaboration of a diagnostic tool of visual perception. School Psychology International, 1(3), 18-19.

Mangina, C. A. (1981). Mangina Diagnostic Tool of Visual Perception: For Diagnosing Specific Perceptual Learning Abilities and Disabilities. (2 ed.). N.J. USA: Lawrence Erlbaum Associates.

Mangina, C. A., & Beuzeron Mangina, J. H. (1988). Learning abilities and disabilities: Effective diagnosis and treatment. International Journal of Psychophysiology, 6, 79-89.

Mangina, C. A., & Beuzeron Mangina, J. H. (1992a). Identification and standardization of bilateral electrodermal parameters of learning abilities and disabilities. International Journal of Psychophysiology, 12, 63-69.

Mangina, C. A., & Beuzeron Mangina, J. H. (1992b). Psychophysiological Treatment for Learning Disabilities: Controlled Research and Evidence. International Journal of Psychophysiology, 12(3), 243-250.

Mann, C. A. (1991). Topographic brain mapping as a diagnostic of attention deficit hyperactivity disorder. , U Tennessee, US.

Mann, C. A., Lubar, J. F., Zimmerman, A. W., Miller, C. A., & Muenchen, R. A. (1992). Quantitative Analysis of EEG in Boys with Attention-Deficit-Hyperactivity Disorder: Controlled Study with Clinical Implications. Pediatric Neurology, 8(1), 30-36.

Matsuura, M., Okubo, Y., Toru, M., Kojima, T., He, Y., Hou, Y., Shen, Y., & Lee, C. K. (1993). A cross-national EEG study of children with emotional and behavioral problems: a WHO collaborative study in the Western Pacific Region. Biological Psychiatry, 34(1-2), 59-65.

Melzack, R., & Perry, C. (1975). Self-regulation of pain: The use of alpha-

feedback and hypnotic training for the control of chronic pain. Experimental Neurology, 46, 452-469.

Migneault, M., Charbonneau, A., Forest, D., & Lavigne, G. (1991). Electrical dental anesthesia (EDA), an alternative to local anesthesia? J Dent Que, 28, 433-438.

Monastra, V. J. (1997). Neurometrics and Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: A Status Report. Biofeedback, 25(4), 13-16.

Montagu, J. D. (1975). The hyperkinetic child: A behavioural, electrodermal and EEG investigation. Developmental Medicine and Child Neurology, 17, 299-305.

Ohatrian, G. E., Peterson, M. C., & Lazarte, J. A. (1960). Responses to clicks from the human brain: Some depth electrographic observations. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 12, 479-489.

Olmstead, R., & Kaufman, A. B. (1995). A preliminary Report on a New Non Drug Approach to the Treatment of Dyslexia and Attention Deficit Disorder.

Othmer, S., Othmer, S. F., & Marks, C. S. (1991). EEG Biofeedback Training for Attention Deficit Disorder, Specific Learning Disabilities, and Associated Conduct Problems. California Biofeedback.

Pataki, C. S., Carlson, G. A., Kelly, K. L., Rapport, M. D., & et, a. I. (1993). Side effects of methylphenidate and desipramine alone and in combination in children. Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 32(5), 1065-1072.

Pavy, R., & Metcalf, J. (1965). The abnormal EEG in childhood communication and behavior abnormalities. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 19,

414.

Peniston, E. G., & Kulkosky, P. J. (1989). Alpha-theta brainwave training and beta-endorphin levels in alcoholics. Alcoholism: Clinical & Experimental Research, 13(2), 271-279.

Peniston, E. G., & Kulkosky, P. J. (1990). Alcoholic personality and alpha-theta brainwave training. Medical Psychotherapy: An International Journal, 3, 37-55.

Peniston, E. G., & Kulkosky, P. J. (1991). Alpha-theta brainwave neuro-feedback for Vietnam veterans with combat-related post-traumatic stress disorder. Medical Psychotherapy: An International Journal, 4, 47-60.

Plomp, R. (1976). Aspects of tone sensation: A psychophysical study. New York: Academic Press.

Potashkin, B. D., & Beckles, N. (1990). Relative efficacy of Ritalin and biofeedback treatments in the management of hyperactivity. Biofeedback and Self-Regulation, 15, 305-315.

Rice, K. M., Blanchard, E. B., & Purcell, M. (1993). Biofeedback treatments of generalized anxiety disorder: Preliminary results. Biofeedback and Self-Regulation, 18(2), 93-105.

Rockstroh, B., Elbert, T., Birbaumer, N., Wolf, P., Duchting-Roth, A., Reker, M., Daum, I., Lutzenberger, W., & Dichgans, J. (1993). Cortical self-regulation in patients with epilepsies. Epilepsy Research, 14(1), 63-72.

Russell, H. L., & Carter, J. L. (1990). Cognitive and Behavioral Changes in Learning Disabled Children Following the Use of Audio-Visual Stimulation: The Trinity

Project. Biofeedback Society of Texas, 1990(1).

Satterfield, J. H., Cantwell, D. P., Saul, R. E., Lesser, L. I., & Podosin, R. L. (1973). Response to stimulant drug treatment in hyperactive children: Prediction from EEG and neurological findings. Journal of Autism & Childhood Schizophrenia, 3(1), 36-48.

Satterfield, J. H., Cantwell, D. P., Saul, R. E., & Yusin, A. (1974). Intelligence, academic achievement, and EEG abnormalities in hyperactive children. American Journal of Psychiatry, 131(4), 391-395.

Satterfield, J. H., & Dawson, M. E. (1971). Electrodermal correlates of hyperactivity in children. Psychophysiology, 8(2), 191-197.

Satterfield, J. H., Satterfield, B. T., & Cantwell, D. P. (1980). Multimodality treatment: A two-year evaluation of 61 hyperactive boys. Archives of General Psychiatry, 37, 915-919.

Satterfield, J. H., & Schell, A. M. (1984). Childhood brain function differences in delinquent and non-delinquent hyperactive boys. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 57, 199-207.

Satterfield, J. H., Schell, A. M., Backs, R. W., & Hidaka, K. C. (1984). A cross-sectional and longitudinal study of age effects of electrophysiological measures in hyperactive and normal children. Biological Psychiatry, 19(7), 973-990.

Satterfield, J. H., Schell, A. M., & Nicholas, T. W. (1994). Preferential neural processing of attended stimuli in attention-deficit hyperactivity disorder and normal boys. Psychophysiology, 31(1), 1-10.

Satterfield, J. H., Schell, A. M., Nicholas, T. W., Satterfield, B. T., & Freese, T. E. (1990). Ontogeny of selective attention effects on event-related potentials in attention-deficit hyperactivity disorder and normal boys. Biological Psychiatry, *28*(10), 879-903.

Schmitt, R., Capo, T., Frazier, H., & Boren, D. (1984). Cranial electrotherapy stimulation treatment of cognitive brain dysfunction in chemical dependence. Journal of Clinical Psychiatry, *45*, 60-63.

Schwartz, M. S., & Olson, R. P. (1995). A Historical Perspective on the Field of Biofeedback and Applied Psychophysiology. In M. S. Schwartz (Ed.), Biofeedback: A Practitioner's Guide (Vol. 2, pp. 3-18). New York: The Guilford Press.

Senf, G. M. (1988). Neurometric BrainMapping in the diagnosis and rehabilitation of cognitive dysfunction. Cognitive Rehabilitation, *6*, 20-37.

Shouse, M. N., & Lubar, J. F. (1979). Operant conditioning of EEG rhythms and ritalin in the treatment of hyperkinesis. Biofeedback and Self-Regulation, *4*(4), 299-312.

Siever, D. (1998). Research conducted at comptronic devices limited, [Internet]. Available: <http://www.comptronic.com/reseaco.htm> [1998, 18 mai 1998].

Sterman, M. B. (1981). EEG biofeedback: physiological behavior modification. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, *5*(3), 405-412.

Swanson, J. M., Cantwell, D., Lerner, M., McBurnett, K., & et, a. l. (1991). Effects of stimulant medication on learning in children with ADHD. Journal of Learning Disabilities, *24*, 219-230.

Swanson, J. M., McBurnett, K., Christian, D. L., & Wigal, T. (1995). Stimulant medications and the treatment of children with ADHD. Advances in Clinical Child

Psychology, 17.

Swingle, P. G. (In press) Clinical Applications of Subliminal Auditory Stimulation: The Treatment of Attention Deficiency. In J. Kamiya, R. Kall, & G. Schwartz (Eds.), Applied Neurophysiology & Brain Biofeedback . Trevoese, PA: FutureHealth.

Swingle, P. G. (1992). Subliminal treatment procedures: A clinician's guide. Sarasota, FL, US: Professional Resource Press/Professional Resource Exchange, Inc.

Swingle, P. G. (1996). Subthreshold 10Hz Sound Suppresses EEG Theta: Clinical Application For The Potentiation Of Neurotherapeutic Treatment of ADD/ADDH. Journal of Neurotherapy, 2, 15-22.

Szatmari, P., Offord, D. R., & Boyle, M. H. (1989). Ontario Child Health Study: Prevalence of attention deficit disorder with hyperactivity. Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines, 30(2), 219-230.

Tansey, M. A. (1982). EEG sensorimotor biofeedback training and the treatment of a six-year-old asthmatic child. American Journal of Clinical Biofeedback, 5, 145-149.

Tansey, M. A. (1984). EEG sensorimotor rhythm biofeedback training: Some effects on the neurologic precursors of learning disabilities. International Journal of Psychophysiology, 1, 163-177.

Tansey, M. A. (1990). Righting the rhythms of reason: EEG biofeedback training as a therapeutic modality in a clinical office setting. Medical Psychotherapy: An International Journal, 3, 57-68.

Tansey, M. A. (1991). Wechsler (WISC--R) changes following treatment of learning disabilities via EEG biofeedback training in a private practice setting. Australian

Journal of Psychology, 43, 147-153.

Tansey, M. A. (1993). Ten-year stability of EEG biofeedback results for a hyperactive boy who failed fourth grade perceptually impaired class. Biofeedback and Self-Regulation, 18(1), 33-44.

Tansey, M. A., & Bruner, R. L. (1983). EMG and EEG biofeedback training in the treatment of a 10-year-old hyperactive boy with a developmental reading disorder. Biofeedback and Self-Regulation, 8, 25-37.

Tozzo, C. A., Elfner, L. F., & May, J. G. (1988). EEG Biofeedback and relaxation training in the control of epileptic seizures. International Journal of Psychophysiology, 6, 185-194.

Vyborova, L., Nahunek, K., Drtilkova, J., Balastikova, B., & et, a. I. (1985). Amphetaminil and methylphenidate in hyperkinetic children: Analysis of therapeutic results and EEG changes. 27th Annual Psychopharmacology Meeting (1985, Jesenik, Czechoslovakia). Activitas Nervosa Superior, 27, 304-306.

Werry, J. M., Delano, J. G., & Douglas, V. I. (1964). Studies on the hyperactive child. I. Some preliminary findings. Canadian Psychiatric Association Journal, 9, 120-130.

Zenhausern, R., Ciaiola, M., & Pompo, C. (1973). Subliminal and supraliminal accessory stimulation and two trapezoid illusions. Perceptual and Motor Skills, 37, 251-256.

Zenhausern, R., & Hansen, K. (1974). Differential effect of subliminal and supraliminal accessory stimulation on task components in problem-solving. Perceptual &

Motor Skills, 38(2), 375-378.

Zenhausen, R., Pompo, C., & Ciaiola, M. (1974). Simple and complex reaction time as a function of subliminal and supraliminal accessory stimulation. Perceptual &

Motor Skills, 38(2), 417-418.

Zwosta, M., & Zenhausen, R. (1969). Application of signal detection theory to subliminal and supraliminal accessory stimulation. Perceptual and Motor Skills, 28, 699-

704.

ANNEXE A

A-1. Description diagnostique du Trouble: Déficit de l'attention / hyperactivité

- A(1) **Inattention :** Au moins six des symptômes suivant d'inattention ont persisté pendant au moins six mois; à un degré qui est inadapté et inconsistant avec le niveau de développement général :
- (a) manque souvent d'attention envers les détails ou fait des erreurs qui semblent dues à la négligence dans son travail scolaire, son emploi ou autres activités
 - (b) a souvent de la difficulté à maintenir son attention de façon soutenue dans des tâches ou des jeux
 - (c) semble souvent ne pas écouter lorsqu'on lui parle
 - (d) souvent, ne suit pas les consignes jusqu'au bout, et ne finit pas ses devoirs, corvées ou tâches reliées à l'emploi (non dû à un comportement oppositionnel ou à un manque de compréhension des directives)
 - (e) a souvent des difficultés à organiser ses tâches et activités
 - (f) souvent, évite ou exprime de la réticence vis-à-vis ou a de la difficulté à entreprendre des tâches qui exigent un effort mental soutenu (comme les devoirs)
 - (g) perd souvent le matériel nécessaire à ses activités (ex : crayons, livres, outils, jouets)
 - (h) est souvent facilement distrait par des stimuli non pertinents à son action
 - (i) oublie souvent ses activités quotidiennes

- A(2) **Hyperactivité-Impulsivité :** Au moins six des symptômes suivant d'hyperactivité/impulsivité ont persisté pendant au moins six mois; à un degré qui est inadapté et inconsistant avec le niveau de développement général :

Hyperactivité

- (a) agite souvent ses mains et ses pieds ou se tortille sur sa chaise
- (b) quitte sa chaise en classe ou dans des situations où l'on s'attend à ce qu'on reste assis
- (c) court souvent ou grimpe partout dans des situations où ce n'est pas approprié
- (d) a souvent de la difficulté à jouer ou à participer calmement à des activités de loisir
- (e) est "toujours à la course" et agit comme "s'il avait un moteur à l'intérieur"
- (f) parle souvent de façon excessive

Impulsivité

- (g) souvent, répond aux questions avant qu'elles n'aient été complétées
- (h) souvent, a de la difficulté à attendre en ligne ou à attendre son tour dans des jeux ou des situations de groupe
- (i) souvent, interrompt ou s'impose aux autres (ex : s'immiscer dans une conversation ou dans un jeu)

- B. Certains symptômes étaient présents avant l'âge de 7 ans.
- C. Certains symptômes sont présents dans deux contextes de vie ou plus (ex : école, maison).
- D. Il doit y avoir évidence de détérioration importante du fonctionnement social, académique ou occupationnel.
- E. N'apparaît pas exclusivement durant des périodes de troubles envahissant du développement, de schizophrénie ou d'autres troubles psychiatriques et n'est pas mieux décrit par un des troubles de l'humeur, anxigène, dissociatif ou de la personnalité.

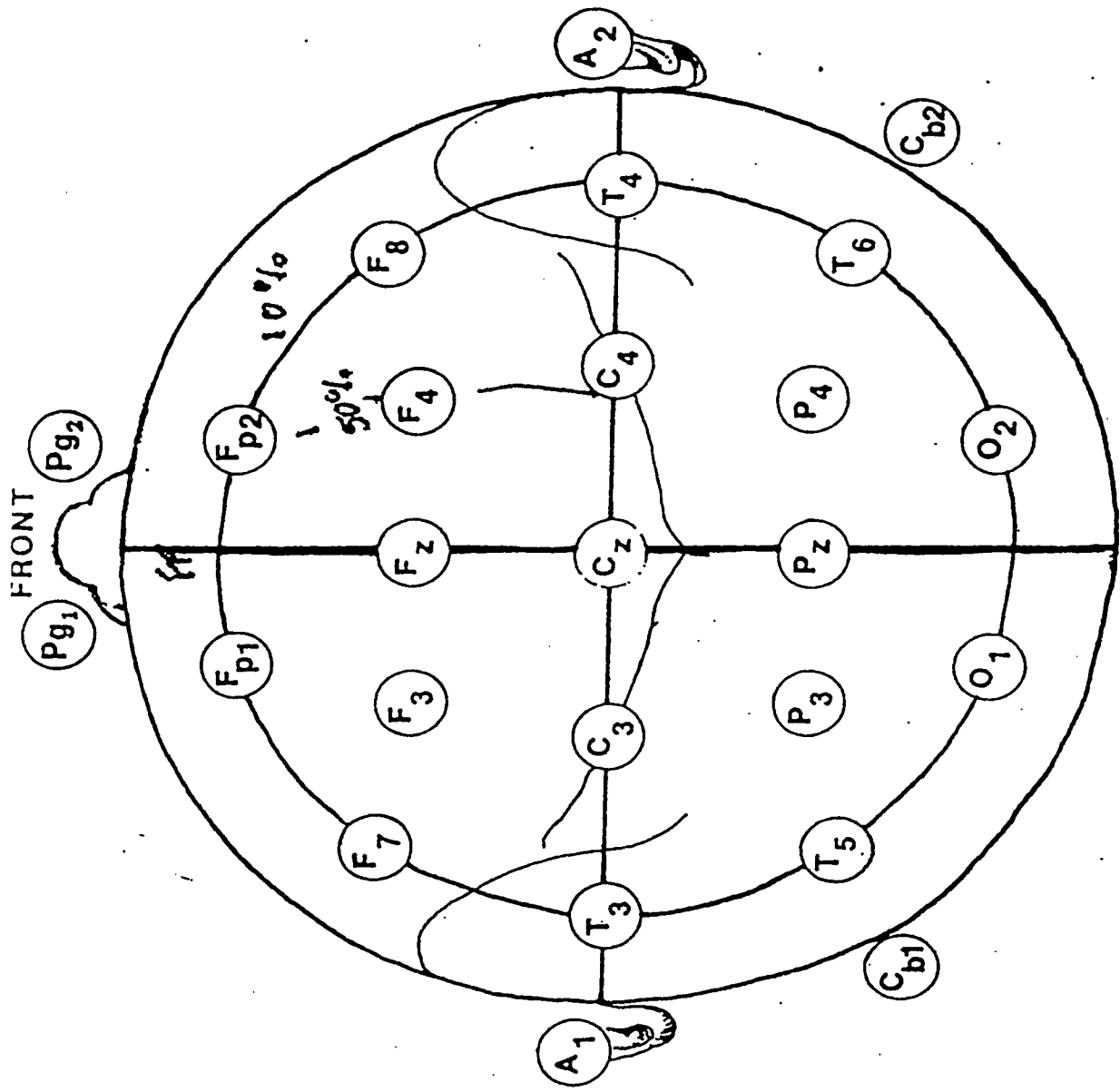
Trouble: Déficit de l'attention / hyperactivité, avec prédominance du trouble d'attention :
Rencontre le critère A(1) mais pas le critère A(2) pour les 6 derniers mois.

Trouble: Déficit de l'attention / hyperactivité, avec prédominance hyperactivité / impulsivité :
Rencontre le critère A(2) mais pas le critère A(1) pour les 6 derniers mois.

Trouble: Déficit de l'attention / hyperactivité, forme combinée :
Rencontre les deux critères, A(1) et A(2) pour les 6 derniers mois.

SOURCE: American Psychiatric Association. (1996). *Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux, 4^e édition - DSM-IV*. Paris: Masson.

A-2. Système international de placement d'électrodes 10-20



EEG electrode placement as specified by the international 10-20 system.

ANNEXE B

B-1. Formulaire de recrutement

ÉTUDE SUR UN TRAITEMENT ALTERNATIF DU DÉFICIT DE L'ATTENTION / HYPERACTIVITÉ

-> VOLONTAIRES DEMANDÉ(E)S <-

Une étude est en cours pour comparer l'efficacité de deux enregistrements sonores à augmenter la capacité d'attention pour des gens atteints de déficit de l'attention et/ou d'hyperactivité. Les personnes pouvant participer doivent avoir déjà reçu un diagnostic de déficit de l'attention/hyperactivité, être d'âge scolaire de niveau élémentaire ou secondaire, et doivent parler français.

L'intervention consiste à écouter une cassette audio à la maison. Il y aura deux sessions de 15 minutes d'écoute par jour, sept jours par semaines. Il y aura cinq semaines de ce régime. Bien qu'il soit important de faire toutes les sessions de lecture, si les participant(e)s en font moins que prévu, il suffira d'en indiquer le nombre sur la feuille de route fournie à cet effet.

De plus, les participant(e)s devront se présenter sept fois au laboratoire de psychophysiologie clinique de l'université d'Ottawa pour des sessions de mesure du niveau d'attention. Un total de six semaines est exigé pour le déroulement de l'étude.

Cette étude est dirigée par François Dupont, étudiant au doctorat en psychologie clinique à l'Université d'Ottawa, sous la supervision du Dr Paul Swingle professeur à l'Université d'Ottawa. Cette étude a reçu l'approbation du Comité de déontologie en recherche humaine de l'École de Psychologie de l'Université d'Ottawa.

Pour plus d'information, communiquez avec François Dupont au 595-9160
ou au 562-5800 poste 4430.

B-2. Formulaire de consentement

François Dupont, chercheur
562-5800 poste 4430

École de psychologie
Université d'Ottawa

Je, _____, suis intéressé(e) à collaborer à une étude sur l'efficacité d'un enregistrement auditif subliminal menée par François Dupont, étudiant au doctorat en psychologie clinique de l'université d'Ottawa. L'objectif de cette étude est de vérifier l'efficacité de cet enregistrement auditif subliminal à augmenter le niveau d'attention d'individus présentant des déficits de l'attention / hyperactivité.

Si je décide de prendre part à cette étude, ma participation consistera à faire l'écoute de la cassette audio pendant des sessions de lecture (ou devoirs scolaires) à la maison. Il y aura 2 sessions de lecture par jour; 7 jours par semaine. Chaque session de lecture sera de 15 minutes. Cinq semaines de ce régime sont prévues. J'aurai une feuille de route sur laquelle j'indiquerai le nombre de lectures que je ferai.

Je me rendrai également à l'université d'Ottawa à sept reprises pour une évaluation du progrès sur un électroencéphalogramme (EEG) : une fois avant l'intervention, pendant les cinq semaines de l'intervention et une fois après. Un total de six semaines sera donc requis. À la première et la dernière rencontre, une lecture de mon EEG sera faite pendant que je passerai un test de performance continu sur ordinateur. Les sessions vont durer environ 30 minutes chacune. L'électroencéphalogramme est fait à l'aide de trois petits senseurs collés sur la peau. Cette procédure n'est absolument pas douloureuse. Il n'y a aucun effet secondaire connu associé à cet enregistrement subliminal.

Bien qu'il serait important de faire toutes les sessions de lecture, si j'en fais moins que prévu, il me suffira d'en indiquer le nombre sur la feuille de route. Je suis libre de me retirer à tout moment de l'étude sans encourir de pénalisation sous aucune forme.

J'ai l'assurance des personnes effectuant la recherche que l'information à mon sujet demeurera strictement confidentielle. Il y a deux copies de ce formulaire de consentement, dont une que je peux garder pour moi. Pour tout renseignement supplémentaire, je peux communiquer avec François Dupont au 562-5800 poste 4430.

Signature de la personne participant à la recherche : _____

Signature du parent ou tuteur : _____

Signature de la personne effectuant la recherche : _____

DATE : _____

Facultatif : Je désire recevoir un résumé des résultats après cette étude à l'adresse suivante :

ANNEXE C

C-1. Exemple d'un rapport du TOVA

T.O.V.A. Information and Results (Form 6)

Name:	Subject #:0009	Session #:01
--------------	-----------------------	---------------------

Gender: Male	Test Date: 01/26/97	Test Format : 1(Std)
DOB: 05/06/87	Test Time: 11:07 AM	Test Version #: 7.0.2
Age: 9.5 yrs	Tester: FD	Test Serial #: 8234

ISI:02000msec Ontime:00200msec Anticipatory:00200msec Offtime:00300msec

Medication	Dosage	Med-Test Interval
Challenge:	0.00 mg	0.0 hours
Med. #2:	0.00 mg	0.0 hours
Med. #3:	0.00 mg	0.0 hours
Weight: 0.0 kg	Height: 0 cm	

Results Table (Tabulated Raw data)	Quarter				Half		Total
	1	2	3	4	1	2	
Omission Errors % (Inattention) #	0.00% 0	2.78% 1	0.00% 0	0.00% 0	1.39% 1	0.00% 0	0.31% 1
Commission Errors % (Impulsivity) #	1.59% 2	0.00% 0	2.78% 1	5.56% 2	0.79% 2	4.17% 3	1.54% 5
Response Time msec	502	626	543	836	563	688	661
RT Variability msec	65	189	140	332	154	294	274
Correct Responses #	36	35	126	125	71	251	322
Correct Nonresp.s #	124	126	35	34	250	69	319
Anticipatory Resp.s %	0.00%	0.00%	0.00%	0.62%	0.00%	0.31%	0.15%
NonTargets #	0	0	0	0	0	0	0
Targets #	0	0	0	1	0	1	1
Multiple Responses #	0	0	0	0	0	0	0
User Interrupts	0	0	0	0	0	0	0
Hardware Errors	0	0	0	0	0	0	0
Post-Commissions #	2	0	1	2	2	3	5
Response Time msec	593	0	584	735	593	684	648
Variability msec	22	0	0	165	22	152	127
D Prime	6.41	6.18	6.18	5.86	4.61	6.00	4.90

T.O.V.A.(R) Visual Continuous Performance Test
Copyright Lawrence M. Greenberg 1988-1996

Version: 7.0.2

Ser #: 8234

Universal Attention Disorders, Inc.
4281 Katella Ave, Suite 215, Los Alamitos, CA 90720
Phone: 1.800.PAY.ATTN / Fax: 714.229.8782 / Email: info@uad.com

ANNEXE D

Statistiques

Tableau D-1A. Présentation des différences inter-groupes avant traitement

	Devoir	N	Moyenne	Écart type
Sexe	Sub/Alpha	11	1.18	.40
	Bruit rose	11	1.09	.30
Âge selon T.O.V.A.	Sub/Alpha	11	10.00	1.79
	Bruit rose	11	11.18	2.96
Nombre de sessions d'écoute	Sub/Alpha	11	50.18	.87
	Bruit rose	11	49.73	.79
Thêta session 1	Sub/Alpha	11	20.02	3.95
	Bruit rose	11	19.02	5.43
Bêta1 session 1	Sub/Alpha	11	6.35	.82
	Bruit rose	11	5.90	.90
Thêta/bêta1 ses. 1	Sub/Alpha	11	3.21	.78
	Bruit rose	11	3.27	.91
Thêta repos ses. 1	Sub/Alpha	11	19.30	3.22
	Bruit rose	11	19.02	5.28
Bêta1 repos ses. 1	Sub/Alpha	11	6.79	.73
	Bruit rose	11	6.70	1.04
T/bêta1 repos ses. 1	Sub/Alpha	11	2.87	.54
	Bruit rose	11	2.85	.68
Thêta quart 1 ses.1	Sub/Alpha	11	19.99	4.74
	Bruit rose	11	19.71	5.67
Bêta1 quart 1 ses.1	Sub/Alpha	11	6.34	.78
	Bruit rose	11	5.67	.84
T/bêta1 quart 1 ses.1	Sub/Alpha	11	3.21	.87
	Bruit rose	11	3.52	.97
Omission q1 ses.1	Sub/Alpha	11	3.69	6.15
	Bruit rose	11	1.26	1.91
Omission total ses.1	Sub/Alpha	11	4.57	5.11
	Bruit rose	11	3.31	5.33
Commission q1 ses.1	Sub/Alpha	11	5.64	8.90
	Bruit rose	11	3.63	3.71
Commission ses.1	Sub/Alpha	11	11.55	8.82
	Bruit rose	11	9.62	5.92
Réponse msec q1 ses.1	Sub/Alpha	11	484.55	131.15
	Bruit rose	11	442.00	121.37
Rép. moyenne ses.1	Sub/Alpha	11	473.09	110.93
	Bruit rose	11	417.27	118.04
Var-rép. q1 ses.1	Sub/Alpha	11	131.27	125.24
	Bruit rose	11	99.09	50.91
Var. rép. moy. ses.1	Sub/Alpha	11	209.91	147.34
	Bruit rose	11	148.55	72.51

Tableau D-1B. Test- t des différences inter-groupes avant traitement

	Test de Levene pour égalité des variances		Test - t pour égalité des moyennes			
	F	P	t	dl	P 2-tailed	Différence moyenne
Sexe						
Variances égales assumée	1.51	.23	.60	20.00	.56	.09
Variances égales non assumée			.60	18.49	.56	.09
Âge selon T.O.V.A						
Variances égales assumée	3.42	.08	-1.13	20.00	.27	-1.18
Variances égales non assumée			-1.13	16.44	.27	-1.18
Nombre de sessions d'écoute						
Variances égales assumée	1.05	.32	.35	20.00	.73	1.45
Variances égales non assumée			.35	19.47	.73	1.45
Thêta session 1						
Variances égales assumée	.69	.42	.49	20.00	.63	.99
Variances égales non assumée			.49	18.27	.63	.99
Bêta1 session 1						
Variances égales assumée	.00	.97	1.21	20.00	.24	.45
Variances égales non assumée			1.21	19.85	.24	.45
Thêta/bêta1 ses. 1						
Variances égales assumée	.03	.85	-.16	20.00	.87	-.06
Variances égales non assumée			-.16	19.55	.87	-.06
Thêta repos ses. 1						
Variances égales assumée	2.17	.16	.15	20.00	.88	.28
Variances égales non assumée			.15	16.54	.88	.28
Bêta1 repos ses. 1						
Variances égales assumée	.38	.55	.24	20.00	.81	.09
Variances égales non assumée			.24	18.00	.81	.09

Tableau D-1B. Test- t des différences inter-groupes avant traitement (suite)

	Test de Levene pour égalité des variances		Test - t pour égalité des moyennes			
	F	P	t	dl	P 2-tailed	Différence moyenne
T/bêta1 repos ses. 1						
Variances égales assumée	.18	.67	.08	20.00	.93	.02
Variances égales non assumée			.08	19.05	.93	.02
Thêta quart 1 ses.1						
Variances égales assumée	.34	.57	.12	20.00	.90	.27
Variances égales non assumée			.12	19.40	.90	.27
Bêta1 quart 1 ses.1						
Variances égales assumée	.08	.79	1.96	20.00	.06	.68
Variances égales non assumée			1.96	19.92	.06	.68
T/bêta1 quart 1 ses.1						
Variances égales assumée	.00	.97	-.79	20.00	.44	-.31
Variances égales non assumée			-.79	19.78	.44	-.31
Omission q1 ses.1						
Variances égales assumée	3.92	.06	1.25	20.00	.23	2.42
Variances égales non assumée			1.25	11.92	.24	2.42
Omission total ses.1						
Variances égales assumée	.03	.86	.57	20.00	.58	1.26
Variances égales non assumée			.57	19.96	.58	1.26
Commission q1 ses.1						
Variances égales assumée	2.56	.12	.69	20.00	.50	2.01
Variances égales non assumée			.69	13.37	.50	2.01
Commission ses.1						
Variances égales assumée	1.51	.23	.60	20.00	.55	1.93
Variances égales non assumée			.60	17.48	.55	1.93

Tableau D-1B. Test- t des différences inter-groupes avant traitement (suite)

	Test de Levene pour égalité des variances		Test - t pour égalité des moyennes			
	F	P	t	dl	P 2-tailed	Différence moyenne
Réponse msec q1 ses.1						
Variances égales assumée	.04	.84	.79	20.00	.44	42.55
Variances égales non assumée			.79	19.88	.44	42.55
Rép. moyenne ses.1						
Variances égales assumée	.48	.50	1.14	20.00	.27	55.82
Variances égales non assumée			1.14	19.92	.27	55.82
Var-rép. q1 ses.1						
Variances égales assumée	1.73	.20	.79	20.00	.44	32.18
Variances égales non assumée			.79	13.22	.44	32.18
Var. rép. moy. ses.1						
Variances égales assumée	.26	.62	1.24	20.00	.23	61.36
Variances égales non assumée			1.24	14.58	.23	61.36

Tableau D-2. Descriptions des variables: analyse locale: EEG

	Devoir	Moyenne	Écart type	N
Thêta bruit rose session 2	Sub/Alpha	22.7492	5.6152	11
	Bruit rose	19.0136	5.7671	11
	Total	20.8814	5.8743	22
Thêta Sub/Alpha session 2	Sub/Alpha	22.1988	5.2122	11
	Bruit rose	18.9173	5.6361	11
	Total	20.5580	5.5573	22
Thêta bruit rose session 3	Sub/Alpha	21.7645	5.8531	11
	Bruit rose	20.2436	6.0757	11
	Total	21.0041	5.8734	22
Thêta Sub/Alpha session 3	Sub/Alpha	20.6718	5.3113	11
	Bruit rose	19.6764	5.5644	11
	Total	20.1741	5.3326	22
Thêta bruit rose session 4	Sub/Alpha	21.4300	3.8916	11
	Bruit rose	20.8127	5.6480	11
	Total	21.1214	4.7436	22
Thêta Sub/Alpha session 4	Sub/Alpha	20.5855	4.0288	11
	Bruit rose	20.4682	5.7016	11
	Total	20.5268	4.8180	22
Thêta bruit rose session 5	Sub/Alpha	20.9664	4.1185	11
	Bruit rose	20.7058	5.5856	11
	Total	20.8361	4.7908	22
Thêta Sub/Alpha session 5	Sub/Alpha	20.2409	4.1583	11
	Bruit rose	19.6695	5.6295	11
	Total	19.9552	4.8385	22
Bêta1 bruit rose session 2	Sub/Alpha	6.4579	1.1597	11
	Bruit rose	5.9864	1.0153	11
	Total	6.2221	1.0907	22
Bêta1 Sub/Alpha session 2	Sub/Alpha	6.6058	1.2680	11
	Bruit rose	5.8791	.7421	11
	Total	6.2424	1.0799	22

Tableau D-2. Descriptions des variables: analyse locale: EEG (suite)

	Devoir	Moyenne	Écart type	N
Bêta1 bruit rose session 3	Sub/Alpha	7.1436	1.4097	11
	Bruit rose	6.3591	.9816	11
	Total	6.7514	1.2516	22
Bêta1 Sub/Alpha session 3	Sub/Alpha	7.3736	1.1967	11
	Bruit rose	6.7582	1.0270	11
	Total	7.0659	1.1329	22
Bêta1 bruit rose session 4	Sub/Alpha	6.7827	1.0069	11
	Bruit rose	6.9409	1.5955	11
	Total	6.8618	1.3044	22
Bêta1 Sub/Alpha session 4	Sub/Alpha	6.9545	1.1629	11
	Bruit rose	7.6518	1.9538	11
	Total	7.3032	1.6090	22
Bêta1 bruit rose session 5	Sub/Alpha	6.6100	.9742	11
	Bruit rose	6.4696	1.2719	11
	Total	6.5398	1.1079	22
Bêta1 Sub/Alpha session 5	Sub/Alpha	6.7891	.7777	11
	Bruit rose	6.9053	1.6437	11
	Total	6.8472	1.2562	22
Ratio bruit rose session 2	Sub/Alpha	3.6383	1.2762	11
	Bruit rose	3.2421	1.0326	11
	Total	3.4402	1.1508	22
Ratio Sub/Alpha session 2	Sub/Alpha	3.4525	.9789	11
	Bruit rose	3.2617	1.0419	11
	Total	3.3571	.9913	22
Ratio bruit rose session 3	Sub/Alpha	3.0722	.6555	11
	Bruit rose	3.2217	.9746	11
	Total	3.1470	.8141	22
Ratio Sub/Alpha session 3	Sub/Alpha	2.8082	.5420	11
	Bruit rose	2.9339	.7613	11
	Total	2.8711	.6481	22

Tableau D-2. Descriptions des variables; analyse locale; EEG (suite)

	Devoir	Moyenne	Écart type	N
Ratio bruit rose session 4	Sub/Alpha	3.1998	.5768	11
	Bruit rose	3.1174	1.0652	11
	Total	3.1586	.8370	22
Ratio Sub/Alpha session 4	Sub/Alpha	3.0147	.6325	11
	Bruit rose	2.8259	1.0060	11
	Total	2.9203	.8257	22
Ratio bruit rose session 5	Sub/Alpha	3.1997	.5874	11
	Bruit rose	3.2689	.9446	11
	Total	3.2343	.7684	22
Ratio Sub/Alpha session 5	Sub/Alpha	2.9949	.5614	11
	Bruit rose	2.9395	.8838	11
	Total	2.9672	.7230	22

Tableau D-3. Descriptions des variables; analyse temporelle: EEG

	Devoir	Moyenne	Écart type	N
Thêta session 1	Sub/Alpha	20.0164	3.9500	11
	Bruit rose	19.0227	5.4269	11
	Total	19.5195	4.6597	22
Thêta session 6	Sub/Alpha	20.4650	4.0746	11
	Bruit rose	20.1918	5.2149	11
	Total	20.3284	4.5690	22
Thêta session 7	Sub/Alpha	21.6657	4.9922	11
	Bruit rose	21.8559	7.5510	11
	Total	21.7608	6.2473	22
Bêta1 session 1	Sub/Alpha	6.3455	.8243	11
	Bruit rose	5.8991	.9005	11
	Total	6.1223	.8729	22
Bêta1 session 6	Sub/Alpha	6.8929	.9260	11
	Bruit rose	6.7018	1.1274	11
	Total	6.7973	1.0115	22
Bêta1 session 7	Sub/Alpha	7.1782	1.1040	11
	Bruit rose	7.4311	2.3015	11
	Total	7.3046	1.7662	22
Thêta/bêta1 ses. 1	Sub/Alpha	3.2147	.7848	11
	Bruit rose	3.2731	.9144	11
	Total	3.2439	.8321	22
Thêta/bêta1 ses. 6	Sub/Alpha	2.9942	.5828	11
	Bruit rose	3.0921	.9551	11
	Total	3.0431	.7737	22
Thêta/bêta1 ses. 7	Sub/Alpha	3.0180	.4641	11
	Bruit rose	3.0099	.8729	11
	Total	3.0139	.6822	22

Tableau D-4. Descriptions des variables; analyse locale; TOVA

	Devoir	Moyenne	Écart type	N
Omission bruit ses.2	Sub/Alpha	6.4567	8.8048	11
	Bruit rose	2.5982	5.9516	11
	Total	4.5275	7.5949	22
Omission sub ses.2	Sub/Alpha	7.2585	8.4413	11
	Bruit rose	3.2827	6.5252	11
	Total	5.2706	7.6385	22
Omission bruit ses.3	Sub/Alpha	8.5855	11.0144	11
	Bruit rose	6.6364	11.0892	11
	Total	7.6109	10.8316	22
Omission sub ses.3	Sub/Alpha	11.4364	11.0399	11
	Bruit rose	4.0400	7.8661	11
	Total	7.7382	10.0911	22
Omission bruit ses.4	Sub/Alpha	16.8845	23.2569	11
	Bruit rose	7.5036	10.8543	11
	Total	12.1941	18.3498	22
Omission sub ses.4	Sub/Alpha	17.6400	25.6738	11
	Bruit rose	5.5555	7.6148	11
	Total	11.5977	19.4869	22
Omission bruit ses.5	Sub/Alpha	14.5382	19.6026	11
	Bruit rose	8.2973	16.6888	11
	Total	11.4177	18.0502	22
Omission sub ses.5	Sub/Alpha	13.2764	15.1399	11
	Bruit rose	6.1691	11.4399	11
	Total	9.7227	13.5904	22
Commission bruit ses.2	Sub/Alpha	21.9251	24.3363	11
	Bruit rose	14.5409	19.1284	11
	Total	18.2330	21.6920	22
Commission sub ses.2	Sub/Alpha	20.0031	21.4093	11
	Bruit rose	13.1464	15.5845	11
	Total	16.5747	18.6074	22
Commission bruit ses.3	Sub/Alpha	17.0182	20.4024	11
	Bruit rose	16.3609	20.2867	11
	Total	16.6895	19.8572	22

Tableau D-4. Descriptions des variables; analyse locale; TOVA (suite)

	Devoir	Moyenne	Écart type	N
Commission sub ses.3	Sub/Alpha	25.1445	28.8582	11
	Bruit rose	7.3018	10.5469	11
	Total	16.2232	23.0851	22
Commission bruit ses.4	Sub/Alpha	17.7182	22.8070	11
	Bruit rose	7.2727	6.1269	11
	Total	12.4955	17.1507	22
Commission sub ses.4	Sub/Alpha	17.4409	22.4450	11
	Bruit rose	12.1745	17.8050	11
	Total	14.8077	19.9530	22
Commission bruit ses.5	Sub/Alpha	16.5645	21.6906	11
	Bruit rose	13.2718	18.5267	11
	Total	14.9182	19.7567	22
Commission sub ses.5	Sub/Alpha	17.5500	17.2595	11
	Bruit rose	5.3473	6.1619	11
	Total	11.4486	14.1043	22
Temps de réponse bruit ses.2	Sub/Alpha	521.4182	116.8870	11
	Bruit rose	437.9091	132.4534	11
	Total	479.6636	129.1769	22
Temps de réponse sub ses.2	Sub/Alpha	527.7273	163.7053	11
	Bruit rose	443.2727	165.2369	11
	Total	485.5000	166.2264	22
Temps de réponse bruit ses.3	Sub/Alpha	547.0909	145.5723	11
	Bruit rose	465.4545	190.2306	11
	Total	506.2727	170.4957	22
Temps de réponse sub ses.3	Sub/Alpha	532.4545	144.7200	11
	Bruit rose	470.7273	179.9000	11
	Total	501.5909	162.4273	22
Temps de réponse bruit ses.4	Sub/Alpha	572.6364	131.4696	11
	Bruit rose	494.5455	179.5324	11
	Total	533.5909	158.6703	22
Temps de réponse sub ses.4	Sub/Alpha	587.1818	174.8187	11
	Bruit rose	487.3636	180.0107	11
	Total	537.2727	180.5355	22

Tableau D-4. Descriptions des variables: analyse locale: TOVA (suite)

	Devoir	Moyenne	Écart type	N
Temps de réponse bruit ses.5	Sub/Alpha	531.3636	131.5525	11
	Bruit rose	509.1818	201.7423	11
	Total	520.2727	166.5857	22
Temps de réponse sub ses.5	Sub/Alpha	563.8182	131.1624	11
	Bruit rose	503.4545	137.6978	11
	Total	533.6364	134.8161	22
Variabilité de la réponse bruit ses.2	Sub/Alpha	179.7091	87.1558	11
	Bruit rose	135.2727	84.2604	11
	Total	157.4909	86.6904	22
Variabilité de la réponse sub ses.2	Sub/Alpha	191.5091	76.2198	11
	Bruit rose	129.1818	65.8814	11
	Total	160.3455	76.4896	22
Variabilité de la réponse bruit ses.3	Sub/Alpha	211.9091	146.4489	11
	Bruit rose	133.0909	57.5855	11
	Total	172.5000	115.8409	22
Variabilité de la réponse sub ses.3	Sub/Alpha	233.8182	197.3058	11
	Bruit rose	142.5455	81.0511	11
	Total	188.1818	154.4279	22
Variabilité de la réponse bruit ses.4	Sub/Alpha	254.4545	179.3674	11
	Bruit rose	146.1818	62.5249	11
	Total	200.3182	142.3103	22
Variabilité de la réponse sub ses.4	Sub/Alpha	236.9091	145.1168	11
	Bruit rose	144.5455	75.2986	11
	Total	190.7273	122.3205	22
Variabilité de la réponse bruit ses.5	Sub/Alpha	189.9091	67.2718	11
	Bruit rose	165.5455	79.2557	11
	Total	177.7273	72.8123	22
Variabilité de la réponse sub ses.5	Sub/Alpha	230.3636	104.7438	11
	Bruit rose	154.0000	76.4408	11
	Total	192.1818	97.6430	22

Tableau D-5. Descriptions des variables; analyse temporelle; TOVA

	Devoir	Moyenne	Écart type	N
Omission total ses.1	Sub/Alpha	4.574545	5.108799	11
	Bruit rose	3.311818	5.331502	11
	Total	3.943182	5.136318	22
Omission total ses.6	Sub/Alpha	9.624909	10.230198	11
	Bruit rose	5.360182	8.811897	11
	Total	7.492545	9.569541	22
Omission total ses.7	Sub/Alpha	14.734364	20.482257	11
	Bruit rose	15.892238	27.908685	11
	Total	15.313301	23.896154	22
Commission ses.1	Sub/Alpha	11.548182	8.820262	11
	Bruit rose	9.620909	5.915453	11
	Total	10.584545	7.394738	22
Commission ses.6	Sub/Alpha	10.308727	8.715730	11
	Bruit rose	4.855818	4.659173	11
	Total	7.582273	7.368713	22
Commission ses.7	Sub/Alpha	7.107091	5.975198	11
	Bruit rose	4.214818	3.143536	11
	Total	5.660955	4.888553	22
Rép. moyenne ses.1	Sub/Alpha	473.09	110.93	11
	Bruit rose	417.27	118.04	11
	Total	445.18	115.37	22
Rép. moyenne ses.6	Sub/Alpha	493.16	125.32	11
	Bruit rose	461.11	119.44	11
	Total	477.14	120.58	22
Rép. moyenne ses.7	Sub/Alpha	527.75	118.03	11
	Bruit rose	476.09	124.54	11
	Total	501.92	121.32	22
Var. rép. moy. ses.1	Sub/Alpha	209.91	147.34	11
	Bruit rose	148.55	72.51	11
	Total	179.23	117.59	22
Var. rép. moy. ses.6	Sub/Alpha	193.22	62.54	11
	Bruit rose	157.29	60.58	11
	Total	175.25	62.83	22
Var. rép. moy. ses.7	Sub/Alpha	196.36	56.27	11
	Bruit rose	165.37	65.89	11
	Total	180.87	61.86	22

Tableau D-6. Descriptions des variables: analyse repos-concentration; EEG

	Devoir	Moyenne	Écart type	N
Thêta repos ses. 1	Sub/Alpha	19.30	3.22	11
	Bruit rose	19.02	5.28	11
	Total	19.16	4.27	22
Thêta quart 1 ses.1	Sub/Alpha	19.99	4.74	11
	Bruit rose	19.71	5.67	11
	Total	19.85	5.10	22
Thêta repos ses. 2	Sub/Alpha	21.72	6.12	11
	Bruit rose	20.08	4.86	11
	Total	20.90	5.46	22
Thêta quart 1 ses.2	Sub/Alpha	21.85	5.17	11
	Bruit rose	18.22	3.84	11
	Total	20.03	4.81	22
Thêta repos ses. 3	Sub/Alpha	20.04	5.15	11
	Bruit rose	19.84	6.24	11
	Total	19.94	5.58	22
Thêta quart 1 ses.3	Sub/Alpha	21.59	4.89	11
	Bruit rose	20.51	5.79	11
	Total	21.05	5.26	22
Thêta repos ses. 4	Sub/Alpha	20.64	4.29	11
	Bruit rose	21.45	6.13	11
	Total	21.04	5.18	22
Thêta quart 1 ses.4	Sub/Alpha	21.81	5.61	11
	Bruit rose	21.77	6.84	11
	Total	21.79	6.10	22
Thêta repos ses. 5	Sub/Alpha	20.85	5.28	11
	Bruit rose	19.13	4.43	11
	Total	19.99	4.84	22
Thêta quart 1 ses.5	Sub/Alpha	21.20	3.82	11
	Bruit rose	20.56	5.76	11
	Total	20.88	4.78	22
Thêta repos ses. 6	Sub/Alpha	20.17	4.06	11
	Bruit rose	20.00	4.27	11
	Total	20.08	4.06	22

Tableau D-6. Descriptions des variables: analyse repos-concentration; EEG (suite)

	Devoir	Moyenne	Écart type	N
Thêta quart 1 ses.6	Sub/Alpha	20.57	4.32	11
	Bruit rose	19.94	5.56	11
	Total	20.25	4.87	22
Thêta repos ses. 7	Sub/Alpha	20.81	3.67	11
	Bruit rose	20.85	5.89	11
	Total	20.83	4.79	22
Thêta quart 1 ses.7	Sub/Alpha	22.23	6.02	11
	Bruit rose	21.84	9.22	11
	Total	22.03	7.60	22
Bêta1 repos ses. 1	Sub/Alpha	6.79	0.73	11
	Bruit rose	6.70	1.04	11
	Total	6.74	0.88	22
Bêta1 quart 1 ses.1	Sub/Alpha	6.34	0.78	11
	Bruit rose	5.67	0.84	11
	Total	6.01	0.86	22
Bêta1 repos ses. 2	Sub/Alpha	7.31	1.35	11
	Bruit rose	6.82	1.73	11
	Total	7.06	1.54	22
Bêta1 quart 1 ses.2	Sub/Alpha	7.14	1.81	11
	Bruit rose	6.04	0.77	11
	Total	6.59	1.47	22
Bêta1 repos ses. 3	Sub/Alpha	7.45	1.56	11
	Bruit rose	6.36	0.98	11
	Total	6.90	1.39	22
Bêta1 quart 1 ses.3	Sub/Alpha	7.33	1.98	11
	Bruit rose	6.07	0.74	11
	Total	6.70	1.60	22
Bêta1 repos ses. 4	Sub/Alpha	7.12	1.39	11
	Bruit rose	7.94	2.26	11
	Total	7.53	1.88	22
Bêta1 quart 1 ses.4	Sub/Alpha	6.95	1.09	11
	Bruit rose	6.91	1.51	11
	Total	6.93	1.28	22

Tableau D-6. Descriptions des variables; analyse repos-concentration; EEG (suite)

	Devoir	Moyenne	Écart type	N
Bêta1 repos ses. 5	Sub/Alpha	6.96	1.30	11
	Bruit rose	6.55	0.99	11
	Total	6.75	1.14	22
Bêta1 quart 1 ses.5	Sub/Alpha	6.62	0.87	11
	Bruit rose	6.56	1.18	11
	Total	6.59	1.02	22
Bêta1 repos ses. 6	Sub/Alpha	6.96	1.09	11
	Bruit rose	6.91	1.45	11
	Total	6.93	1.25	22
Bêta1 quart 1 ses.6	Sub/Alpha	6.68	0.70	11
	Bruit rose	6.94	1.82	11
	Total	6.81	1.35	22
Bêta1 repos ses. 7	Sub/Alpha	6.97	0.78	11
	Bruit rose	7.34	1.77	11
	Total	7.16	1.35	22
Bêta1 quart 1 ses.7	Sub/Alpha	6.98	1.08	11
	Bruit rose	7.69	2.86	11
	Total	7.34	2.14	22
T/bêta1 repos ses. 1	Sub/Alpha	2.87	0.54	11
	Bruit rose	2.85	0.68	11
	Total	2.86	0.60	22
T/bêta1 quart 1 ses.1	Sub/Alpha	3.21	0.87	11
	Bruit rose	3.52	0.97	11
	Total	3.36	0.91	22
T/bêta1 repos ses. 2	Sub/Alpha	2.98	0.64	11
	Bruit rose	3.08	1.03	11
	Total	3.03	0.84	22
T/bêta1 quart 1 ses.2	Sub/Alpha	3.13	0.69	11
	Bruit rose	3.06	0.69	11
	Total	3.10	0.67	22
T/bêta1 repos ses. 3	Sub/Alpha	2.71	0.49	11
	Bruit rose	3.22	1.28	11
	Total	2.97	0.98	22

Tableau D-6. Descriptions des variables; analyse repos-concentration; EEG (suite)

	Devoir	Moyenne	Écart type	N
T/bêta1 quart 1 ses.3	Sub/Alpha	3.01	0.57	11
	Bruit rose	3.40	0.91	11
	Total	3.20	0.77	22
T/bêta1 repos ses. 4	Sub/Alpha	3.00	0.85	11
	Bruit rose	2.82	0.96	11
	Total	2.91	0.88	22
T/bêta1 quart 1 ses.4	Sub/Alpha	3.22	1.00	11
	Bruit rose	3.27	1.26	11
	Total	3.24	1.11	22
T/bêta1 repos ses. 5	Sub/Alpha	3.04	0.69	11
	Bruit rose	2.97	0.76	11
	Total	3.00	0.71	22
T/bêta1 quart 1 ses.5	Sub/Alpha	3.23	0.56	11
	Bruit rose	3.17	0.87	11
	Total	3.20	0.71	22
T/bêta1 repos ses. 6	Sub/Alpha	2.92	0.52	11
	Bruit rose	3.02	0.92	11
	Total	2.97	0.73	22
T/bêta1 quart 1 ses.6	Sub/Alpha	3.08	0.57	11
	Bruit rose	2.99	1.01	11
	Total	3.04	0.80	22
T/bêta1 repos ses. 7	Sub/Alpha	3.00	0.52	11
	Bruit rose	2.93	0.92	11
	Total	2.96	0.73	22
T/bêta1 quart 1 ses.7	Sub/Alpha	3.17	0.58	11
	Bruit rose	2.89	0.87	11
	Total	3.03	0.74	22