

UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE

PRESENTÉ A

L'UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIERES

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE EN PSYCHOLOGIE

PAR ANNE-JOSEE CHICOINE

DEVELOPPEMENT DE LA COMMUNICATION INTERHEMISPERIQUE

DANS LA MODALITE TACTILE

SEPTEMBRE 1988

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

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

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

Table des matières

Introduction.....	1
Chapitre premier - Contexte théorique et expérimental.....	4
Hypothèses.....	26
Chapitre II- Description de l'expérience.....	28
Chapitre III- Analyse des résultats.....	41
Chapitre IV- Interprétation des résultats et discussion.....	62
Conclusion.....	71
Appendice A- Protocoles expérimentaux.....	74
Appendice B- Lettres de consentement.....	83
Appendice C- Résultats individuels bruts aux tests préliminaires et expérimentaux.....	87
Appendice D- Résumés des analyses de la variance.....	110
Références.....	118

SOMMAIRE

Suite à l'observation de l'absence du syndrome de déconnexion calleuse chez les agénésiques du corps calleux et chez les callosotomisés précoces (Sauerwein *et al.*, 1981; Lassonde *et al.*, 1986), l'utilisation conjointe des voies somesthésiques ipsi et controlatérales a été postulée comme voies de communication alternatives dans la localisation tactile.

L'objectif de la présente recherche est de deux ordres. D'une part il s'agit de démontrer l'existence fonctionnelle de ces voies chez les enfants normaux de moins de 10 ans, période correspondant à la fin de la myélinisation du corps calleux (Yakovlev et Lecours, 1967). D'autre part, l'obtention de données comportementales serviront à démontrer l'augmentation croissante de performance parallèlement à l'avancement en âge des sujets, augmentation qui devrait correspondre au cycle de myélinisation du corps calleux.

Afin de vérifier ces hypothèses trois groupes d'enfants âgés respectivement de cinq-six, huit-neuf et onze-douze ans ont participé à ce projet. Seuls les enfants qui démontrent une dominance manuelle droite et qui obtiennent des performances dans les limites de la normale aux divers tests préliminaires prennent part à cette recherche.

La première hypothèse se vérifie à l'aide d'un test de localisation intra et inter-manielle où la tâche du sujet consiste à identifier le lieu de stimulation du segment distal d'un doigt en l'indiquant avec le pouce de la même main ou sur l'autre main. Des tests de stéréognosie uni et bimanuelle ainsi qu'un test d'appariement de formes géométriques ou d'objets familiers sont utilisés afin de démontrer indirectement la maturation du corps calleux.

Les résultats aux tests de localisation confirment l'hypothèse de l'utilisation possible des voies spinothalamiques ipsilatérales du système extra-lemniscal. Un niveau de performance identique est observé aux deux niveaux de cette tâche chez les enfants de cinq et six ans. Quant au test de stéréognosie unimanuelle, les données recueillies démontrent la supériorité de la main dominante droite chez les sujets de bas âge, et cette supériorité est expliquée en terme de connections anatomiques qui relient directement les voies afférentes de cette main au centre du langage dans l'hémisphère opposé. Par contre, avec l'avancement en âge, cette supériorité manuelle s'estompe graduellement démontrant ainsi la participation accrue du corps calleux gagnant en maturité. Le rôle croissant de la commissure calleuse est également constaté dans le test d'appariement bimanuel, où des performances progressivement supérieures sont observées démontrant ainsi une meilleure communication interhémisphérique.

Introduction

Depuis des centaines d'années et même des millénaires, le monde scientifique tente de percer le secret des structures et des fonctions corticales. Le corps calleux, une commissure télencéphalique qui relie des aires homotopiques situées dans des hémisphères opposés, (Karol et Pandya, 1971) constitue un champ d'exploration où les spéculations quant à son rôle n'ont cessé de proliférer. Des premiers écrits, deux siècle avant J.C. jusqu'au début du siècle, la connaissance lui accorde tantôt un rôle de soutien anatomique tantôt un rôle plus psychique. Par la suite, et surtout maintenant les chercheurs accordent une fonction de lien ou de communication interhémisphérique au corps calleux (Gazzaniga et al., 1962).

Plus près de nous, Sperry et ses collaborateurs (1969) remarquent qu'une section chirurgicale du corps calleux pratiquée chez l'adulte produit généralement un syndrome de déconnexion qui dans la modalité tactile, se traduit par une incapacité à effectuer des comparaisons intermanuelles. Par contre, d'autres ont remarqué que ce syndrome est absent ou fortement atténué lorsque la chirurgie est pratiquée en bas âge (moins de 10 ans) (Lassonde et al., 1986). Ce syndrome est aussi absent ou fortement atténué chez l'agénésique du corps calleux (Sauerwein et al., 1981).

Des différences d'efficacité au niveau de la communication interhémisphérique, entre les populations de callosotomisés adultes et de callosotomisés précoce ou d'agénésiques, incitent à admettre l'existence de mécanismes compensatoires innés ou acquis chez ces deux dernières populations. Ces mécanismes alternatifs pourraient être une augmentation fonctionnelle des voies ipsilatérales pour former un système afférent à co-dominance ipsi et controlatéral. Les voies ipsilatérales devraient donc être disponibles et fonctionnelles chez tous les sujets de moins de dix ans, qu'ils soient acalleux ou normaux.

Le but de la présente étude est donc de vérifier à l'aide d'une méthode comportementale si les enfants normaux de dix ans et moins produisent une performance équivalente dans des tâches de localisation intra et intermanuelle, ce qui viendrait appuyer l'existence d'un système afférent à partage ipsi et controlatéral. De plus, des données comportementales sont également recueillies à partir de tâches de stéréognosie et d'appariement bimanuel afin d'établir une courbe développementale de performance correspondant au cycle de myélinisation du corps calleux.

Chapitre premier

Contexte théorique et expérimental

Le présent chapitre traite de l'organisation du système somato-sensoriel et de l'apport des voies spinothalamiques dans des tâches requérant un transfert d'informations sensorielles tactiles. Le corps calleux est également étudié dans une optique développementale. Par la suite, l'absence ou la présence de déficits observés dans des cas de callosotomie ou d'agénésie est discutée.

Description du système somato-sensoriel

Le système somato-sensoriel possède une organisation essentiellement controlatérale. La représentation bilatérale est plus grande pour les parties centrales du corps comparativement à la périphérie. De fait, la représentation hémisphérique des parties distales des membres supérieurs et inférieurs (mains, doigts, pieds, orteils) est quasi-totalement controlatérale. Les parties plus proximales comme les bras, les épaules, les jambes ont une représentation à la fois homolatérale et controlatérale tandis que les parties axiales comme la tête ou la nuque sont représentées bilatéralement à travers le faisceau ascendant du nerf trijumeau (Montcastle, 1984). L'échange d'informations somesthésiques interhémisphériques est donc plus importante pour les parties distales des membres que pour les parties axiales du corps. Les voies qui véhiculent les informations sensorielles des récepteurs cutanés jusqu'au cortex cérébral, consistent en un ensemble de trois types de

neurones; les neurones sensoriels primaires, secondaires et tertiaires. A l'exception des nerfs craniens, tous les corps cellulaires des neurones sensoriels primaires, dont proviennent les fibres des récepteurs somesthésiques, sont situés dans le ganglion de la racine dorsale, à proximité du segment de la corne spinale. Les corps cellulaires des neurones d'ordre secondaire se situent eux dans la matière grise de la corne pour les voies spinothalamiques et dans les noyaux grêle et cunéiforme au niveau de la moëlle pour la voie lemniscale médiane. Finalement, les neurones sensoriels tertiaires, situés dans le noyau ventro-postérieur du thalamus, dirigent leurs projections vers les aires somesthésiques corticales localisées dans le lobe pariétal (Barr, 1974).

Par contre, l'idée d'un circuit de transmission d'informations sensorielles qui s'effectue en passant par une série de trois groupes de neurones ne représente peut-être pas la réalité puisqu'il est possible que de plus petits neurones ayant des axones moins longs viennent s'insérer à l'intérieur de la chaîne (Barr, 1974). De plus, les neurones sensoriels secondaires sont influencés par des impulsions nerveuses provenant de différentes sources incluant le cortex cérébral (Barr, 1974). Egalement, les différentes voies afférentes du système somato-sensoriel entretiennent des interactions entre elles. Ces interactions rendent difficile la classification des connections centrales si on ne présume du type d'information véhiculée par les fibres périphériques d'un diamètre donné (Milner, 1970).

Le système somato-sensoriel a été arbitrairement divisé en deux parties; le système lemniscal et le système extra-lemniscal. Ces deux systèmes afférents se confondent au niveau du ganglion de la racine dorsale pour ensuite emprunter des chemins différents, lesquels sont identifiables par le diamètre des fibres qui les composent. Rappelons ici, que les nerfs périphériques sont classifiés selon trois groupes. Les fibres "A" possèdent les axones les plus longs. Ces axones sont myélinisés et leur diamètre est supérieur à celui des fibres "C". Ce sont donc des fibres à grande vitesse de conduction, puisque la vitesse de conduction est proportionnelle au diamètre des fibres et à la myélinisation. Aucune discussion ne sera abordé au sujet des fibres "B", puisque ces dernières font partie exclusivement du système nerveux autonome. Les fibres "C" ne sont pas recouvertes d'une gaine de myéline, leurs axones sont plus courts et leur diamètre est inférieur au fibre "A". Il en résulte donc une vitesse de conduction moindre (Milner, 1970).

D'un point de vue général, la plus grande partie des fibres "A" alimente le système lemniscal, tandis que la voie extra-lemniscale ou spinothalamique est essentiellement constituée de fibres "C", (impliqués dans la perception d'information nociceptive) et de fibres "Ad" non myélinisées (Mauguière et al., 1981). Toutefois la voie extra-lemniscale reçoit aussi des collatérales des fibres "A" de la voie lemniscale (Mountcastle, 1984).

Les fibres "A" en quittant le ganglion de la racine dorsale entrent dans la colonne dorsale et font synapse dans les noyaux grêle et cunéiforme au niveau de la moëlle. De là, les axones de la colonne dorsale croisent la ligne

médiane pour former la voie lemniscale médiane controlatérale. Cette voie ascendante traverse ensuite le mésencéphale pour atteindre la partie postéro-ventrale du thalamus (VP), zone que Mountcastle (1984) désigne comme étant le complexe ventrobasal (VB) du thalamus. De ces noyaux thalamiques, les fibres se dirigent vers le cortex pour aboutir dans les aires somato-sensorielles S-I et S-II, situées respectivement dans la circonvolution postcentrale et au-dessus de la fissure Sylvienne.

Une autre voie, la voie spinothalamique ou extra-lemniscale est une voie somato-sensorielle parallèle à la voie lemniscale. Les fibres de la voie spinothalamique rejoignent la corne dorsale en passant par la voie de Lissauers. Puis, elles croisent la ligne médiane et montent ensuite dans la partie antérolatérale ou ventrolatérale de la voie spinothalamique. Cette dernière ne rejoint pas le lemnisque médian mais prend un cours plus diffus. De plus, plusieurs cellules sensorielles secondaires possèdent des axones très courts qui se terminent seulement quelques segments plus haut que leur point d'origine. Ainsi, plusieurs synapses doivent être effectués avant que l'influx nerveux n'atteigne le niveau de la moëlle.

Plusieurs groupes d'axones de cette voie phylogénétiquement plus ancienne, se projettent dans les structures de la formation réticulée et d'autres dans les tubercules quadrijumeaux supérieur et inférieur. Le complexe ventrobasal et certaines structures thalamiques reçoivent une partie des fibres en provenance de la formation réticulée. L'autre partie de ces fibres rejoint un groupe de noyaux thalamiques postérieurs (P O) ipsi et

controlatéralement (aire corticale S- II). La voie spinothalamique est donc composée de fibres somato-sensorielles afférentes à projections contro et ipsilatérales. Elle est polysynaptique et moins exclusive que la voie lemniscale.

Ce système extra-lemniscal tire son importance de sa fonction protectrice. Ses fibres afférentes jouent un rôle important au niveau de la sensation de la douleur et des températures. Il démontre également une certaine efficacité dans la détection de toucher simple et de la pression cutanée. De plus, il faciliterait l'éveil de réponses émitives au niveau du thalamus. Bien que ce système ne soit pas très adéquat pour détecter la source exacte de stimulation sensorielle, il n'en demeure pas moins qu'il fait preuve d'un très haut niveau de sensibilité (Barr, 1974).

Le système lemniscal se démarque par sa participation importante au niveau proprioceptif. Les projections lemniscales en provenance des différents récepteurs fournissent des informations se rapportant à la position précise des différentes parties corporelles, à la forme, à la grandeur et à la pesanteur d'un objet tenu dans la main et à la panoplie des différentes directions de mouvements corporels. Ce système démontre également des fonctions discriminatives du toucher ainsi qu'une facilité certaine pour l'identification de lieux de stimulation cutané. En effet, ce système permet de détecter la présence de deux stimulations même si les lieux de stimulations sont rapprochés (Barr, 1974).

Fonctionnement des voies somato-sensorielles

L'importance relative des voies afférentes ipsi et controlatérales peut être déduite par l'étude de ces voies suite à des lésions. Des lésions du système dorsal ascendant ont provoqué chez le singe une incapacité de différencier des mouvements de différentes directions. Par contre, ces animaux préservent une certaine capacité, même si très réduite, leur permettant de détecter la présence d'un stimulus mécanique en mouvement sur la surface de leur corps (Vierck, 1974). Chez les humains ayant subi des lésions semblables, il a été possible de constater que ces derniers conservaient un bon degré de sensibilité du toucher (Mountcastle, 1984). Il a été observé que suite à une transection de la colonne dorsale et dorsolatérale, le système ventral soutient une réacquisition lente des capacités de discriminer la grandeur, capacité qui avait été préalablement perdue suite à l'intervention (Vierck, 1973). Réciproquement, des déficits sensoriels ont été identifiés chez l'humain, suite à une section du système antérolatéral. On a constaté une élévation du seuil de sensibilité générale ainsi que la perte des sensations de douleur et de la sensibilité aux températures (White, 1955).

Suite à des études chez l'humain ayant subi des lésions à la colonne dorsale, l'hypothèse que la voie spinothalamique ventrale soit responsable de la transmission d'influx évoquant des sensations tactiles a été avancée. Kerr (1975) a vérifié l'authenticité de cette hypothèse par une étude chez le singe. Les points d'origine et de terminaison de cette voie ventrale seraient

les mêmes que pour la voie spinothalamique latérale. Ainsi il est possible de suggérer la participation des voies spinothalamiques latérales et ventrales au niveau des fonctions somesthésiques.

Organisation du système sensori-moteur efférent

Le système somato-sensoriel dépend, pour son fonctionnement, de la rétroactivité continue du système moteur. De fait une partie importante des axones de la voie cortico-spinale, origine des aires somato-sensorielles du gyrus post-central (Barr, 1974; Milner, 1970). D'une façon générale, le système moteur tout comme le système somato-sensoriel est essentiellement à projections controlatérales. Ainsi, les parties distales d'un membre sont contrôlées par l'hémisphère opposé. Ce système se divise, lui aussi, en deux voies principales; la voie pyramidale et la voie extra-pyramidale. Toutefois, il existe un chevauchement considérable, tant anatomique que fonctionnel entre les deux voies.

Dans le système pyramidal, 80% des fibres motrices efférentes, d'origine corticale, croisent la ligne médiane. Par la suite, ces fibres descendent par la voie cortico-spinale latérale pour finalement rejoindre les neurones moteurs intermédiaires dans la corne dorsale. Les axones non-croisés de ce système rejoignent elles, la voie cortico-spinale ventrale. Une fraction de ces fibres non-croisées terminent leur parcour au niveau des neurones intermédiaires tandis que d'autres, telles que les fibres destinées aux muscles distaux, projettent directement sur les neurones moteurs (Lawrence et Kuypers, 1965).

La voie extra-pyramidal contient des fibres efférentes d'origine corticale et sous corticale avec un très grand nombre de fibres qui prennent naissance dans les noyaux du tronc cérébral. Cette voie cortico-sous-cortico-spinale (extra-pyramidal) est également essentiellement croisée, par contre, elle contient plusieurs fibres efférentes non-croisées.

Apport du corps calleux

Le corps calleux joue un rôle important dans l'organisation des systèmes somato-sensoriel et sensori-moteur. Cette structure, tout comme les commissures antérieure et hippocampique, est responsable de la transmission de l'information d'un hémisphère à l'autre. Cette communication interhémisphérique s'effectue par le biais des fibres qui traversent la ligne médiane du cerveau pour unir des aires anatomiquement et fonctionnellement équivalentes (Jones et Powell, 1969; Karol et Pandya, 1971; Selnes, 1974).

La commissure antérieure comprend des fibres qui unissent principalement les deux bulbes olfactifs en sa partie rostrale et les deux cortex inférotemporaux par sa partie caudale (Pandya et Seltzer, 1986; Jouandet et Gazzaniga, 1979). La commissure hippocampique relie essentiellement les deux piliers du fornix et associe les deux hippocampes situés à la face inférieure médiane des lobes temporaux, alors que le corps calleux constitue la principale voie de communication entre la plupart des régions du néocortex (Auroux, 1966; Barr, 1974).

Le corps calleux représente la plus volumineuse des commissures télencéphaliques. Chez l'homme adulte, cette structure commissurale constituée de substance blanche se présente sous la forme d'une lame ferme et vaste atteignant environ 8 cm de long dans l'axe rostral-caudal et variant entre 0.5 et 1.5 cm d'épaisseur (Harner, 1977). En coupe frontale, le corps calleux a la forme d'une lame transversale située au-dessus des ventricules latéraux. Sur une coupe sagittale, il présente un aspect arciforme; il est situé au fond de la grande scissure interhémisphérique formant le toit du troisième ventricule (Selnes, 1974; Harner, 1977). Le plan antéro-postérieur du corps calleux peut être divisé en quatre parties; le genou qui s'arque pour former dans sa partie ventrale le rostrum , le tronc qui est la partie médiane du corps calleux formant une région compacte qui se prolonge postérieurement pour donner naissance à une partie légèrement plus épaisse, nommément le splénium.

Les fibres qui constituent la commissure calleuse ont un diamètre estimé à environ 10 μm et approximativement 80% de ces axones seraient myélinisés (Bailey et Boning, 1951). Tomash (1954) estimait à l'aide d'un microscope photonique que le nombre de fibres calleuses s'élevait à plus de 200 millions. Aujourd'hui avec l'avènement du microscope électronique ce nombre est considéré comme étant insuffisant (Koppel et Innocenti, 1984).

Des études histologiques dont autoradiographiques ont permis d'établir la topographie des connexions interhémisphériques. Des informations préliminaires ont d'abord été obtenues en utilisant une méthode de

dégénérescence rétrograde avec ablation corticale (Karol et Pandya, 1971). Par la suite avec le développement des techniques autoradiographiques, il a été possible d'établir avec une plus grande précision l'organisation topographique des fibres commissurales (Cusick et Kass, 1986; Pandya et Seltzer, 1986). Ainsi, les fibres calleuses provenant des régions préfrontales traversent le corps calleux au niveau du genou et du rostrum. Les régions motrices et prémotrices sont unies controlatéralement par des fibres qui occupent la partie rostrale du tronc du corps calleux et les régions somato-motrices et somato-sensorielles communiquent entre elles par le biais de fibres qui traversent la partie centrale du tronc. Dans la partie caudale du tronc, résident les fibres qui unissent les régions temporales postérieures et supérieures. Le splénium contient les fibres qui relient les régions visuelles des lobes occipitaux. Chez les primates, les fibres calleuses prennent naissance dans la couche III et se terminent dans la couche IV de la zone cible controlatérale (Jouandet et Gazzaniga, 1979; Cusick et Kass, 1986; Pandya et Seltzer, 1986; Selnes, 1974).

La distribution de ces fibres calleuses indiquent que le cerveau s'avère très hétérogène par rapport à la densité des connexions commissurales, c'est-à-dire que certaines régions hémisphériques possèdent plusieurs connexions controlatérales tandis que d'autres en sont presque totalement dépourvues. En outre, les aires primaires reçoivent très peu de projections interhémisphériques tandis que les aires associatives en possèdent un plus grand nombre. Au niveau des aires corticales sensori-motrices, la concentration la plus dense de ces connexions se retrouve dans les régions

représentant les parties axiales et médianes du corps. En ce qui concerne les aires qui régissent les fonctions sensorielles et motrices des parties corporelles distales et les extrémités, celles-ci possèdent relativement peu de connexions controlatérales (Pandya et Seltzer, 1986; Cusick et Kass, 1986).

Ces projections controlatérales relient des zones homotopiques et hétérotopiques des hémisphères opposés (Pandya et Seltzer, 1986). Bien qu'une connexion homotopique soit toujours établie suite à la stimulation d'un site donné dans l'hémisphère opposé, des projections hétérotopiques ne s'établissent pas obligatoirement, ces dernières varient d'une région corticale à l'autre. Par exemple, les projections controlatérales provenant du cortex auditif primaire relient seulement son homologue de l'hémisphère opposé. Donc cette réponse homotopique ne se double pas d'une réponse hétérotopique. Par contre, l'aire primaire somato-sensorielle (S-I), en plus de communiquer d'une manière réciproque avec l'aire (S-I) controlatérale a des projections calleuses rejoignant également l'aire (S-II) et les aires sensorielles supplémentaires (SSA) controlatérales.

Des études portant sur le développement embryologique du système commissural ont été menées chez l'humain en examinant des foetus ne démontrant aucune malformation ou anomalie neurologique (Rakic et Yakovlev, 1968). Ces études histologiques démontrent que les commissures antérieure, hippocampique et calleuse prennent naissance à partir d'une même structure primitive, située dans la partie antérieure du télencéphale. Chez des embryons de six à huit semaines on constate une augmentation de

densité des fibres dans la partie dorsale de cette structure primitive donnant naissance à la lamina reuniens, tandis que sa partie ventrale demeure mince et représente la lamina terminalis. C'est dans la partie ventrale de la lamina reuniens que se forme la première commissure, nommément la commisure antérieure vers la dixième semaine de vie foetale. A partir de la onzième semaine, la commissure hippocampique commence à se former sur la partie dorsale de la lamina reuniens. Approximativement au même moment, la partie dorsale de cette lame se replie dans le plan médian pour former deux régions juxtaposées qui en se fusionnant deviendront la masse commissurale, la base des fibres calleuses (Rakic et Yakovlev, 1968).

Le corps calleux prend son ébauche entre la onzième et la douzième semaine de vie intra-utérine. A ce stade, le corps calleux comprend un millions d'axones (Harner,1977). Vers l'âge foetal de 18 à 20 semaines, les fibres calleuses se sont développées et le corps calleux atteint sa configuration adulte. Les fibres se développent dans un axe rostro-caudal pour former d'abord le genou puis le tronc. Le splénium et le rostrum se développent bien après que le tronc soit formé (Hewitt,1962; Rakic et Yakovlev, 1968).

A la naissance, les commissures antérieures et hippocampique sont semblables à celles de l'adulte. Par contre, le corps calleux n'est pas encore arrivé à maturité, seulement 60% de ses axones sont myélinisé (Tomash, 1954). Le développement ultérieur de cette structure calleuse est étroitement lié à l'accroissement des hémisphères et à la maturation du néocortex. Ainsi,

la myélinisation du corps calleux se poursuit durant l'enfance et se termine apparemment vers la fin de la dixième année, période à laquelle cette structure est considérée comme ayant atteint sa maturité (Yakovlev et Lecours, 1967).

Sur le plan électrophysiologique, des études effectuées tant chez les primates et chez l'humain, montrent des temps de latence progressivement moindres au niveau de la transmission de l'information par le corps calleux en fonction de l'avancement en âge des sujets. Chez l'homme, lors de la stimulation électrique du nerf médian, Salamy (1978) a observé que la latence de la réponse ipsilatérale, identifiée comme correspondant au délai de transmission calleuse, diminue avec l'âge, c'est-à-dire avec la maturation des fibres calleuses. Par contre, suite à cette expérimentation Salamy semble déduire que les potentiels évoqués somesthésiques homolatéraux (PES hl) sont en fait probablement dus à la diffusion des réponses controlatérales par l'entremise de la commissure calleuse. Il ne semble donc pas favoriser l'hypothèse concernant l'existence d'une réponse homolatérale indépendante.

Sur le plan comportemental, seulement quelques études tentent de démontrer l'efficacité des voies croisées et l'augmentation du rendement de la communication interhémisphérique, en fonction de la maturation progressive des fibres calleuses.

O'Leary (1980) en évaluant des enfants de cinq à dix ans, a découvert une augmentation développementale des capacités de transfert dans des

tâches de reproduction d'un geste moteur ou de reconstitution d'un ensemble organisé. Ces tests étaient exécutés sans l'aide de la vision. Galin et ses collaborateurs (1977) ont évalué 108 enfants dont l'âge variait de 4 ans 9 mois à 10 ans 11 mois dans une épreuve de localisation croisée. Suite à l'application d'une légère pression cutanée sur le segment distal d'un doigt, l'enfant devait indiquer le lieu de stimulation soit avec le pouce de cette même main ou transférer la sensation digitale sur l'autre main et l'indiquer de la même façon. Les résultats indiquent que tous les sujets ont éprouvé plus de difficultés dans la condition croisée. Par contre, la proportion d'erreurs croisées commises diminue avec l'âge. Ces résultats furent interprétés comme reflétant une amélioration des capacités de transfert qui serait liée à la myélinisation progressive de la commissure calleuse. Deux ans plus tard, Galin et son équipe de chercheurs (1979) publient une étude portant cette fois sur les discriminations dichaptiques. L'épreuve consistait à palper des morceaux de tissus et de les comparer soit avec la main qui a exploré l'échantillon ou avec l'autre. Les résultats obtenus montrent l'obtention d'une meilleure performance au niveau des capacités de transfert proportionnelle à l'avancement en âge des enfants. Finalement, Quinn et Geffen (1986) rapportent une étude portant sur des tests de localisation croisée. Leurs résultats corroborent ceux déjà obtenus, puisqu'ils démontrent des déficits en localisation croisée qui varient, ici aussi, proportionnellement et inversement avec l'âge des sujets.

Syndrome de déconnexion chez l'homme

Dès le début des années quarante, on s'interrogeait sur les fonctions du corps calleux et conséquemment, sur l'organisation physiologique des systèmes somato-sensoriel et sensori-moteur. A cette époque, on pratiquait pour la première fois, une série de sections des commissures néocorticales chez l'homme. Ces commissurotomies étaient alors pratiquées par Van Wagenen et Herren (1940) comme mesure thérapeutique dans les cas d'épilepsie incontrôlable par traitement médicamenteux. Dès lors, il avait été établi que les commissures télencéphaliques, et plus particulièrement le corps calleux, permettaient la propagation de décharges épileptiformes d'un hémisphère à l'autre. Suite à ces interventions chirurgicales, des examens neurologiques et psychologiques effectués par Akelaitis et ses collaborateurs (1942, 1944) n'ont relevé aucun dommage neurologique ou troubles psychiques pouvant être attribuables à la section des commissures. Toutefois, on abandonne ce type d'intervention chirurgicale à cause des résultats cliniques décevants et des problèmes inhérents à l'intervention même. Ce n'est que vingt ans plus tard que la pratique des commissurotomies a été reprise chez des patients souffrant d'épilepsie rebelle. Bogen et Vogel (1962) pratiquent à nouveau l'opération qu'ils baptisent "split-brain". La chirurgie consistait en une section totale du corps calleux, des commissures hippocampique et antérieure, ainsi que de la masse intermédiaire, lorsque cette dernière était présente.

L'observation clinique à long terme de ces patients a permis de constater la réduction de la fréquence et de la gravité des crises. Suite à l'intervention chirurgicale, il semble que les décharges épileptiformes demeurent essentiellement latéralisées et sont plus facilement contrôlables par une médication anticonvulsivante moins violente. Certains symptômes post-opératoires tels que l'hémiapraxie gauche, le mutisme ou la dysphasie ont été observés chez ces patients, mais ils ont été de nature transitoire. En réalité ces patients ne démontrent aucune modification dans leurs comportements quotidiens et leur réadaptation sociale s'effectue en général sans difficulté (Bogen et Vogel, 1975). Deux ans après l'intervention ces patients ne manifestent aucune altération de leur personnalité ou de leur niveau intellectuel. Le maintien ainsi que la coordination motrice semblent normaux tout comme leur conversation (Sperry *et al.*, 1969). Malgré cette apparente normalité dans leurs activités quotidiennes, il n'en demeure pas moins que ces patients éprouvent des déficits importants. Souvent ces déficits transparaissent seulement à travers des tests spécialisés, limitant les entrées sensorielles à un seul hémisphère.

Chez l'adulte, la section chirurgicale du corps calleux produit généralement un syndrome de déconnexion se traduisant par des déficits persistants au niveau du transfert interhémisphérique et au niveau des fonctions intégratives des système sensoriel et moteur (Sperry *et al.*, 1969; Gazzaniga, 1970). Dans la modalité tactile les déficits sont perceptibles au niveau du transfert inter-manuel pour une tâche de localisation croisée à partir d'un stimulation somesthésique. De plus , les individus ayant subi une

callosotomie, s'avèrent incapables d'exécuter des tâches de discrimination dichaptique. Confrontés aux test de stéréognosie, les patients éprouvent des difficultés sérieuses à nommer des objets présentés à la main gauche. Pourtant, ils identifient l'objet ou, à tout le moins, en enregistrent la forme puisqu'ils peuvent le choisir parmi un échantillonnage d'objets, à condition d'utiliser la même main. Il s'agit donc d'une anomie tactile plutôt qu'une agnosie tactile. Ces mêmes patients n'éprouvent en effet, aucune difficulté à nommer un objet palpé de la main droite (Gazzaniga *et al.*, 1962, 1963).

La motricité est elle aussi touchée chez ces patients puisqu'ils éprouvent des difficultés dans l'accomplissement de tâches familières normalement exécutées par la main gauche. Plusieurs auteurs, dont Geschwind et Kaplan (1962) remarquent des difficultés certaines à exécuter une tâche décrite verbalement. Il y a donc déconnection des zones du langage par rapport aux zones motrice de l'hémisphère droit.

Agénésie et callosotomie précoce

Comme démontré plus haut, le corps calleux joue un rôle important dans la communication interhémisphérique. De fait, plusieurs chercheurs se sont penchés sur le phénomène d'agénésie calleuse pour vérifier l'existence du syndrome de déconnection (Milner et Jeeves, 1979; Lassonde *et al.*, 1988).

L'agénésie du corps calleux consiste en une malformation congénitale qui est le résultat d'un arrêt dans le développement du corps calleux à son stade embryologique. Le degré de sévérité de cette atteinte est directement

rélié au moment où l'évènement disruptif vient entraver le développement normal de cette structure. Un arrêt développemental se produisant entre la deuxième et la douzième semaine de vie intra-utérine, occasionne une absence totale de toutes les commissures télencéphaliques. Par contre si une interruption du développement survient au quatrième mois, la commissure antérieure sera probablement épargnée (Harner, 1977). Ce type d'agénésie calleuse, avec présence de la commissure antérieure, serait le plus fréquent (Lemire *et al.*, 1975; Loeser et Alvord, 1968a, 1968b). Par ailleurs, une anomalie développementale survenant après un âge foetal de quatre mois entraîne divers type d'agénésie partielle, affectant surtout les parties médiane et postérieure de la commissure calleuse (Rohmer *et al.*, 1959).

L'agénésie du corps calleux est aussi considérée comme étant le reflet de l'incapacité des fibres calleuses de traverser la ligne médiane en passant par la masse commissurale (Rackic et Yakovlev, 1968). Par contre, certains perçoivent cette absence congénitale de la formation calleuse comme étant le résultat d'une dysgénèse des structures télencéphaliques (Loeser et Alvord, 1968a, 1968b).

Paradoxalement, ce syndrome de déconnection est absent ou fortement atténué chez l'agénésique du corps calleux. En effet, ces sujets exécutent des tâches qui demandent la collaboration des deux hémisphères avec une facilité évidente lors de stimulations somesthésiques. De fait, de nombreuses études ont démontré que ces patients n'éprouvent aucune difficulté apparente pour exécuter des tâches de discrimination dichaptique qui reposent sur la

comparaison inter-manuelle d'objets familiers et de formes géométriques. De plus, ils sont parfaitement capables d'identifier, sans l'aide de la vision, des stimuli tenus dans l'une ou l'autre main. Par contre, ils éprouvent des difficultés dans tous les tests de dextérité manuelle et de coordination bimanuelle. Les difficultés rencontrées sont caractérisées par une certaine maladresse et par une lenteur au niveau de l'exécution de la tâche (Jeeves, 1965; Sauerwein *et al.*, 1981; Lassonde *et al.*, 1988).

Mécanismes compensatoires

Les différences d'efficacité au niveau de la communication interhémisphérique, entre les populations callosotomisée et agénésique insistent à admettre l'existence de mécanismes compensatoires innés ou acquis chez les agénésiques (Jeeves et Milner, 1986; Lassonde *et al.*, 1988). De plus, des études récentes chez des callosotomisés précoces (ayant subi une callosotomie avant l'âge de dix ans ou avant myélinisation complète) ont montré que ces sujets développent des mécanismes de compensation leur permettant de réaliser avec succès les tâches d'intégration et de transfert interhémisphérique dans les modalités somato-sensorielles (Lassonde *et al.*, 1986).

Différents mécanismes compensatoires ont été suggérés pour pallier à l'absence congénitale ou chirurgicale du corps calleux. Afin de tenter d'expliquer la capacité que détiennent les agénésiques à nommer un stimulus tenu dans l'une ou l'autre main, certains auteurs ont suggéré la bilatéralisation des fonctions linguistiques (Ettlinger *et al.*, 1972; Saul et Gott, 1973).

Cependant, suite à des observations cliniques et expérimentales, il semble que les fonctions linguistiques soient latéralisés malgré cette malformation congénitale (Lassonde et al., 1981, 1984). De plus, il est fort improbable que ce mécanisme joue un rôle dans des tâches de localisation croisée puisqu'il semble difficile d'apposer des étiquettes verbales à des informations topographiques (Lassonde et al., 1986).

Certains auteurs croient en une participation possible de la commissure antérieure dans des tâches de transfert et d'intégration d'informations visuelles et auditives, lorsqu'il y a absence congénitale ou fonctionnelle du corps calleux (Gott et Saul, 1978; Risse et al., 1978). Par contre, l'absence de connexions anatomiques entre la commissure antérieure et le système somato-sensoriel (Pandya et Seltzer, 1986) semble rendre peu probable la possibilité d'un transfert d'information tactile et sensori-motrice par cette voie (Lassonde et al., 1986).

Sur la base d'études comportementales et électrophysiologiques, certains ont suggéré la participation des voies spinothalamiques du système extra-lemniscal comme mécanisme compensatoire chez les agénésiques du corps calleux (Dennis, 1976; Sauerwein et al., 1981; Laget et al., 1977). Laget et ses collaborateurs (1977) ont enregistré successivement au niveau de chaque hémisphère des réponses contro et homolatérales, chez des enfants normaux et agénésiques du corps calleux. Ces réponses ont été obtenues suite à une stimulation des nerfs médians droit et gauche au niveau du poignet. Les résultats indiquent que chez la population d'enfants normaux, il a

été impossible de détecter une réponse homolatérale tandis que cette dernière était toujours présente dans les cas d'agénésie. De plus, ces enregistrements homolatéraux étaient d'amplitude égale ou supérieure à ceux des enregistrements controlatéraux seulement chez les enfants souffrant de cette malformation congénitale. Les auteurs concluèrent que ces résultats favorisent fortement la présence d'une origine indépendante des potentiels évoqués somesthésiques homolatéraux.

Sachant que la corps calleux atteint présumément son plein fonctionnement vers la dixième année de vie (Yakovlev et Lecours, 1967) et se rappelant que les callosotomisés précoces démontrent des performances équivalentes à celle des acalleux, il est possible de croire également en l'usage de ces voies ipsilatérales chez l'enfant normal de moins de dix ans, puisque la myélinisation calleuse ne serait pas encore complétée chez ces jeunes. Afin de vérifier la présence et le fonctionnement des voies du système extra-lemniscal comme mécanisme alternatif dans des tâches tactiles chez les enfants de moins de dix ans, il est aussi important d'obtenir des données comportementales chez les plus de dix ans à titre de mesures comparatives.

La présente recherche, contrairement aux études comportementales antérieures (Galin *et al.*, 1977; Galin *et al.*, 1979; Quinn et Geffen, 1986) évalue des enfants dont l'âge varie entre cinq et douze ans. La tâche au test de localisation croisée a été simplifiée pour se limiter à une stimulation du segment distal des doigts, afin de pouvoir constater plus facilement la participation des voies spinothalamiques. Finalement, des tests de

stéréognosie et d'appariement bimanuel ont été ajoutés à la batterie de tests pour obtenir des données comportementales sur l'évolution fonctionnelle du corps calleux.

Hypothèse

Comme cité antérieurement, les mécanismes compensatoires chez les acalleux pourraient être une augmentation fonctionnelle des voies ipsilatérales spinothalamiques (Dennis, 1976; Sauerwein *et al.*, 1981) qui se traduirait par l'utilisation d'un système afférent à co-dominance ipsi et controlatéral plutôt qu'essentiellement controlatéral. De même, si les callosotomisés précoces utilisent ce même mécanisme, il est logique de croire que l'utilisation des voies ipsilatérales est fonctionnelle et disponible chez les enfants normaux de moins de dix ans. De la présomption précitée, découle l'hypothèse qui suit: les enfants normaux de moins de dix ans produiront une performance équivalente, en terme de bonnes réponses, dans les tâches de localisation intra- et inter-manuelle. Ces voies sont cependant limitées dans leur capacité d'acheminement d'information, de sorte que seule l'information topographique peut être aisément analysée (Dennis, 1976).

Par ailleurs, dans des tâches requérant une analyse discriminative plus fine, telle que la tâche de stéréognosie, les voies controlatérales du système lemniscal devraient être plus efficaces. Ceci nous amène donc à poser l'hypothèse suivante: chez l'enfant de moins de dix ans, les tâches seront mieux effectuées à l'aide de la main dominante droite puisqu'elle est directement reliée au centre du langage. Par contre, après l'âge de dix ans et

avec la maturation du corps calleux, la performance sera aussi bonne avec les deux mains puisque la communication interhémisphérique est maintenant assurée.

Chapitre II

Description de l'expérience

Sujets

L'échantillon expérimental est composé de trois groupes; un groupe de 22 enfants agés de 5 et 6 ans, un groupe de 21 enfants âgés de 8 et 9 ans et un dernier groupe constitué de 20 enfants de 11 et 12 ans. Ces enfants proviennent d'un milieu socio-économique qualifié de moyen à aisés. Ils fréquentent tous l'école primaire normale de leur quartier, nommément les écoles; Jacques Buteux et St-Pie X de la commission scolaire de Trois-Rivières et le Three Rivers High School. Aucune difficulté particulière n'ayant été identifiée pour l'ensemble des sujets sur le plan académique, la passation d'un test d'intelligence n'a pas été jugée nécessaire. Le rendement intellectuel de chacun des enfants a donc été estimé à partir de sa performance scolaire. Ces enfants présentent tous une dominance manuelle à droite. Les enfants qui fréquentent l'école anglophone ont été choisis sur la base que le français soit la langue maternelle des enfants et également la langue d'usage à la maison.

Tests préliminaires

Dans un premier temps, tous les sujets ont subi une évaluation neuropsychologique partielle, constituée de tests pré-expérimentaux

pertinents aux modalités testées dans la présente recherche, permettant ainsi d'évaluer leurs capacités motrices et somato-sensorielles.

Pour ce faire, les tests neuropsychologiques suivant ont été utilisés: l'examen de dominance latérale et le test d'oscillation digitale de la batterie neuropsychologique de Halstead-Reitan (Reitan et Davidson, 1974); et deux tests sélectionnés à partir de la batterie neuropsychologique du Michigan (Smith, 1978), nommément la planche de Purdue et le test de simulation simultanée simple et double.

Description des tests moteurs et somato-sensoriels

Examen de dominance latérale

L'examen de dominance latérale vise à déterminer la préférence manuelle, oculaire et pédestre du sujet. Par contre, seule l'identification de la dominance manuelle s'avère être pertinente dans le contexte présent où la modalité tactile est étudiée. Ainsi seules les demandes de stimulations d'actions quotidiennes se rattachant à l'usage de la main ont été retenues. Ces simulations regroupent un ensemble de gestes très simples tels que: dessiner ou écrire son nom, découper une forme quelconque, effacer, ou lancer une balle. Ces gestes sont reproduits suite à la consigne suivante: "montre-moi comment tu ...". Ces activités étant habituellement exécutées par la main dominante, la main utilisée spontanément par les enfants est notée.

Examens moteurs

L'épreuve d'oscillation digitale (Finger-Tapping Test) est une mesure de dextérité manuelle. Ce test est principalement conçu pour détecter la présence d'une organicité latéralisée et permet également d'obtenir un indice additionnel de la dominance manuelle. La tâche du sujet consiste à taper avec l'index, le plus rapidement possible, sur une clé-compteur, en utilisant l'index de la main préférée en premier et ce pendant 5 essais d'une durée de dix secondes chacun. Une brève pause est donnée entre les essais. Une fois l'ensemble des essais complété pour la main préférée la même stratégie est répétée pour l'autre main. Lorsqu'un dommage cérébral est présent il est généralement objectivé par un ralentissement considérable de la fréquence d'oscillations pour la main controlatérale à la localisation de la lésion (Lezak, 1983).

La performance à la planche de Purdue (Purdue Pegboard) est à la fois une mesure de la dextérité manuelle et de la coordination bimanuelle. Dans cette épreuve, le sujet doit placer le plus rapidement possible de petits clous de métal dans des trous perforés dans une planche de bois. Ces trous sont disposés en deux rangées parallèles et verticales. La tâche se fait d'abord avec la main préférée, puis avec la main non-préférée, et enfin , avec les deux mains simultanément. Le nombre de clous correctement placés à 30 et 60 secondes du début de l'essai sont notés.

Examen somato-sensoriel

Le test de stimulation simultanée simple et double (Face-Hand Test) vise à déterminer la sensibilité somato-sensorielle au niveau proximal (figure) et distal (mains) du sujet via un test de reconnaissance et de discrimination tactile. Le sujet doit garder les yeux clos pendant toute la durée des essais de stimulation. La tâche de ce dernier consiste à pointer la ou les partie(s) de son corps ayant été touchée(s) par l'expérimentateur. La stimulation consiste en une légère pression cutanée, effectuée sur une main ou sur une joue (stimulation "simple") ou sur les deux mains , les deux joues , ou la main et la joue ipsilatérales ou controlatérales (stimulation "double"). Les erreurs pouvant être commises sont de trois types; extinction, addition et déplacement. Les erreurs d'extinction ou d'inattention ou de suppression sensorielle sont les plus fréquentes et surviennent habituellement avec la présence d'un dommage pariétal droit. Si lésion il y a, les stimulations appliquées du côté controlatéral à l'hémisphère atteint seront ignorées en situation simultanée mais ne le seront pas nécessairement en stimulation simple. Une addition, comme le terme l'indique consiste en l'ajout d'un site qui en réalité n'a pas été stimulé. Finalement un déplacement survient lorsqu'en stimulation double l'un des sites de stimulation est interchangé pour un autre qui n'a reçu aucune stimulation. Ce type d'erreurs apparaît généralement dans les cas de dommage cérébral diffus (Lezak, 1983).

L'administration de ces tests s'est fait au laboratoire de neuropsychologie de l'Université dans une pièce de dimension moyenne (3

m. x 4 m.). La durée de passation de l'ensemble des tests préliminaires varie généralement de 20 à 30 minutes.

Puisque certains enfants n'ont pu obtenir des résultats dans les limites de la normale à certains des tests préliminaires, le nombre de sujets par groupe a été réduit à 16 afin de conserver un niveau d'homogénéité adéquat à l'intérieur de chacun des groupes. Par contre, aucun de ces résultats pouvaient permettre de soupçonner une organicité quelconque chez ces enfants .

Matériel

L'ensemble, très simple, des dispositifs employés pour la passation de chacun des tests comprend: une cache, qui permet le contrôle des paramètres de la vue, un tapis de mousse néophrène pour éliminer les indices auditifs provenant du contact possible des stimuli avec la surface de la table d'expérimentation, ainsi qu'une série de 30 objets familiers et une série de huit solides de formes tridimensionnelles en bois.

La cache est constituée d'une simple boîte de carton peinte en bleu foncé, de 28 cm. de hauteur par 21 cm. de profondeur et 50 cm. de largeur dont une des deux grandes faces est enlevée (coté expérimentateur). L'autre grande face (coté sujet) est percée dans le bas de deux trous en demi-lune de 6.5 cm. de rayon et espacés de 28 cm. centre à centre. Ces deux ouvertures permettent le passage des mains du sujet pour atteindre les stimuli. Le tout constitue une voute étanche à l'oeil du sujet. Le tapis d'isolation est posé sur la face interne de la boîte.

Les stimuli employés dans cette recherche sont de deux types; objets familiers et formes à trois dimensions. Tous les stimuli sont d'une taille qui se prête facilement à l'exploration avec une seule main. Des solides de formes tridimensionnelles composent les stimuli du test d'appariement de formes et de stéréognosie bimanuelle et unimanuelle. Ils sont fabriqués de bois et sont de volume équivalent (environ 32.8 cm.³ soit 3.2 cm. de coté environ). Dans la condition d'appariement, huit solides, deux pyramides, deux cubes, deux sphères et deux briques sont tour à tour combinés pour constituer huit paires de formes identiques et huit paires de formes différentes. Chacune des 16 paires (16 essais) ainsi formée est présentée aux sujets dans un ordre aléatoire selon une adaptation des tables de Gallerman.

Le protocole utilisé pour la condition expérimentale de stéréognosie unilatérale est composé à partir des mêmes formes trigonométriques utilisées dans l'élaboration du protocole précédent. Ces dernières sont présentées six fois chacune, pour un total de 24 essais, de façon à ce que chaque main reçoive les mêmes stimuli, avec la même fréquence mais dans un ordre toujours aléatoire.

Trente objets familiers (eg. crayon, brosse à dent, clé) sont utilisés pour le test d'appariement d'objets. Ces objets sont de plastique, de papier, de verre ou de métal. Ils sont groupés de façon à former 10 paires d'objets identiques et 10 paires d'objets différents pour ainsi constituer un protocole de 20 essais où l'ordre de présentation des essais est encore une fois aléatoire. Une attention particulière est portée à la formation des paires

d'objets différents où les paramètres de grandeur, poids et température ont été contrôlés dans la mesure du possible.

De ces 30 objets 20 sont retenus d'une manière aléatoire pour former le protocole expérimental de stéréognosie unimanuelle. Ce protocole d'identification verbale de stimuli comprend 20 essais. La totalité des stimuli est présenté en alternance à la main droite et à la main gauche encore une fois de façon aléatoire.

Par ailleurs, l'utilisation de ces deux catégories de stimuli se retrouvent dans trois des conditions expérimentales qui sont: 1) stéréognosie de formes et d'objets présentés unimanuellement 2) appariement intermanuelle de formes et appariement intermanuelle d'objets 3) stéréognosie de formes et d'objets présentés bimanuellement. La quatrième condition expérimentale ne requiert aucun stimulus particulier puisqu'il s'agit d'un test de localisation intra- et inter-maniuelle de stimulation tactile. Chaque condition comprend 24 essais répartis également entre les deux mains. L'ordre dans lequel les doigts sont stimulés ainsi que le choix de la main sont déterminés d'une manière aléatoire. Par contre, les quatre protocoles suivants sont administrés dans un ordre fixe, soit: localisation intra-manielle en vision libre; localisation intra-manielle sans vision; localisation inter-manielle en vision libre; localisation inter-manielle sans vision. Les protocoles des diverses épreuves expérimentales figurent en appendice A.

Procédure

Le recrutement des sujets a été rendu possible grâce à la collaboration étroite de la direction des écoles des quartiers visés. La même approche a été utilisée pour chacune des écoles contactées. Un premier contact téléphonique était établi avec le directeur des institutions scolaires dans le périmètre déterminé visant à donner une ébauche succincte du projet. Suite à la manifestation d'un certain intérêt de la part de la direction, un rendez-vous était fixé avec la personne responsable afin d'expliquer plus en détail le but poursuivi par la présente recherche. Conséquemment à l'obtention de l'autorisation d'inclure les enfants fréquentant l'école contactée dans l'échantillon expérimental, une lettre explicative du projet muni d'un billet de retour était acheminée aux parents via la distribution des communiqués scolaires. Les parents désireux de laisser leur enfant prendre part à cette recherche signaient le billet de retour en prenant soin de bien inscrire le nom et la date de naissance de l'enfant ainsi que leur numéro de téléphone à la maison et au bureau en cas de besoin. En ce qui concerne l'école primaire anglophone la lettre était rédigée dans les deux langues officielles. Ces lettres figurent en appendice B.

Par la suite, l'expérimentateur entrait en communication téléphonique avec les parents pour s'entendre sur les modalités de rencontre. La date et l'heure étaient fixées à leur entière convenance. Le transport des enfants étaient assumé par l'expérimentateur sauf dans les cas où le parent préférait conduire et/ou attendre son enfant.

L'expérimentation se tenait au laboratoire de neuropsychologie à l'Université du Québec à Trois-Rivières. La passation de l'ensemble des tests s'effectuait par le même expérimentateur pour un même enfant étant soit l'expérimentateur principal ou l'assistante de recherche. Pour assurer l'uniformité dans la passation des divers tests, l'assistante de recherche avait dû s'exercer avec quelques enfants ne faisant pas partie du groupe expérimentale et ce sous la surveillance étroite de l'expérimentateur principal, avant de pouvoir procéder à l'expérimentation comme telle.

Les sessions de travail se divisent en une première session d'environ 30 minutes suivie d'une pause de 10 minutes, permettant la correction des tests préliminaires, et d'une deuxième session de travail d'une durée approximative de 45 minutes. Durant la pause, une légère collation était offerte à l'enfant et si ce dernier le désirait il pouvait bénéficier d'une courte visite guidée des lieux. Par ailleurs, indépendamment des résultats obtenus aux tests préliminaires, chaque sujet est soumis aux tests expérimentaux afin de prévenir le développement d'un sentiment d'inadéquacité chez l'enfant. Au retour de l'enfant dans la salle d'expérimentation, le matériel expérimental est déjà disposé sur la table et invisible à l'enfant. Celui-ci est alors invité à s'asseoir face à la cache et à prendre la position requise pour le test courant. L'expérimentateur poursuit en donnant les consignes du test expérimental. L'ordre de passation des différents tests est également réparti d'une manière aléatoire afin de pallier à un effet d'adaptation pour le premier test administré pouvant ainsi causer des biais expérimentaux.

Tests expérimentaux

1) Stéréognosie unimanuelle

Ce test s'effectue également sans l'aide de la vision. La consigne suivante est donnée une fois le sujet convenablement installé; " Je vais te déposer un objet (ou une forme en bois) dans l'une de tes mains et je veux que tu essaies de deviner ce que c'est. Tu dois faire cela le plus vite possible mais assure-toi que ta réponse soit bonne avant de me la donner. Laisse tes deux mains bien ouvertes car tu ne sauras jamais à l'avance quelle main va recevoir un objet (ou une forme)." Par la suite l'expérimentateur dépose le premier stimulus sur les doigts allongés du sujet et actionne simultanément le chronomètre digital. Suite à l'identification verbale du stimuli présenté, le chronomètre digital est arrêté. L'exactitude des réponses fournies, le temps requis pour exécuter la tâche et la qualité de la manipulation sont notés.

2) Appariement intermanuel de formes et appariement intermanuel d'objets

Le sujet s'installe confortablement face à la cache et est invité à glisser ses mains à l'intérieur de la boîte, par les ouvertures destinées à cette fin. L'enfant ouvre grand les mains, les paumes vers le haut, les doigts légèrement espacés, pour faciliter la prise des stimuli. L'expérimentateur donne alors la consigne suivante: " Je vais te placer dans les mains deux objets (ou formes en bois) et je veux que tu me dises s'ils sont identiques ou différents. Tu essaies de faire ça le plus rapidement possible mais tu dois t'assurer de l'exactitude de ta réponse avant de me la communiquer."

Les stimuli constituant une paire sont par la suite présentés simultanément à chacune des mains du sujet. A ce moment précis l'expérimentateur actionne le chronomètre digital. L'enfant doit alors indiquer verbalement si les stimuli sont pareils ou différents. A ce moment le chronomètre est arrêté. Le temps requis et l'exactitude des réponses fournies sont notés.

3) Stéréognosie bimanuelle

Cette épreuve n'est que le prolongement du test expliqué précédemment où le sujet, après avoir répondu par les mots "pareil ou différent" à la présentation tactile des stimuli, identifie verbalement les objets ou les formes qu'il tient encore dans les mains. Suite à chacune des réponses données aux tests d'appariements, l'expérimentateur continue en disant: " maintenant peux-tu me dire ce que tu tiens dans tes mains". La main se rapportant à la première identification verbale ainsi que le nombre de bonnes réponses sont notés sur les mêmes protocoles utilisés pour les épreuves d'appariements de formes ou d'objets.

4) Localisation intra-manielle et inter-manielle

Le sujet est installé à la table d'expérimentation, face à l'expérimentateur. Il dépose ses mains sur la table, paumes vers le haut, les doigts légèrement étendus. L'expérimentateur applique alors une légère pression cutanée d'une demi-seconde sur le segment distal d'un doigt avec la pointe d'un crayon. Le sujet doit repérer et indiquer à l'aide du pouce de

cette même main (localisation intra-manielle) la zone touchée. Une fois cette première tâche bien réussie on invite le sujet à passer ses mains à l'intérieur de la cache et le protocole expérimental lui est administré. La tâche du sujet demeure la même, par contre, dans cette condition, il ne peut bénéficier d'une assistance oculaire. Par la suite, le sujet retire les mains de la boîte et les redépose sur la table comme il lui a été montré pour le premier protocole. Ici, suite à une stimulation du segment distal de l'un de ses doigts, le sujet doit identifier ce lieu de stimulation sur le doigt correspondant de l'autre main en utilisant le pouce de cette dernière (localisation inter-manielle). Une fois que l'expérimentateur s'est assuré que l'enfant comprend bien cette nouvelle tâche, le deuxième protocole expérimental lui est administré et cette fois-ci sans l'aide d'indices visuels. L'exactitude ou l'inexactitude des réponses fournies sont notées.

Chapitre III

Analyse des résultats

Le présent chapitre rapporte en premier lieu les résultats obtenus aux divers tests préliminaires pour l'ensemble des sujets. En second lieu, sont rapportées, les analyses statistiques effectuées sur les données expérimentales soit les pourcentages de bonnes réponses et les temps de réponse correspondants, ainsi que les résultats statistiques observés. Les données brutes pour chacun des sous-tests présentés ci-après sont rapportées en Appendice C.

Méthode d'analyse

La méthode d'analyse statistique utilisée consiste en des analyses de la variance à plan factoriel à deux et trois dimensions et à mesures répétées, incluant trois groupes expérimentaux. Ce type d'analyse permet d'estimer la variance inter-groupes en fonction de leurs moyennes ainsi que la variabilité intra-groupe en fonction des performances obtenues par les sujets dans les différentes dimensions mesurées.

Transformations préliminaires des mesures expérimentales

Les données empiriques recueillies dans cette recherche se regroupent sous deux formes soit le nombre de bonnes réponses et les temps de réponses. En ce qui a trait à la nature de la réponse, un pourcentage de bonnes réponses est d'abord calculé pour chacun des sujets. Les données

ainsi obtenues sont ensuite transformées en leur valeur angulaire (Winer, 1971). Cette transformation est indiquée puisque les données correspondent à des variables binomiales, où la variance est fonction de la moyenne. Ainsi l'effet visible d'une telle transformation est de prévenir toute corrélation entre la variance et la moyenne, tout en réduisant les effets possibles de plafonnement et d'asymétrie typiques de variables binomiales (Sokal et Rolf, 1969).

En ce qui concerne les données exprimant les temps de réponse, ces derniers subissent également une transformation afin de rendre encore la variance indépendante de la moyenne. Dans le cas présent la transformation consiste à prendre le logarithme des médianes en millisecondes, lesquelles ont été calculées à partir des données brutes (Winer, 1971).

Les données ainsi transformées peuvent maintenant être soumises à des analyses statistiques plus sophistiquées telles que des analyses de variance.

Résultats aux tests préliminaires

Comme il l'a déjà été mentionné, l'inclusion d'un sujet à l'intérieur de l'un des groupes expérimentaux est fonction de l'obtention de résultats dans les limites de la normale aux divers tests préliminaires ainsi que de la démonstration d'une préférence manuelle à droite.

Suite à l'examen de dominance latérale, deux sujets du groupe des 8-9 ans et quatre sujets du groupe des 11-12 ans ont du être exclus de l'échantillon expérimental puisqu'ils présentaient une dominance manuelle à gauche. Par

contre pour fin de présentation des résultats préliminaires, les résultats de ces derniers sont inclus dans le calcul des moyennes.

Examens moteurs

Les résultats obtenus à l'examen des fonctions motrices pour l'ensemble des sujets sont présentés aux tableau 1 sous forme de moyennes pour chaque groupe d'âge. L'inspection des données se rapportant au test d'oscillation digitale présente un portrait cohérent avec les normes déjà établies où des résultats croissants sont obtenus avec l'avancement en âge des sujets et où la main dominante obtient de meilleures performances comparées à la main non-dominante. Les résultats individuels tels que présentés en appendice démontrent des performances uniformes et au-dessus des limites de la normale pour l'ensemble des sujets examinés. De plus l'effet de latéralité est confirmé par l'obtention de résultats supérieurs pour la main droite.

En ce qui a trait au test de la planche de Purdue, les moyennes présentées au tableau 1 indiquent les résultats obtenus après 60 secondes pour la main préférée, la main non-préférée ainsi que pour les deux mains utilisées simultanément. Ces résultats s'instaurent dans les normes établies par Goldberg et Smith (1976). Les meilleures performances sont atteintes lorsque la main préférée est utilisée pour effectuer la tâche et les scores les moins élevés sont obtenus lorsque le sujet utilise ses deux mains simultanément. Suite à cet examen de dextérité manuelle et de coordination bimanuelle, six sujets du groupe des 5-6 ans et 4 sujets du groupe des 8-9 ans ont été identifiés comme ayant des difficultés comme le démontre leur

performance sous les limites de la normale. Les sujets faisant partie du groupe des 11-12 ans ont tous réussi cette tâche avec succès.

Tableau 1

Nombre moyen de réussites de chacun des trois groupes aux tests d'oscillation digitale et de la planche de Pudue

Groupe	Oscillation digitale		Purdue ¹		
	Main gauche	Main droite	P60	NP60	D60
5-6	28,43 (23,60) ²	32,09 (26,00)	20 (16)	18 (12)	15 (12)
8-9	38,75 (31,00)	43,21 (34,30)	27 (22)	24 (18)	21 (17)
11-12	45,90 (31,70)	50,41 (34,30)	30 (24)	28 (19)	24 (17)

1 Le symbole P signifie main préférée, NP main non-préférée et D les deux mains simultanément.

2 Les chiffres entre parenthèses représentent les scores dans les limites de la normale.

Examen somato-sensoriels

L'examen des fonctions somato-sensorielles révèle des difficultés chez deux sujets du groupe des 5-6 ans et chez un enfant du groupe des 8-9 ans. Ces derniers ont atteint des niveaux de réussite de 60 et 65 pourcent à la tâche

de stimulation simultanée. Selon Goldberg et Smith (1976) un total de 4 erreurs correspondant à un niveau de réussite de 80% peut être considéré comme représentant les limites de la normale. Les types d'erreurs que l'on retrouve chez les enfants de ces deux groupes d'âge sont principalement des erreurs d'extinction de la main droite ou de la main gauche en stimulation double.

Résultats aux tests expérimentaux

Localisation intra et inter-manielle

Le tableau 2 réunit les résultats, exprimés en moyenne de réussite, obtenus pour chaque groupe d'âge aux deux tâches de localisation. L'examen de ces données montre des moyennes de réussite supérieures en intra pour l'ensemble des sujets. Ceux-ci éprouveraient moins de difficulté à exécuter la tâche en intra qu'en inter-manuel. En examinant les données et en tenant compte cette fois-ci des différents groupes expérimentaux, on s'aperçoit que les enfants en bas âge atteignent des performances identiques en intra et en inter-manuel. Par ailleurs les plus vieux semblent effectuer la tâche en inter-manuel avec beaucoup plus d'aisance que les plus jeunes. Cependant, l'écart de performance entre les deux tâches continue de montrer la supériorité de tous les sujets dans la tâche intra-manielle.

Tableau 2

Nombre moyen de réussites de chacun des trois groupes aux tâches de localisation intra et inter-manuelle

Groupe	Intra-manuelle	Inter-manuelle
5-6	66,81 ¹	66,50
8-9	82,21	73,23
11-12	86,74	78,19

¹Les moyennes ici rapportées sont en valeur angulaire

L'analyse de variance (appendice D) vient confirmer l'effet significatif de groupes ($F = 12,88$, $p < .01$) impliquant l'obtention progressive de meilleurs résultats lorsque l'enfant avance en âge quelle que soit la dimension de la tâche. Un niveau de difficulté significativement moindre pour la tâche en intra-manuel est également démontré par cette analyse de variance ($F = 16,11$, $p < .01$). La figure 1 illustre ces deux effets significatifs.

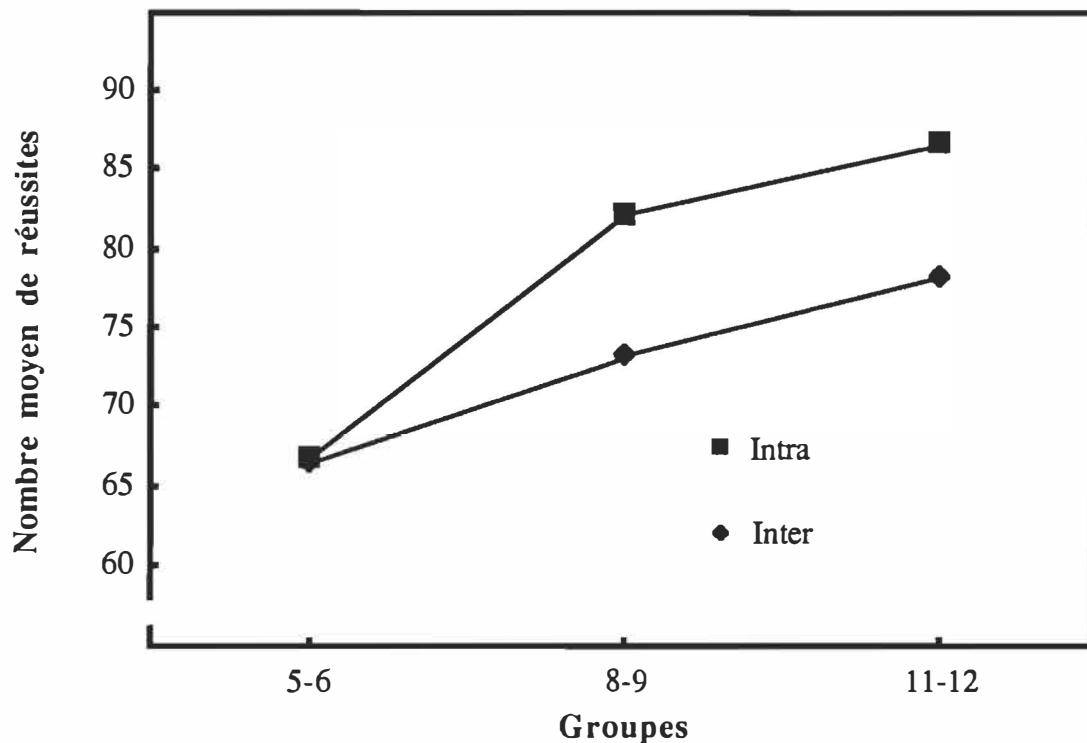


Fig. 1 - Nombre moyen de réussites obtenues par chaque groupe de sujets aux deux tâches de localisation.

Les tableaux 3 et 4 présentent les résultats de ce test de localisation mais cette fois-ci sous la forme du nombre d'erreurs commises par chaque main. Il met en évidence les lieux de stimulation sensorielle les plus difficiles à identifier tant en intra qu'en inter-manuel pour les trois groupes d'âge. Indépendamment des deux dimensions testées et des groupes d'âges considérés, la main droite et la main gauche commettent sensiblement le même nombre d'erreurs. Une exception est remarquée par contre pour le groupe des 5-6 ans en inter-manuel où la main droite a un pourcentage d'erreurs de 12.5% comparée à la main gauche qui elle obtient un taux d'erreurs de 7.81%. De plus l'examen de ces données indique que le type d'erreurs commises le plus fréquemment se retrouve au niveau de la confusion entre le troisième et le quatrième doigt. A titre d'exemple une stimulation du troisième doigt sera rapportée comme ayant été perçue sur le quatrième doigt et vice versa. Ce type d'erreurs ressort avec prédominance dans les deux niveaux de la tâche et sur les deux mains. Il est aussi le seul type identifié chez les sujets plus âgés. Chez les enfants de 5-6 ans en plus de la confusion entre le troisième et le quatrième doigt on retrouve également une confusion entre le deuxième et le troisième et entre le deuxième et le quatrième doigts lorsque le deuxième est le site de la stimulation.

Tableau 3
Nombre d'erreurs commises par les trois groupes sur chaque type d'erreurs
dans la tâche de localisation intra-manielle

Groupe	Mains	Types d'erreurs (/12)											% d'erreurs	
		2-3	2-4	2-5	3-2	3-4	3-5	4-2	4-3	4-5	5-2	5-3		
5-6	D	5	3	1	--	6	--	2	7	1	2	--	--	7,03
	G	6	5	2	1	7	--	--	8	--	--	--	--	7,55
8-9	D	--	1	--	1	1	--	--	4	--	--	--	--	1,82
	G	--	3	--	--	3	--	--	2	--	--	--	--	2,08
11-12	D	--	1	--	--	2	--	--	--	--	--	--	--	0,78
	G	--	--	--	--	1	--	--	2	--	--	--	--	0,78

Tableau 4
Nombre d'erreurs commises par les trois groupes sur chaque type d'erreurs
dans la tâche de localisation inter-manielle

Groupe	Mains	Types d'erreurs (/12)												% d'erreurs
		2-3	2-4	2-5	3-2	3-4	3-5	4-2	4-3	4-5	5-2	5-3	5-4	
5-6	D	13	8	2	--	9	1	1	8	1	--	--	--	11,98
	G	4	1	--	3	2	--	1	14	4	--	--	--	7,81
8-9	D	3	2	--	2	7	--	--	7	--	--	--	--	5,47
	G	1	--	--	2	5	--	--	13	--	--	--	--	5,47
11-12	D	--	--	--	3	4	--	1	3	--	--	--	--	2,86
	G	--	--	--	--	5	--	--	8	--	--	--	--	3,65

Stéréognosie unimanuelle

Le tableau 5 indique les moyennes de réussite exprimées en valeur angulaire et les temps de réponse sous forme logarithmique pour la tâche de dénomination unimanuelle. Les données sont rapportées selon le type de stimulus utilisé; soit les formes géométriques ou les objets communs, et la main employée pour faire l'identification de ces stimuli.

Les moyennes obtenues pour le nombre de bonnes réponses en dénomination de formes correspondent à une performance de 100% et ce indépendamment du groupe et de la main utilisée. Ainsi il est possible de constater la grande facilité éprouvée par tous les sujets pour cette tâche. Lorsque les taux de bonnes réponses obtenus pour les objets communs sont considérés, on s'aperçoit que ces derniers sont inférieurs et semble favoriser l'obtention de meilleures performances lorsque la main droite est utilisée. Egalement , il est possible de constater une tendance croissante des résultats parallèlement à l'âge croissant des sujets. Les temps de réponse semblent appuyer l'effet de latéralité perçu au niveau des bonnes réponses favorisant la main droite, puisque des temps plus longs sont observés pour la main gauche et ce dans les deux catégories de stimuli et pour les trois groupes. De plus, des temps progressivement plus courts sont obtenus avec l'avancement en âge indiquant encore une fois la supériorité des sujets plus âgés. Finalement on observe des temps de réponse plus longs pour l'identification d'objets communs comparativement à l'identification de formes démontrant un niveau de difficulté supérieure de cette tâche.

Tableau 5

Nombre moyen de bonnes réponses et de latences de chacun des trois groupes
dans la tâche de stéréognosie unimanuelle de formes et d'objets

Groupe	Bonne réponse				Latence			
	Formes		Objets		Formes		Objets	
	M.D.	M.G	M.D.	M.G	M.D	M.G	M.D	M.G
5-6	88,48 ¹	90,00	82,07	67,33	2,12 ²	2,14	2,26	2,32
8-9	90,00	90,00	78,85	77,69	1,99	2,06	2,17	2,21
11-12	90,00	90,00	86,03	80,78	1,85	1,84	2,07	2,08

¹ Valeurs angulaires

² Valeurs logarithmiques

Un effet significatif de groupes est identifié pour la première analyse de variance portant sur le nombre de bonnes réponses ($F = 4,37$, $p < .01$). Par contre cet effet doit être interprété avec précaution puisque l'on retrouve des performances plafonnées chez les trois groupes en dénomination de formes. Cependant, cet effet de groupes est également significatif dans l'analyse portant sur les temps de réponse ($F = 22,05$, $p < .01$) lesquels ne subissent aucun effet de plafonnement. Ainsi il est possible de conclure que les enfants

plus âgés réussissent la tâche avec plus d'aisance que les plus jeunes. La différence perçue préalablement entre les performances obtenues en dénomination de formes et celles obtenues en dénomination d'objets est fortement confirmée par l'analyse de variance portant sur les bonnes réponses ($F = 58,21, p < .01$), ainsi que par celle effectuée sur les temps de réponse ($F = 85,59, p < .01$).

En ce qui a trait à la variable de latéralité, l'analyse de variance révèle un effet significatif ($F = 7,82, p < .01$) démontrant la supériorité de la main droite au niveau de l'exactitude des réponses. Par contre cette supériorité manuelle de la main droite n'est pas significative lorsque l'analyse est basée sur les temps de réponse ($F = 3,74, p > .05$). Ces effets significatifs sont présentés à la figure 2.

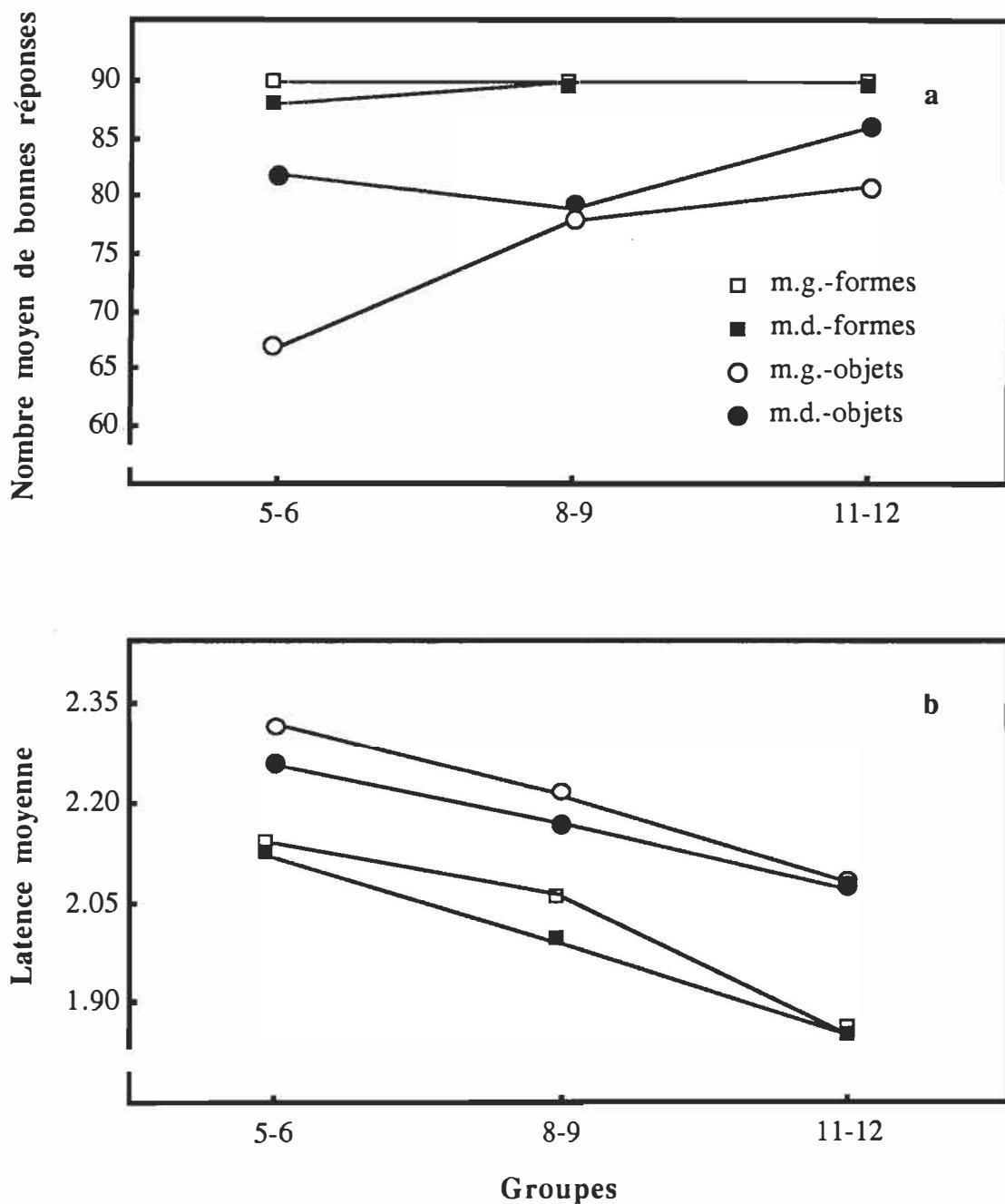


Fig. 2 - (a) Nombre moyen de bonnes réponses, (b) latence moyenne obtenus par chaque groupe de sujets dans la tâche de stéréognosie unimanuelle de formes et d'objets.

Appariement de formes et d'objets

Les données du tableau 6 renferment des informations ayant trait au nombre de bonnes réponses obtenues et aux temps de réponse requis, par les enfants des trois groupes d'âge, pour effectuer des comparaisons de stimuli. Ces données sont également rapportées sous leur forme transformée.

L'inspection des moyennes de réussite, souffre, pour la seconde fois d'un effet de plafonnement dans la catégorie des formes. Par contre, l'obtention de résultats moins élevés pour les stimuli objets permet de percevoir une tendance à la hausse des résultats entre les trois groupes de sujets. Les temps de réponse confirment également cet état de chose. Nous pouvons visualiser facilement au tableau 6 des temps de réponse qui sont considérablement plus court pour la tâche d'appariement de formes que pour la tâche d'appariement d'objets.

Tableau 6

Nombre moyen de bonnes réponses et de latences de chacun des trois groupes
dans la tâche d'appariement bimanuel de formes et d'objets

Groupe	Bonne réponse		Latence	
	Formes	Objets	Formes	Objets
5-6	87,85 ¹	82,39	2,14 ²	2,27
8-9	90,00	84,81	2,03	2,14
11-12	90,00	89,19	1,90	1,98

¹ Valeurs angulaires

² Valeurs logarithmiques

Les analyses de variance effectuées sur le taux de bonnes réponses et les temps de latence montrent toutes les deux un effet groupes ($F = 5,21$, $p < .01$) indiquant l'obtention de meilleures performances par les sujets plus vieux et une vitesse d'exécution de la tâche significativement supérieure ($F = 21,10$, $p < .01$) pour ces derniers. Le deuxième facteur impliqué dans l'analyse, soit le matériel utilisé, obtient aussi un effet significatif favorisant de meilleurs résultats lorsque la tâche est exécutée avec les formes et ce tant au niveau de

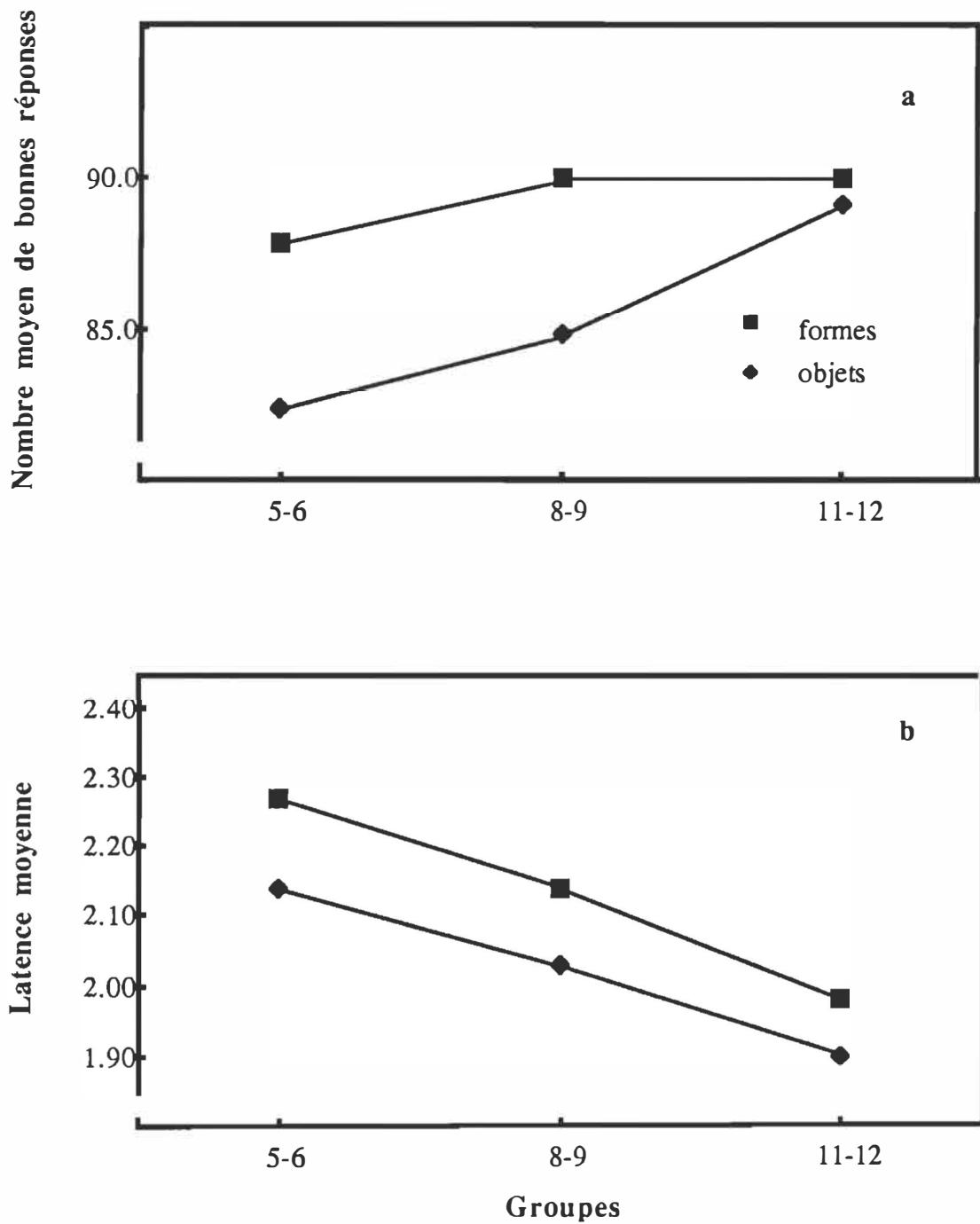


Fig. 3 - (a) Nombre moyen de bonnes réponses, (b) latence moyenne obtenus par chaque groupe de sujets dans la tâche d'appariement bimanuel de formes et d'objets.

l'exactitude des réponses qu'au niveau de la vitesse de réponse. La figure 3 illustre ces effets significatifs.

Stéréognosie bimanuelle

Les résultats de l'épreuve de stéréognosie bimanuelle sont présentés au tableau 7. Les moyennes transformées qui y sont rapportées pour les trois groupes expérimentaux concernent les identifications correctement effectuées utilisant la main droite ou la main gauche et ce, pour les deux types de stimuli. Un premier examen de ce tableau fait ressortir clairement l'effet de plafonnement retrouvé pour la catégorie de formes. En considérant la performance de chacun des groupes il semble que les plus vieux effectuent la tâche avec plus d'aisance que les enfants de 5 et 6 ans. Par contre la main droite ne semble pas se démarquer de la main gauche en ce qui a trait au nombre de bonnes réponses données.

Tableau 7

Nombre moyen de bonnes réponses obtenues par les trois groupes dans la tâche de stéréognosie bimanuelle de formes et d'objets

Groupe	Formes		Objets	
	Main Droite	Main Gauche	Main Droite	Main
	Gauche			
5-6	90,00 ¹	88,73	70,89	73,64
8-9	90,00	90,00	80,82	79,51
11-12	90,00	90,00	87,70	82,58

¹Valeures angulaires

L'analyse de variance vient confirmer une fois de plus l'effet groupe ($F = 8.59$, $p < .01$) tel que retrouvé pour l'ensemble des tests administrés. Une différence significative au niveau du matériel utilisé est également présente démontrant le niveau de facilité associé à l'utilisation des formes. Aucune différence significative n'a été perçue pour la latéralité impliquant l'obtention de performance identique pour les deux mains. Ces effets significatifs sont présentés à la figure 4.

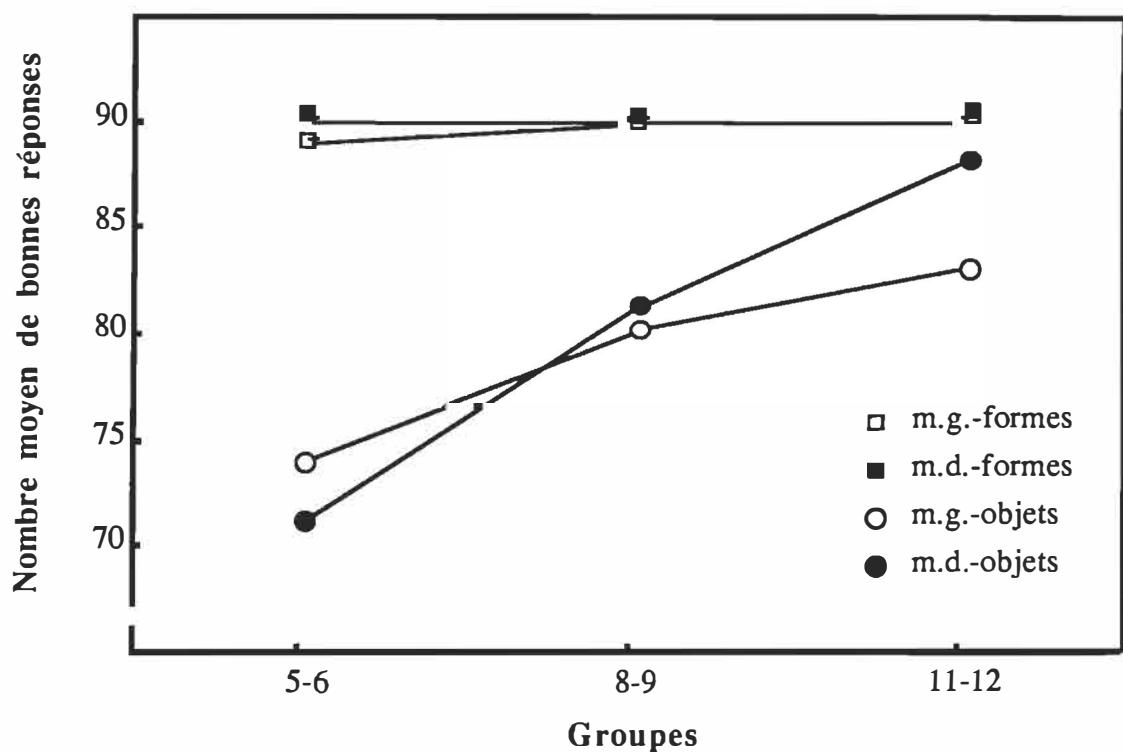


Fig.. 4 - Nombre moyen de bonnes réponses obtenues par chaque groupe de sujets dans la tâche stéréognosie bimanuelle de formes et d'objets.

Chapitre IV
Interprétation des résultats et discussion

Les résultats obtenus auprès des trois groupes d'enfants d'âge scolaire, niveau primaire, suggèrent que les plus jeunes enfants peuvent dépendre du rendement intégratif des voies spinothalamiques ipsilatérales afin d'exécuter des tâches à composante topographique. Dans les tâches de localisation, les jeunes enfants de cinq et six ans commettent sensiblement le même nombre d'erreurs lorsqu'ils doivent identifier quel doigt subit une stimulation du segment distal (intra-manielle) ou lorsqu'ils doivent en plus, transposer cette information sur l'autre main (inter-manielle). Ces résultats confirment l'hypothèse de départ voulant que des performances équivalentes, en terme de bonnes réponses, soient obtenues chez les enfants de moins de dix ans dans les tâches de localisation intra- et inter-manielle. Ainsi, il est légitime de croire en l'existence et en l'utilisation fonctionnelle des voies ipsilatérales chez les jeunes enfants normaux.

De plus, bien que tous les sujets démontrent un niveau de facilité supérieure dans l'exécution de la tâche en intra-manuel, on remarque une augmentation des performances en inter-manielle qui croît avec l'âge. Cette augmentation des performances pourrait correspondre aux cycles de myélinisation du corps calleux qui devrait être complétée vers la dixième année de vie (Yakovlev et Lecours, 1967).

A ce sujet, certains auteurs ont attribué un rôle inhibiteur au corps calleux qui avec l'avancement en âge de l'enfant et conséquemment la myélinisation du corps calleux, exercerait une action inhibitrice sur ces voies spinothalamiques pour permettre une communication exclusivement intercalleuse (Lawrence et Hopkins, 1972; Jeeves, 1986). Ceci pourrait expliquer la facilité accrue des plus vieux dans une tâche inter-manielle, dénotant par là, la prise en charge de l'information par le système lemniscal et par la commissure calleuse qui gagne en maturité. Dennis (1976) soutient pour sa part que les voies ipsilatérales chez les sujets normaux sont inhibées avec l'évolution de la dextérité manuelle. Si la dextérité manuelle évolue avec l'âge, les explications de cette auteure rejoignent la ligne de pensée de Lawrence et Hopkins (1972) et celle de la présente recherche.

D'un point de vue électrophysiologique, ces dires ont pu être vérifiés par Salamy (1978) qui, à l'aide des potentiels évoqués somesthésiques, a pu démontrer que les délais de transmission calleuse diminuent avec l'âge et conséquemment avec la maturation du corps calleux. De plus Laget et ses collaborateurs (1977) sont portés à croire en l'existence d'une source indépendante de potentiels somesthésiques homolatéraux.

Au niveau comportemental, les résultats de Galin et al. (1977) ainsi que de Quinn et Geffen (1986), obtenus pour des tâches de localisation croisée et non-croisée, favorisent l'hypothèse d'une augmentation fonctionnelle progressive du corps calleux qui inévitablement prédominerait sur un système secondaire de communication des informations sensorielles. Par

contre, ces auteurs dénotent une différence de performance plus marquée entre les tâches de localisation croisée et non-croisée que celle retrouvée dans cette recherche en ce qui a trait aux sujets de cinq et six ans. Cependant , il est possible d'expliquer cette contradiction par le fait que Galin stimulait non seulement le segment distal de chaque doigt mais aussi les segments médian et proximal, ce qui augmentait sensiblement le niveau de difficulté de la tâche. Cette exigence requiert une analyse discriminative plus fine pouvant démontrer les limites de cette voie secondaire.

En ce qui concerne le nombre d'erreurs commises par chaque main dans la tâche de localisation inter-manielle, une exception est remarquée pour les sujets de cinq et six ans, où la main droite obtient un taux d'erreurs légèrement plus grand que pour la main gauche. Chez les deux autres groupes un pourcentage d'erreurs semblables est enregistré indépendamment de la main testée. Ce phénomène peut être expliqué en terme de qualité d'acheminement d'information. Le rendement d'acheminement d'information pourrait être meilleur lorsque l'information provient de la main dominante puisque celle-ci possède plus de capacités discriminatives et peut conséquemment transmettre une plus grande quantité de stimulation. Finalement, l'analyse qualitative des types d'erreurs commises est représentative des erreurs rencontrées sur le plan clinique (Lezak, 1983).

Le rôle fonctionnel des voies croisées et le cycle de maturation de la commissure calleuse peuvent être observés dans des tâches de stéréognosie unimanuelle. Les résultats obtenus à cette épreuve, chez les enfants de cinq et six ans démontrent la facilité apparente de la main dominante droite à identifier correctement un stimulus. Cette supériorité manuelle était anticipée. Nous avions prévu que la voie croisée du système lemniscal contribuerait fortement à l'acheminement des informations requérant une analyse discriminative fine. De plus, cette voie relie directement la main droite au centre du langage localisé dans l'hémisphère gauche. Également, avec la maturation des fibres calleuses, on s'attendait à ce que cette différence inter-maniuelle s'estompe graduellement puisque le corps calleux serait apte dorénavant à assurer le transfert interhémisphérique de l'informatin tactile.

Les résultats obtenus confirment cette hypothèse puisque l'écart de performance apparu entre les deux mains chez les jeunes sujets, diminue progressivement avec l'avancement en âge. De plus, en examinant les données non pas en terme de bonnes réponses mais cette fois-ci en terme de latence, nous entrevoyions une tendance similaire. Les temps de latence tendent à être plus courts lorsque la tâche est exécutée avec la main droite. Par contre, cet effet n'est pas confirmé par l'analyse de variance. Ceci peut découler d'une légère lacune méthodologique se rapportant aux stimuli eux-mêmes et à la méthode d'enregistrement des temps de latence.

Rappelons ici que les stimuli présentés pour fin d'identification sont de deux types: des formes géométriques et des objets familiers. Tous les tests administrés employant comme stimuli les formes géométriques ont provoqué un effet de plafonnement en terme de bonnes réponses obtenues. Ces stimuli sont donc trop facilement identifiables, même pour des enfants de cinq et six ans. Pour pallier à cet effet, un ensemble plus considérable de formes différentes devrait être utilisé pour éliminer l'effet d'apprentissage. En effet, après quelques essais seulement le sujet pouvait reconnaître quasi instantanément la forme. Il lui suffisait de sentir la forme d'une façon grossière pour lui accorder un nom. Il ne sagissait donc pas d'une exploration fine impliquant tout l'aspect analytique, mais plutôt d'une élimination par comparaison de formes générales, emmagasinées en mémoire. Ainsi toute la dimension d'exploration était perdue, donnant lieu aux résultats obtenus, c'est -à-dire un effet de plafonnement en terme de bonnes réponses, en plus de temps de latence relativement courts ne permettant pas de faire ressortir l'effet de dominance manuelle. De plus, l'expérimentateur utilisait un chronomètre digital. Il était donc difficile d'obtenir des mesures de temps précises considérant les lapses de temps très courts qui devaient être enregistrés.

Finalement, les résultats obtenus à partir de la catégorie de stimuli objets familiers, permettent de vérifier nos hypothèses tant au niveau des bonnes réponses qu'au niveau des temps de latence. Chez les sujets de cinq et six ans un écart de temps fut observé favorisant l'obtention de meilleures performances par la main droite.

Dans une autre étude portant sur les callosotomisés précoces, Lassonde et ses collaborateurs (1986) obtiennent des résultats similaires, suggérant également l'acheminement d'informations tactiles principalement par les voies controlatérales en l'absence fonctionnelle du corps calleux dû à la section chirurgicale des fibres calleuses ou comme dans le cas présent, dû à une myélinisation non complétée.

Le second test de stéréognosie est basé sur les mêmes hypothèses que le test de stéréognosie unimanuelle. Par contre, les données recueillies ne correspondent pas en totalité au résultats attendus. Bien qu'un effet groupe soit observé, démontrant l'obtention progressive de meilleure performance reliée à l'avancement en âge, aucun effet de latéralité n'est confirmé. La main dominante droite obtient des performances légèrement inférieures à la main gauche en terme de bonnes réponses pour le groupe des cinq et six ans. Les enfants de huit et neuf ans obtiennent des résultats équivalents pour les deux mains. Finalement, l'étude démontre une tendance de supériorité de la main dominante chez les plus âgés.

Ce manque de cohérence dans les résultats est explicable en termes méthodologiques. L'examen du protocole de passation montre une négligence de contrebancement stimulus-main, c'est-à-dire qu'un ensemble verre-tasse devrait être présenté tasse-verre par la suite pour ainsi éliminer l'effet additif relatif à la nature même des stimuli. De plus, les objets mentionnés à titre d'exemple ci-haut sont presque toujours confondus par les enfants de cinq et six ans. Le concept tasse et le concept verre sont

confondus en un seul concept: " objet utilisé pour boire". La conjoncture a fait que les objets les plus difficiles à identifier, ont plus souvent qu'à leur tour, été présenté a la main droite. Finalement, aucune attention particulière ne sera accordée aux résultats provenant de l'utilisation des stimulus de formes géométriques, puisqu'un effet de plafonnement très prononcé l' invalide.

En dernier lieu, le test d'appariement d'objets et de formes vient confirmer l'hypothèse d'une augmentation progressive de la qualité du transfert interhémisphérique parallèlement au cycle de myélinisation de la commissure calleuse. Des résultats significativement croissants avec lâge des sujets sont obtenus en terme de bonnes réponses. Des temps de latence de plus en plus courts reflètent également l'apport du corps calleux qui accélère l'exécution de la tâche. Ces résultats sont en parfait accord avec ceux déjà présentés par Galin et al. (1979) qui en employant une tâche similaire de discrimination tactile avait pu démontrer une évolution de la qualité du transfert entre les enfants de trois et cinq ans. Ainsi, nous avons obtenu des valeurs quantitatives démontrant le développement ontogénétique progressif des fibres calleuses sur un plan comportemental. Par ailleurs, afin d'obtenir des données de ce même type pour les voies du système extra-lemniscal, il y aurait lieu de concevoir un test encore plus approprié, qui permettrait de pouvoir faire des comparaisons de traitement d'informations dans des tâches de discrimination intra- et inter-manielle. En adoptant l'hypothèse que l'information sensorielle chez les enfants de moins de dix ans est facilitée grâce à l'utilisation d'un système afférent à co-dominance ipsi et controlatérale plutôt qu'à la seule utilisation d'un

acheminement controlatéral, nous convenons qu'une comparaison intermanuelle aurait ainsi une forte composante analytique intrahémisphérique plutôt qu'exclusivement interhémisphérique.

Ainsi l'objectif d'un prochain projet pourrait être la vérification de l'hypothèse de l'utilisation conjointe des voies somesthésiques ipsi et controlatérales chez l'enfant normal par des tâches de discrimination tactile.

Conclusion

L'importance accordée au rôle du corps calleux dans la communication interhémisphérique est incontestable. A partir d'études chez les adultes ayant subi une section du corps calleux comme moyen thérapeutique pour empêcher la propagation de décharges épileptiformes, il est possible d'identifier une série de symptômes se rapportant au syndrome de déconnexion interhémisphérique (Sperry *et al.*, 1969). Paradoxalement, les études menées chez des patients souffrant d'absence congénitale du corps calleux et chez des callosotomisés précoce ont souvent failli à démontrer ce syndrome (Sauerwein *et al.*, 1981; Lassonde *et al.*, 1988; Lassonde *et al.*, 1986). Ainsi l'hypothèse de la présence de voies d'acheminement d'information alternatives est des plus valides. Les voies alternatives les plus plausibles sont les voies spinothalamiques ipsilatérales du système extra-lemniscal (Dennis, 1976; Mountcastle, 1984). De plus, si ces voies sont fonctionnelles chez les jeunes callosotomisés, il serait plausible de croire en leur présence fonctionnelle chez les enfants normaux de moins de dix ans, puisque le corps calleux atteint sa maturité vers la fin de la dixième année de vie (Yakovlev et Lecours, 1967).

Les résultats de la présente recherche confirment indirectement l'existence fonctionnelle des voies spinothalamiques ipsilatérales comme le démontre l'obtention de résultats équivalents dans les conditions de

localisation intra-et inter-manielle chez les enfants de cinq et six ans. De plus, les résultats obtenus aux tests de stéréognosie unimanuelle permettent de constater le cycle de myélinisation du corps calleux puisque des différences de performance sont obtenues parallèlement à l'avancement en âge des sujets. Ce processus de maturation calleuse est également observé dans le test d'appariement bimanuelle.

Dans un projet ultérieur, il serait intéressant de vérifier l'utilisation de ces voies extra-lemniscales, mais cette fois-ci dans des tâches de discrimination tactile où une comparaison inter-manielle résulterait en une analyse intrahémisphérique plutôt qu'exclusivement interhémisphérique.

Appendice A

Protocoles expérimentaux

NOM :

DATE DE PASSATION :

AGE :

DATE DE NAISSANCE :

SEXE :

DENOMINATION D'OBJETS

<u>ESSAI</u>	<u>MAIN</u>	<u>STIMULUS</u>	<u>REPONSE</u>	<u>TEMPS DE REPONSE</u>
1	D	crayon		
2	D	tasse		
3	G	clé		
4	D	brosse à dents		
5	G	couteau		
6	G	ampoule		
7	G	gomme à effacer		
8	D	baguette		
9	G	épinglette		
10	D	cuillière		
11	G	livre		
12	D	boîte		
13	G	fourchette		
14	G	peigne		
15	D	balle		
16	G	verre		
17	D	assiette		
18	D	lunettes		
19	D	pinceau		
20	G	pelle		

NOM :

DATE DE PASSATION :

AGE :

DATE DE NAISSANCE :

SEXE :

DENOMINATION DE FORMES

<u>ESSAI</u>	<u>MAIN</u>	<u>STIMULUS</u>	<u>REPONSE</u>	<u>TEMPS DE REPONSE</u>
1	D	triangle		
2	D	carré		
3	G	rond		
4	G	carré		
5	D	rectangle		
6	G	rond		
7	D	triangle		
8	G	carré		
9	G	triangle		
10	G	rectangle		
11	D	rectangle		
12	D	rond		
13	D	carré		
14	G	triangle		
15	G	rectangle		
16	D	rond		
17	G	rond		
18	D	triangle		
19	D	rond		
20	G	carré		
21	G	rectangle		
22	G	triangle		
23	D	carré		
24	D	rectangle		

NOM :

DATE DE PASSATION :

ÂGE :

DATE DE NAISSANCE :

SEXE :

PAIRAGE ET DENOMINATION D'OBJETS

<u>ESSAI</u>	<u>STIMULUS</u>		<u>P/D</u>	<u>REPONSE (P/D)</u>
	<u>MD</u>	<u>MG</u>		
1	crayon	-	crayon	P
2	tasse	-	balle	D
3	efface	-	clé	D
4	cuillière	-	cuillière	P
5	pelle	-	tasse	D
6	crayon	-	cuillière	D
7	assiette	-	assiette	P
8	efface	-	efface	P
9	peigne	-	peigne	P
10	ampoule-	balle		D
11	baguette	-	baguette	P
12	couteau	-	crayon	D
13	livre	-	boîte	D
14	lunettes	-	lunettes	P
15	fourchette-	couteau		D
16	cuillière	-	peigne	D
17	tasse	-	verre	D
18	livre	-	livre	P
19	brosse à dents	-	brosse à dents	P
20	clé	-	clé	P

NOM :

DATE DE PASSATION :

AGE :

DATE DE NAISSANCE :

SEXE :

PAIRAGE ET DENOMINATION DE FORMES

<u>ESSAI</u>	<u>STIMULUS</u>		<u>P/D</u>	<u>REPONSE (P/D)</u>
	<u>MD</u>	<u>MG</u>		
1	rond	-	rond	P
2	rectangle	-	rectangle	P
3	carré	-	triangle	D
4	rond	-	triangle	D
5	carré	-	carré	P
6	triangle	-	rectangle	D
7	triangle	-	rond	D
8	carré	-	carré	P
9	triangle	-	triangle	P
10	rectangle	-	rond	D
11	carré	-	triangle	D
12	rond	-	rond	P
13	triangle	-	triangle	P
14	carré	-	rectangle	D
15	rectangle	-	rectangle	P
16	rond	-	carré	D

NOM :

DATE DE PASSATION :

AGE :

DATE DE NAISSANCE :

SEXE :

I Localisation intra-manielle en vision libre

<u>ESSAI</u>	<u>MAIN</u>	<u>DOIGT</u>	<u>REONSE</u>
1	G	4	
2	D	4	
3	D	2	
4	G	5	
5	G	3	
6	D	5	
7	G	5	
8	G	2	
9	D	3	
10	G	4	
11	D	4	
12	D	5	
13	D	2	
14	G	3	
15	D	3	
16	G	2	
17	D	5	
18	G	3	
19	D	4	
20	G	2	
21	D	2	
22	G	5	
23	G	4	
24	D	3	

NOM :

DATE DE PASSATION :

AGE :

DATE DE NAISSANCE :

SEXE :

II Localisation intra-manielle hors de la vue

<u>ESSAI</u>	<u>MAIN</u>	<u>DOIGT</u>	<u>REONSE</u>
1	G	3	
2	D	2	
3	G	5	
4	D	4	
5	G	2	
6	G	3	
7	D	5	
8	G	4	
9	G	2	
10	D	3	
11	D	5	
12	G	4	
13	D	2	
14	D	4	
15	G	5	
16	D	3	
17	D	3	
18	G	3	
19	G	2	
20	G	5	
21	D	2	
22	G	4	
23	D	5	
24	D	4	

NOM :

DATE DE PASSATION :

AGE :

DATE DE NAISSANCE :

SEXE :

III Localisation inter-manielle en vision libre

<u>ESSAI</u>	<u>MAIN</u>	<u>DOIGT</u>	<u>REONSE</u>
1	D	2	
2	D	4	
3	G	3	
4	G	4	
5	G	2	
6	D	5	
7	D	3	
8	G	5	
9	D	4	
10	G	4	
11	D	2	
12	G	5	
13	D	5	
14	D	2	
15	G	3	
16	G	2	
17	D	4	
18	G	2	
19	G	5	
20	G	3	
21	D	5	
22	D	2	
23	G	4	
24	D	3	

NOM :

DATE DE PASSATION :

AGE :

DATE DE NAISSANCE :

SEXE :

IV Localisation inter-manuelle hors de la vue

<u>ESSAI</u>	<u>MAIN</u>	<u>DOIGT</u>	<u>REONSE</u>
1	D	4	
2	G	5	
3	D	3	
4	D	2	
5	G	3	
6	G	4	
7	D	3	
8	D	5	
9	D	2	
10	G	4	
11	D	3	
12	G	3	
13	G	5	
14	D	2	
15	G	3	
16	G	5	
17	D	4	
18	D	5	
19	G	4	
20	D	2	
21	G	4	
22	D	5	
23	G	2	
24	G	2	

Appendice B

Lettres de consentement

Le 26 octobre 1987

Madame,
Monsieur,

En collaboration avec l'Hôpital Ste-Justine de Montréal, nous effectuons au Laboratoire de Neuropsychologie de l'U.Q.T.R. une étude portant sur le développement tactile d'enfants ayant des dommages cérébraux. Evidemment, afin de mieux comprendre ces enfants, il devient important de spécifier les paramètres de développement d'un enfant normal et c'est dans ce contexte que nous sollicitons votre appui.

Pour mener cette recherche à terme, nous avons besoin de trois groupes d'enfants normaux âgés environ de 5 ans, 8 ans et 11 ans. La tâche des enfants consiste à comparer et à nommer des objets qu'ils touchent dans leurs mains.

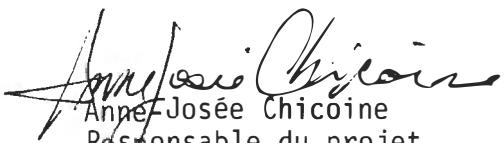
Cette recherche aura lieu à l'Université après les heures scolaires.

L'expérimentation nécessitera approximativement 4 rencontres selon votre convenance.

Nous tenons à vous mentionner que nous recevons l'autorisation et l'appui de la direction de l'école.

Pour toute information, vous pouvez contacter Anne-Josée Chicoine au numéro suivant: 376-5085 ext. 3512.

Si vous êtes intéressé de permettre à votre enfant de participer à ce projet, veuillez signer ce formulaire et le retourner à l'école d'ici jeudi.


Anne-Josée Chicoine
Responsable du projet
/dp


Maryse Lassonde
Chercheur principal

Je suis intéressé à ce que mon enfant _____
participe à cette étude. Date de naissance: _____

Signature: _____
Tél.: maison: _____ Travail: _____

Trois-Rivières
June 15, 1987

In order to help handicapped children, researchers from the University du Québec à Trois-Rivières are comparing normal to brain damaged children in their ability to recognize things by touch.

They need two normal samples of children, one of approximately 8 years old and the other of 12 years old.

Children will be asked to tell the researchers what they are touching and feeling.

The researchers will pick up the children, take them to the University and bring them back home. The testing will be done in 3 visits at your convenience.

Mrs. Maryse Lassonde (Ptito), a parent of a grade 2 child will be supervising the research which is being done by a graduate student.

I would encourage you to help this study and allow your child to participate.

If you are interested please sign this form and return it to the school and we will have the researchers contact you.

W.A. Dousett, principal

I am interested in having my child _____
participate in this study.

Parent's signature _____

Phone; Home: _____ Work: _____

Trois-Rivières
Le 15 juin 1987

Afin de mieux comprendre et aider des enfants handicapés, des chercheurs de l'Université du Québec à Trois-Rivières comparent des enfants normaux à des enfants ayant des dommages cérébraux dans une tâche de reconnaissance tactile d'objets.

Ils ont besoin de deux groupes d'enfants normaux âgés d'environ 8 ans et de 12 ans. La tâche des enfants consiste à dire aux chercheurs ce qu'ils touchent dans leurs mains.

Les chercheurs iront chercher les enfants, les amèneront à l'Université et les ramèneront à la maison. L'expérimentation nécessitera 3 visites, selon votre convenance.

Madame Maryse Lassonde (Ptito), la mère d'un enfant de 2e année, supervisera le travail qui sera effectué par une étudiante graduée.

Je vous encourage à aider cette étude et à permettre à votre enfant d'y participer.

Si vous êtes intéressé, veuillez signer ce formulaire et le retourner à l'école. Les chercheurs vous contacteront.

W.A. Dousett, principal

Je suis intéressé à ce que mon enfant _____
participe à cette étude.

Signature du parent

Téléphone maison: _____ Travail: _____

Appendice C

Résultats individuels aux tests préliminaires et expérimentaux

Tableau 8

Résultats individuels obtenus par les sujets du groupe
des 5-6 ans au test d'oscillation digitale

Sujet	Latéralité	Main gauche	Main droite
1	D	25,67	28,33
2	D	24,40	27,80
3	D	38,33	43,67
4	D	35,00	39,00
5	D	28,33	34,67
6	D	25,67	28,67
7	D	28,00	29,67
8	D	25,67	27,00
9	D	33,00	39,33
10	D	28,00	35,00
11	D	27,60	27,80
12	D	29,00	33,33
13	D	29,67	32,00
14	D	25,67	27,67
15	D	26,33	28,33
16	D	26,80	27,60
17	D	29,67	36,00
18	D	24,00	28,00
19	D	29,67	35,33
20	D	25,00	29,67
21	D	30,16	32,60
22	D	29,83	34,60

Tableau 9

Résultats individuels obtenus par les sujets du groupe
des 8-9 ans au test d'oscillation digitale

Sujet	Latéralité	Main gauche	Main droite
1	D	34,33	44,33
2	D	43,67	52,67
3	D	34,20	41,60
4	D	41,33	45,67
5	D	37,33	39,33
6	D	43,67	47,33
7	D	34,66	40,66
8	D	32,20	39,33
9	D	45,67	46,00
10	D	38,00	45,00
11	D	33,00	46,00
12	D	42,00	46,33
13	D	35,00	38,00
14	D	46,80	47,80
15	G	52,80	48,00
16	D	36,00	40,67
17	D	42,00	44,00
18	D	38,67	39,67
19	D	33,00	36,80
20	G	37,00	36,60
21	D	32,40	41,67

Tableau 10

Résultats individuels obtenus par les sujets du groupe
des 11-12 ans au test d'oscillation digitale

Sujet	Latéralité	Main gauche	Main droite
1	D	43,33	46,33
2	D	38,33	47,00
3	G	59,80	52,20
4	D	42,36	51,56
5	D	44,67	46,00
6	D	47,80	48,50
7	G	45,17	43,67
8	G	49,60	49,20
9	D	50,00	57,33
10	D	44,00	49,33
11	D	44,00	51,67
12	D	44,00	53,00
13	D	42,33	46,00
14	D	39,67	48,67
15	D	50,30	55,00
16	D	50,00	54,00
17	G	45,00	44,80
18	D	39,66	47,44
19	D	49,33	57,67
20	D	48,67	59,00

Tableau 11

Résultats individuels obtenus par les sujets du groupe
des 5-6 ans au test de la planche de Purdue

Sujet	Scores au premier 30 secondes			Scores au deuxième 30 secondes			Scores à 60 secondes		
	P301	NP301	D301	P302	NP302	D302	P60	NP60	D60
1	13	10	8	9	8	8	22	18	16
2	10	7*	6*	9	6*	5*	19	13	11*
3	12	11	11	12	13	9	24	24	20
4	11	10	9	9	9	8	20	19	17
5	11	10	9	10	10	8	21	20	17
6	11	11	7	12	12	8	23	23	15
7	10	7	7	11	10	7	21	17	14
8	10	10	7	9	8	7	19	18	14
9	10	10	7	10	7	8	20	17	15
10	10	10	8	11	8	7	21	18	15
11	11	6*	8	9	14	12	20	20	20
12	9	9	7	9	7	7	18	16	14
13	9	10	8	9	8	7	18	18	15
14	12	10	8	11	9	8	23	19	16
15	9	9	9	11	8	8	20	17	17
16	10	8*	7	7*	7	7	17	15	14
17	11	10	10	11	12	9	22	22	19
18	11	8*	5*	8*	8	6*	19	16	11*
19	10	9	8	9	7	7	19	15	15
20	13	9	9	11	8	8	24	17	17
21	11	11	9	8*	10	6*	19	21	14
22	10	10	7	8*	8	6*	18	18	13

* Résultats sous les limites de la normale.

Tableau 12

Résultats individuels obtenus par les sujets du groupe
des 8-9 ans au test de la planche de Purdue

Sujet	Scores au premier 30 secondes			Scores au deuxième 30 secondes			Scores à 60 secondes		
	P301	NP301	D301	P302	NP302	D302	P60	NP60	D60
1	13	10	10	13	12	10	26	22	20
2	16	12	10	13	13	11	29	25	21
3	9*	10	9*	11*	11	9	20*	21	18
4	12	12	11	15	13	10	27	25	21
5	17	15	15	16	15	10	33	30	25
6	14	14	10	12	12	10	26	26	20
7	15	12	11	12	13	11	27	26	22
8	13	12	10	12	11	9	25	23	19
9	13	12	11	12	11	10	25	23	21
10	17	14	13	14	14	12	31	28	25
11	14	12	10	12	11	10	26	23	20
12	15	13	11	13	10	11	28	23	22
13	13	13	11	12	13	11	25	26	22
14	19	16	15	16	16	10	35	32	25
15	13	12	12	13	12	11	26	24	23
16	13	13	11	13	11	11	26	24	22
17	13	10	12	12	12	10	25	22	22
18	14	12	12	14	13	12	28	25	24
19	13	11	10	11*	12	9	24	23	19
20	13	13	11	9*	11	9	22*	24	20
21	12	9*	10	12	9*	10	24	18*	20

* Résultats sous les limites de la normale.

Tableau 13

Résultats individuels obtenus par les sujets du groupe des 11-12 ans au test de la planche de Purdue

Sujet	Scores au premier 30 secondes			Scores au deuxième 30 secondes			Scores à 60 secondes		
	P301	NP301	D301	P302	NP302	D302	P60	NP60	D60
1	18	14	12	13	14	11	31	28	23
2	15	14	12	14	11	11	29	25	23
3	14	15	13	13	15	12	27	30	25
4	15	13	11	13	13	12	28	26	23
5	16	15	12	13	13	11	29	28	23
6	15	15	12	14	13	13	29	28	25
7	14	13	10	13	12	10	27	25	20
8	17	14	11	20	14	11	37	28	22
9	17	18	14	14	18	11	31	36	25
10	19	14	13	16	14	12	35	28	25
11	15	12	13	13	14	11	28	26	24
12	19	15	15	19	14	10	38	29	25
13	13	14	12	14	13	11	27	27	23
14	16	14	13	16	13	12	32	27	25
15	16	15	13	14	14	12	30	29	25
16	15	17	16	14	13	9	29	30	25
17	16	16	10	14	13	14	30	29	24
18	13	11	12	13	11	11	26	22	23
19	17	15	13	16	18	12	33	33	25
20	14	13	12	13	13	12	27	26	24

Tableau 14

Résultats individuels obtenus par les trois groupes
au test de stimulation simultanée

Sujets	Groupes		
	5-6	8-9	11-12
1	85	100	100
2	90	100	95
3	85	90	100
4	85	95	100
5	95	100	100
6	85	100	100
7	90	80	95
8	90	100	95
9	85	100	100
10	90	100	100
11	65*	100	100
12	85	100	100
13	100	95	100
14	95	100	100
15	80	100	100
16	60*	95	90
17	85	100	95
18	100	100	95
19	100	100	95
20	100	85	95
21	95	65*	---
22	90	---	---

* Résultats sous les limites de la normale

Tableau 15

Pourcentages de réussite individuels obtenus par les sujets du groupe des 5-6 ans aux tâches de localisation intra et inter-manuelle

Sujet	Intra-manuelle	Inter-manuelle
1	91,67	79,17
3	83,33	83,33
4	58,33	62,50
5	83,33	100,00
6	87,50	88,00
7	100,00	87,50
8	70,83	79,17
9	87,50	58,33
10	88,00	75,00
12	83,33	95,83
13	88,00	62,50
14	87,50	50,00
15	83,33	75,00
17	88,00	100,00
19	75,00	83,33
20	100,00	100,00

Tableau 16

Pourcentages de réussite individuels obtenus par les sujets du groupe des 8-9 ans aux tâches de localisation intra et inter-manielle

Sujet	Intra-manielle	Inter-manielle
1	91,67	91,67
2	100,00	95,83
4	100,00	100,00
5	95,83	87,50
6	95,83	83,33
7	95,83	95,83
8	100,00	87,50
9	100,00	100,00
10	91,67	83,33
11	100,00	100,00
12	100,00	79,16
13	91,67	62,50
14	100,00	87,50
16	95,83	83,33
17	100,00	95,83
18	79,17	91,67

Tableau 17

Pourcentages de réussite individuels obtenus par les sujets du groupe des 11-12 ans aux tâches de localisation intra et inter-manielle

Sujet	Intra-manielle	Inter-manielle
1	100,00	83,33
2	100,00	95,83
4	95,83	87,50
5	95,83	100,00
6	100,00	100,00
9	100,00	91,67
10	100,00	100,00
11	100,00	91,67
12	100,00	100,00
13	95,83	91,67
14	100,00	95,83
15	100,00	91,67
16	100,00	100,00
18	100,00	95,83
19	100,00	95,83
20	91,67	75,00

Tableau 18

Pourcentage de réussites individuelles obtenues par les sujets du groupe des 5-6 ans au test de stéréognosie unimanuelle

Sujets	Formes		objets	
	Main droite	Main gauche	Main droite	Main gauche
1	100	100	90	50
3	100	100	90	100
4	100	100	80	60
5	100	100	100	100
6	100	100	100	100
7	100	100	80	80
8	100	100	90	60
9	100	100	90	30
10	100	100	100	60
12	100	100	100	90
13	100	100	100	80
14	83	100	100	100
15	100	100	100	80
17	100	100	100	80
19	100	100	100	90
20	100	100	100	100

Tableau 19

Pourcentage de réussites individuelles obtenues par les sujets du groupe des 8-9 ans au test de stéréognosie unimanuelle

Sujets	Formes		objets	
	Main droite	Main gauche	Main droite	Main gauche
1	100	100	100	70
2	100	100	100	90
4	100	100	100	100
5	100	100	90	80
6	100	100	90	100
7	100	100	90	100
8	100	100	80	100
9	100	100	80	90
10	100	100	90	100
11	100	100	100	100
12	100	100	90	90
13	100	100	90	90
14	100	100	100	100
16	100	100	90	90
17	100	100	100	80
18	100	100	100	90

Tableau 20

Pourcentage de réussites individuelles obtenues par les sujets du groupe des 11-12 ans au test de stéréognosie unimanuelle

Sujets	Formes		objets	
	Main droite	Main gauche	Main droite	Main gauche
1	100	100	100	100
2	100	100	100	100
4	100	100	100	100
5	100	100	100	90
6	100	100	100	90
9	100	100	90	90
10	100	100	100	90
11	100	100	100	100
12	100	100	90	90
13	100	100	80	100
14	100	100	100	100
15	100	100	100	90
16	100	100	100	100
18	100	100	100	90
19	100	100	100	90
20	100	100	100	100

Tableau 21

Médiennes des temps de réponse en milisecondes obtenues par chacun des sujets du groupe des 5-6 ans au test de stéréognosie unimanuelle

Sujets	Formes		objets	
	Main droite	Main gauche	Main droite	Main gauche
1	1,75	2,20	1,41	2,33
3	1,12	1,19	1,48	1,47
4	0,93	1,14	1,30	2,51
5	0,91	1,01	1,92	1,41
6	1,11	1,27	2,14	2,00
7	1,25	1,17	1,54	2,96
8	1,53	1,38	2,50	2,68
9	1,50	1,80	1,50	3,00
10	1,40	1,60	1,90	2,10
12	0,97	0,84	0,96	0,89
13	1,00	1,10	2,09	2,02
14	1,33	1,59	1,69	1,35
15	1,76	1,32	3,80	2,66
17	1,30	1,60	1,60	2,40
19	1,70	1,70	1,70	2,00
20	2,00	2,00	3,00	3,00

Tableau 22

Médiannes des temps de réponse en milisecondes obtenues par chacun des sujets
du groupe des 8-9 ans au test de stéréognosie unimauelle

Sujets	Formes		objets	
	Main droite	Main gauche	Main droite	Main gauche
1	0,70	0,90	1,50	1,20
2	1,10	1,00	1,60	1,20
4	1,00	1,40	1,80	2,50
5	0,85	0,91	1,24	1,53
6	0,77	0,77	1,10	1,06
7	0,97	0,99	1,15	1,59
8	0,88	0,84	1,39	1,30
9	1,39	1,22	1,49	1,49
10	0,74	0,81	1,23	1,50
11	1,35	1,31	1,53	1,77
12	1,07	1,08	1,41	1,82
13	0,88	0,74	1,54	2,59
14	0,91	0,92	1,59	2,04
16	1,25	1,31	1,46	1,56
17	1,00	1,00	2,60	1,70
18	0,90	1,00	1,60	2,00

Tableau 23

Médiannes des temps de réponse en milisecondes obtenues par chacun des sujets du groupe des 11-12 ans au test de stéréognosie unimanuelle

Sujets	Formes		objets	
	Main droite	Main gauche	Main droite	Main gauche
1	0,40	0,40	0,80	0,80
2	0,80	0,80	0,80	1,00
4	1,50	1,00	2,50	1,00
5	1,00	0,80	0,80	1,80
6	0,80	0,90	1,70	1,40
9	0,90	0,80	3,00	3,40
10	0,82	0,84	1,04	1,02
11	0,55	0,47	0,80	0,83
12	0,54	0,60	0,61	0,69
13	0,80	0,82	1,87	1,96
14	0,68	0,65	1,06	1,10
15	0,60	0,71	1,05	1,02
16	0,59	0,61	1,35	1,10
18	0,70	0,61	0,84	0,88
19	0,59	0,53	1,12	1,40
20	0,80	0,80	1,50	1,50

Tableau 24

Pourcentage de réussites et médianes des temps de réponse individuelles obtenues par les sujets du groupe des 5-6 ans au test d'appariement

Sujets	Pourcentages		Médianes	
	Formes	Objets	Formes	Objets
1	100	95	1,40	1,59
3	100	100	0,97	2,51
4	100	100	1,52	2,34
5	100	100	1,05	1,05
6	100	95	1,48	1,63
7	94	95	1,33	1,76
8	100	95	1,75	1,57
9	100	95	1,50	2,00
10	100	100	1,20	3,00
12	100	95	1,07	1,12
13	100	95	1,20	1,21
14	100	100	1,26	1,92
15	100	100	1,71	1,92
17	100	95	1,27	1,99
19	88	90	3,00	4,30
20	100	100	2,00	3,00

Tableau 25

Pourcentages de réussites et médianes des temps de réponse individuelles obtenues par les sujets du groupe des 8-9 ans au test d'appariement

Sujets	Pourcentages		Médianes	
	Formes	Objets	Formes	Objets
1	100	95	1,30	2,00
2	100	100	1,00	1,00
4	100	100	1,00	1,20
5	100	95	0,77	1,21
6	100	100	0,71	0,96
7	100	95	0,93	1,10
8	100	95	0,76	0,88
9	100	100	1,53	1,56
10	100	100	1,05	1,33
11	100	100	1,34	1,82
12	100	100	1,11	1,21
13	100	95	1,18	1,66
14	100	100	0,83	1,23
16	100	100	1,20	1,40
17	100	100	1,80	2,20
18	100	90	1,00	2,00

Tableau 26

Pourcentage de réussites et médianes des temps de réponse individuelles obtenues par les sujets du groupe des 11-12 ans au test d'appariement

Sujets	Pourcentages		Médianes	
	Formes	Objets	Formes	Objets
1	100	100	0,80	1,60
2	100	100	0,80	0,80
4	100	100	0,70	0,70
5	100	100	0,90	1,00
6	100	100	0,80	1,20
9	100	100	1,00	1,70
10	100	100	0,85	0,74
11	100	100	0,59	0,79
12	100	100	0,69	0,83
13	100	100	1,19	1,49
14	100	95	0,87	0,95
15	100	100	0,58	1,04
16	100	100	0,82	0,83
18	100	100	0,76	0,68
19	100	100	0,59	0,66
20	100	100	1,00	0,90

Tableau 27

Pourcentage de réussites individuelles obtenues par les sujets du groupe des 5-6 ans au test de stéréognosie bimanuelle

Sujets	Formes		objets	
	Main droite	Main gauche	Main droite	Main gauche
1	100	100	70	70
3	100	100	90	90
4	100	88	56	78
5	100	100	89	100
6	100	100	100	90
7	100	100	80	80
8	100	100	90	90
9	100	100	70	80
10	100	100	80	90
12	100	100	100	100
13	100	100	90	90
14	100	100	90	90
15	100	100	70	90
17	100	100	100	90
19	100	100	90	100
20	100	100	100	100

Tableau 28

Pourcentage de réussites individuelles obtenues par les sujets du groupe des 8-9 ans au test de stéréognosie bimanuelle

Sujets	Formes		objets	
	Main droite	Main gauche	Main droite	Main gauche
1	100	100	100	78
2	100	100	100	90
4	100	100	100	100
5	100	100	75	88
6	100	100	100	90
7	100	100	89	100
8	100	100	100	100
9	100	100	80	80
10	100	100	100	90
11	100	100	100	100
12	100	100	70	100
13	100	100	89	89
14	100	100	100	100
16	100	100	100	90
17	100	100	100	100
18	100	100	90	100

Tableau 29

Pourcentage de réussites individuelles obtenues par les sujets du groupe des 11-12 ans au test de stéréognosie bimanuelle

Sujets	Formes		objets	
	Main droite	Main gauche	Main droite	Main gauche
1	100	100	100	100
2	100	100	100	100
4	100	100	100	100
5	100	100	100	90
6	100	100	100	100
9	100	100	100	80
10	100	100	100	90
11	100	100	100	100
12	100	100	90	100
13	100	100	100	100
14	100	100	100	100
15	100	100	100	90
16	100	100	90	90
18	100	100	100	90
19	100	100	100	100
20	100	100	100	100

Appendice D

Résumé des analyses de la variance

Tableau 30

Analyse de la variance des résultats des trois groupes
sur les deux modalités de la tâche de localisation

Source de variation	Degrés de liberté	Carré moyen	F
Inter-individuelle			
Groupes	2	1829,39	12,88*
Intra-groupe	45	142,02	
Intra-individuelle			
Modalité (M)	1	1050,19	16,11*
G X M	2	1114,51	1,71
M X Sujets	45	65,18	

* p < .01.

Tableau 31

Analyse de la variance du pourcentage de bonnes réponses des trois groupes pour les deux types de stimuli ainsi que la main utilisée dans la tâche de stéréognosie unimanuelle.

Source de variation	Degrés de liberté	Carré moyen	F
Inter-individuelle			
Groupes	2	3594,08	4,37**
Intra-groupe	45	823,29	
Intra-individuelle			
Stimuli (S)	1	5756,42	58,21*
G X S	2	259,78	2,63
S X Sujets	45	98,88	
Latéralité (L)	1	5134,55	7,82*
G X L	2	1502,75	2,29
L X Sujets	45	656,97	
S X L	1	6850,87	11,87*
G X S X L	2	2438,58	4,22**
S X L X Sujets	45	577,24	

* *p < .05.

*p < .01.

Tableau 32

Analyse de la variance des médianes des temps de réponse des trois groupes pour les deux types de stimuli ainsi que la main utilisés dans la tâche de stéréognosie unimanuelle.

Source de variation	Degrés de liberté	Carré moyen	F
Inter-individuelle			
Groupes	2	9923,64	22,05*
Intra-groupe	45	449,95	
Intra-individuelle			
Stimuli (S)	1	1626,19	85,59*
G X S	2	22,47	1,18
S X Sujets	45	19,00	
Latéralité (L)	1	471,88	3,74
G X L	2	181,51	1,44
L X Sujets	45	126,09	
S X L	1	11,51	0,12
G X S X L	2	57,54	0,61
S X L X Sujets	45	94,38	

* p < .01.

Tableau 33

Analyse de la variance du pourcentage de bonnes réponses
des trois groupes pour les deux types de stimuli utilisés
dans la tâche d'appariement inter-manuel

Source de variation	Degrés de liberté	Carré moyen	F
Inter-individuelle			
Groupes	2	1604,99	5,21*
Intra-groupe	45	308,31	
Intra-individuelle			
Stimuli (S)	1	3499,50	19,73*
G X S	2	545,43	3,07
S X Sujets	45	177,40	

* p < .01.

Tableau 34

Analyse de la variance des médianes des temps de réponse
des trois groupes pour les deux types de stimuli utilisés
dans la tâche d'appariement inter-manuel

Source de variation	Degrés de liberté	Carré moyen	F
Inter-individuelle			
Groupes	2	5759,48	21,10*
Intra-groupe	45	272,91	
Intra-individuelle			
Stimuli (S)	1	2583,38	43,27*
G X S	2	42,84	0,72
S X Sujets	45	59,71	

* p < .01.

Tableau 35

Analyse de la variance du pourcentage de bonnes réponses des trois groupes pour les deux types de stimuli ainsi que la main utilisée dans la tâche de stéréognosie bimanuelle

Source de variation	Degrés de liberté	Carré moyen	F
Inter-individuelle			
Groupes	2	7468,27	8,59*
Intra-groupe	45	869,85	
Intra-individuelle			
Stimuli (S)	1	5394,98	75,30*
G X S	2	606,46	8,46*
S X Sujets	45	71,65	
Latéralité (L)	1	3250,52	0,76
G X L	2	4395,74	1,02
L X Sujets	45	4302,09	
S X L	1	770,40	0,16
G X S X L	2	8427,99	1,76
S X L X Sujets	45	4789,70	

* p < .01.

Remerciements

L'auteure désire exprimer sa reconnaissance pour les conseils expérimentés et le soutien assidu offerts par Madame Maryse Lassonde, Ph. D. . Elle désire aussi remercier Monsieur Louis Laurencelle, Ph. D. , et Monsieur Pierre Black, M. Sc., pour leur contribution judicieuse aux analyses statistiques, ainsi que Monsieur Louis Dionne, M. Sc., pour la surveillance méthodique et technologique tout au long de la réalisation du projet de recherche. L' auteure tient à souligner son appréciation pour le sérieux et la débrouillardise dont fit preuve Madame Lucie Boivin, qui a agit, lors de l'expérimentation, comme assistante de recherche.

Références

AKELAITIS, A.J. (1944). A study of gnosis, praxis and language following section of the corpus callosum and the anterior commissure. Journal of neurosurgery, 1, 94-102.

AKELAITIS, A.J., RISTEN, W.A., HERREN, R.Y. VAN WAGENEN, W.P. (1942). Studies on the corpus callosum. III. A contribution to the study of dyspraxia and apraxia following partial and complete section of the corpus callosum. Archives of neurology and psychiatry, 47, 971-1008.

AUROUX, M. (1966). Les commissure télencéphaliques, leurs variations et leurs suppléances. Bulletin de l'association des anatomistes (Nancy). 51e réunion, Marseille, 3-7 avril, 1966, 117-122.

BAILLEY, P., BONING, V. (1951). The isocortex of man. University of Illinois Press.

BARR, M.L. (1974). The human nervous system: an anatomical viewpoint; 2d édition. New York: Harper & Row.

BOGEN, J.E., VOGEL, P.J. (1962). Cerebral commissurotomy in man. Bulletin of the Los Angeles neurological society, 27, 169-172.

BOGEN, J.E., VOGEL, P.J. (1975). Neurologic status in the long term following cerebral commissurotomy. In F. Michel, B. Schott (eds.): Les syndromes de disconnection calleuse chez l'homme. Lyon: Hôpital neurologique, pp. 227-251.

CUSICK, C.G., KAAS, J.H. (1986). Interhemispheric connections of cortical sensory and motor representations in primates. In F. Lepore, M. Ptito, H.H. Jasper (eds.): Two hemispheres - one brain. New York: Alan Liss, pp. 83-102.

DENNIS, M. (1976). Impaired sensory and motor differentiation with corpus callosum agenesis: A lack of callosal inhibition during ontogeny?, Neuropsychologia, 14, 455-469.

- ETTLINGER, G., BLAKEMORE, C.B., MILNER, A.D., WILSON, J. (1972). Agenesis of the corpus callosum: a behavioural investigation. Brain, 95, 327-346.
- GALIN, D., DIAMOND, R., HERRON, J. (1977). Development of crossed and uncrossed tactile localization on the fingers. Brain and language, 4, 588-590.
- GALIN, D., JOHNSTON, J., NAKEL, L., HERRON, J. (1979). Development of the capacity for tactile information transfer between hemispheres in normal children. Science, 204, 1330-1332.
- GAZZANIGA, M.S. (1970). The bisected brain. New York: Appleton-Century-Crofts.
- GAZZANIGA, M.S., BOGEN, J.E., SPERRY, R.W. (1962). Some functional effects of sectioning the cerebral commissures in man. Proceedings of the national academy of sciences, 48, 1765-1769.
- GAZZANIGA, M.S., BOGEN, J.E., SPERRY, R.W. (1963). Laterality effects in somesthesia following cerebral commissurotomy in man. Neuropsychologia, 1, 209-215.
- GESCHWIND, N., KAPLAN, E. (1962). A human cerebral disconnection syndrome. Neurology, 12, 675-685.
- GOLDBERG, T.E., SMITH, A. (1976). Critères non publiés pour application neuropsychologique de la planche de Purdue.
- GOTT, P.S., SAUL, R.E. (1978). Agenesis of the corpus callosum: limits of functional compensation. Neurology (New York), 28, 1272-1279.
- HARNER, R.N. (1977). Agenesis of the corpus callosum and associated defects. In E.S. Goldensohn, S.H. Appel (eds.). Scientific approaches to clinical neurology, vol.1, Philadelphia: Lea & Febiger, pp. 616-627.
- HEWITT, W. (1962). The development of the human corpus callosum. Journal of anatomy, 96, 355-358.

- JEEVES, M.A. (1965). Psychological studies of three cases of congenital agenesis of the corpus callosum. In E.G. Ettlinger (ed.): Function of the corpus callosum. London: Churchill, pp. 73-94.
- JEEVES, M.A. (1986). Callosal agenesis: neuronal and developmental adaptations. In F. Lepore, M. Ptito, H.H. Jasper (eds.): Two hemispheres-one brain. New York: Alan Liss, pp.403-421.
- JEEVES, M.A., MILNER, A.D. (1986). Specificity and plasticity in interhemispheric integration: Evidence from callosal agenesis. In The dual brain - unified functioning and specialization of the hemispheres, sous presse.
- JONES, E.G., POWELL, T.P.S. (1969). Connexions of the somatic sensory cortex of the rhesus monkey. II. Contralateral connexions. Brain, 92, 717-730.
- JOUANDET, M.L., GAZZANIGA, M.S. (1979). Cortical field of origin of the anterior commissure of the rhesus monkey. Experimental neurology, 66, 381-397.
- KAROL, E.A., PANDYA, D.N. (1971). The distribution of the corpus callosum in the rhesus monkey. Brain, 94, 471-476.
- KERR, F.W.L. (1975). The ventral spinothalamic tract and other ascending systems of the ventral funiculus of the spinal cord. Journal of comparative neurology, 159, 335-356.
- KOPPEL, H., INNOCENTI, G.M. (1984). Is there a genuine exuberancy of callosal projections in development? A quantitative electron microscopy study in the cat. Neuroscience letters, 41, 33-40.
- LAGET, P., D'ALLEST, A.M., FIHEY, R., LORTHOLARY, O. (1977). L'intérêt des potentiels évoqués somesthésiques homolatéraux dans les agénésies du corps calleux. Revue d'electroencéphalographie et de neurophysiologie clinique, 7, 498-502.
- LASSONDE, M., LORTIE, J., PTITO, M., GEOFFROY, G. (1981). Hemispheric asymmetry in callosal agenesis as revealed by dichotic listening performance. Neuropsychologia, 19, 455-458.

- LASSONDE, M., PTITO, M., LAUENCELLE, L. (1984). Étude tachistoscopique de la spécialisation hémisphérique chez l'agénésique du corps calleux. Revue canadienne de psychologie, 38, 527-536.
- LASSONDE, M., SAUERWEIN, H., GEOFFROY, G., DECARIE, M., (1986). Effects of early and late transection of the corpus callosum in children; a study of tactile and tactuomotor transfer and integration. Brain, 109, 953-967.
- LASSONDE, M., SAUERWEIN, H., MCCABE, N., GEOFFROY, G. (1988) Extent and limits of cerebral adjustment to early section or congenital absence of the corpus callosum. Behavioural brain research, (sous presse).
- LAWRENCE, D.G., KUYPERS, H.G. (1965). Pyramidal and non-pyramidal pathways in monkeys: anatomical and functional correlation. Science, 148, 973-975.
- LAWRENCE, D.G., HOPKINS, D.A., (1972). Developmental aspects of pyramidal motor control in the rhesus monkey. Brain research, 40, 117-118.
- LEMIRE, R.J., LOESER, J.D., LEECH, R.W., ALVORD, E.C. (1975). Normal and abnormal development of the human nervous system. Hagerstown: Harper & Row.
- LEZAK, M.D. (1983). Neuropsychological assessment. New York: Oxford University Press.
- LOESER, J.D., ALVORD, E.C. (1968a). Agenesis of the corpus callosum. Brain, 91, 553-570.
- LOESER, J.D., ALVORD, E.C. (1968b). Clinicopathological correlations in agenesis of the corpus callosum. Neurology (Minneapolis), 18, 745-756.
- MAUGUIERE, F., BRUNON, A.M., ECHALIER, J.F., COURDON, J. (1981). Intérêt des potentiels évoqués somesthésiques précoce dans l'exploration des voies de la sensibilité lemniscale. Revue neurologique, 137, 1-19.
- MILNER, A.D., JEEVES, M.A. (1979). A review of behavioural studies of agenesis of the corpus callosum. In I.S. Russel, M.W. van Hof, G. Berlucchi (eds). Structure and functions of cerebral commissures. London: Macmillan, pp. 428-448.

- MILNER, P.M. (1970). Physiological psychology. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- MOUNTCASTLE, V.B. (1984). Central nervous mecanisms in mechanoreceptive sensibility. In J. M. Brokhart, V.B. Mountcastle (eds.): Handbook of physiology. The nervous system. vol. III. Sensory processes, part 2. Bethesda, Maryland: American physiological society, pp. 789-878.
- O'LEARY, D.S. (1980). A developmental study of interhemispheric transfer in children five to ten. Child development, 51, 743-750.
- PANDYA, D.N. SELTZER, B. (1986). In F. Leporé, M. Ptito, H.H. Jaspers (eds.): Two hemispheres-one brain. New York: Alan Liss, pp. 47-73.
- QUINN, K., GEFFEN, G. (1986). The development of tactile transfer of information. Neuropsychologia, 24, 793-804.
- RAKIC, P., YAKOVLEV, P.I. (1968). Development of the corpus callosum and cavum septi in man. Journal of comparative neurology, 132, 45-72.
- REITAN, R.W., DAVISON, L.A. (1974). Clinical neuropsychology: Current status and application. New York: Wiley.
- RISSE, G.L., LEDOUX, J., SPRINGER, S.P., WILSON, D.H., GAZZANIGA, M.S. (1978). The anterior commissure in man: functional variation in a multisensory system, Neuropsychologia, 16, 23-31.
- ROHMER ,F., WACKENHEIM, A., VROUSOS, C. (1959). Les agénésies du corps calleux. Paris: Masson.
- SAUERWEIN. H., LASSONDE, M.C., CARDU, B. GEOFFROY, G. (1981). Interhemispheric integration of sensory and motor functions in agenesis of the corpus callosum. Neuropsychologia, 19, 445-454.
- SAUL, R.E., GOTTF, P.S. (1973). Compensatory mechanisms in agenesis of the corpus callosum. Neurology, 23, 443.
- SALAMY, A. (1978). Commissural transmission: maturationnal changes in humans. Science, 200, 1409-1410.

- SELNES, O.A. (1974). The corpus callosum: Some anatomical and functional considerations with special reference to language. Brain and language, 1, 111-139.
- SMITH, A. (1978). A guideline for evaluation of individual measures of the Michigan neuropsychological test battery. Ann Arbor: University of Michigan Neuropsychological Laboratory.
- SOKAL, R.R., ROHLF, F.J. (1969). Biometry. San Francisco: W. H. Freeman.
- SPERRY, R.W., GAZZANIGA, M.S., BOGEN, J.E. (1969). Interhemispheric relationships: the neocortical commissures; syndromes of hemispheric disconnection. In P.J. Vinken, G.W. Bruyn (eds.): Handbook of clinical neurology, vol. IV. Amsterdam: North Holland, pp. 273-290.
- TOMASCH, J. (1954). Size, distribution and number of fibers in the human corpus callosum. Anatomical records, 119, 7-19
- VAN WAGENEN, W.P., HERREN, R.Y. (1940). Surgical division of comissural pathways in the corpus callosum. Archives of neurology and psychiatry, 44, 740-759.
- WHITE, J.C., SWETT, W.H. (1955). Pain, its mechanisms and neurosurgical control. Springfield: Thomas.
- VIERCK, C.J., JR. (1973). Alteration of spatio-tactile discrimination after lesions of primate spinal cord. Brain research, 58, 69-79.
- VIERCK, C.J., JR. (1974). Tactile movement detection and discrimination following dorsal column lesions in monkeys. Experimental brain research, 20, 331-346.
- WINER, B.J. (1971). Statistical principles in experimental design. New York: McGraw - Hill.
- YAKOVLEV, P.I., LECOURS, A.R. (1967). The myelogenic cycles of regional maturation of the brain. In A. Minkowski (ed.): Regional development of the brain in early life. Oxford: Blackwell, 3-70.