

REMIEDIATION NEUROCOGNITIVE en RESEAU COMPLEXE

Congrès Autisme France, Paris, 03 / 12 / 11

Pierre LAPORTE, psychologue clinicien spécialisé
en neuropsychologie, docteur en psychologie,
Centre Hospitalier Général, Périgueux; membre
associé au groupe de recherche en intervention
cognitive de l'Université Laval (Québec)

INTRODUCTION

- Depuis les années 1970, émergence de l'hypothèse étiologique de l'existence d'un certain nombre de troubles cognitifs à l'origine de la sémiologie autistique (B. Hermelin et N. O'Connor (1970))
- Comme pour le TDAH (N. Chevalier et al., 2006) ou encore la schizophrénie (A. Prouteau et al., 2011), la considération des troubles cognitifs observés a conduit à l'élaboration de profils des forces et faiblesses cognitives permettant dès lors l'établissement de stratégies de remédiation cognitive spécifique.

Historiquement : Interventions éducatives, pédagogiques et thérapeutiques.

- Programme TEACCH (E. Schopler, J.G. Olley, 1982; E. Schopler et B. Rogé, 1998)
- Programme ABA (L. Schreibman et al., 2000; Magerotte, 2001)
- Programme IDDEES (M.P. Gattegno et al., 2007; 2008)
- Il y a, en fait, une multitude de programme de ce type (voir B. Rogé, 2008; A. Baghdadli et al., 2007).

- L'acronyme IDDEES signifie : « Intervention - Développement - Domicile - École - Entreprise -Supervision ».
- Le programme IDDEES a été officiellement créé en 2000 par Maria Pilar Gattegno (psychologue, docteur en psychologie). Le programme IDDEES est un programme d'intervention développemental et comportemental pour personnes avec autisme et troubles du développement qui prend en compte : le développement de la personne, le style cognitif particulier, la capacité de régulation des activités et des comportements.
- La prise en charge est basée sur l'accompagnement individualisé de la personne avec une supervision par un psychologue spécialisé qui applique les modalités de l'intervention éducative et comportementale (TEACCH, ABA, PECS).

Leurs caractéristiques communes :

- ✓ Ces programmes sont sous-tendus par les modèles cognitivo-comportementaux d'intervention et les théories de l'apprentissage opérant.

- ✓ Leurs cibles sont les comportements : développer les comportements sociaux nécessaires à l'adaptation, réduire les comportements inadaptés ou problématiques; favoriser les apprentissages et l'autonomie au sein d'un environnement structuré

- ✓ Leur méthode : approche fonctionnelle complète pour une amélioration de la qualité de vie dans tous ses domaines
- ✓ L'éducation structurée y est centrale avec des objectifs à court, moyen et long terme.
- ✓ Ils mobilisent tous les compétences familiales, scolaires, institutionnelles et sociales constituant l'environnement humain des personnes atteintes d'autisme.

- ✓ Enfin, ces programmes s'appuient « sur des fonctions telles que l'attention, l'imitation, la motricité, la perception, les capacités cognitives, le langage et les autres formes de communication » (B. Rogé, 2008)

- Tout en ne portant que sur les « sorties » comportementales, tous ces programmes considèrent l'origine neurodéveloppementale de l'autisme :
- Des dysfonctionnements cérébraux sont à l'origine des troubles cognitifs et comportementaux observés.
- Ainsi pour la TED (C. Barthélémy, 2001; J.L. Adrien et al., 1998) considère que les troubles du comportement dans l'autisme sont la conséquence d'une insuffisance modulatrice cérébrale ,d'où ses principes : simplification de l'environnement spatial et des stimulations, l'échange, l'imitation et la réalisation de séquences motrices fonctionnelles (P. Lenoir et al., 2003).

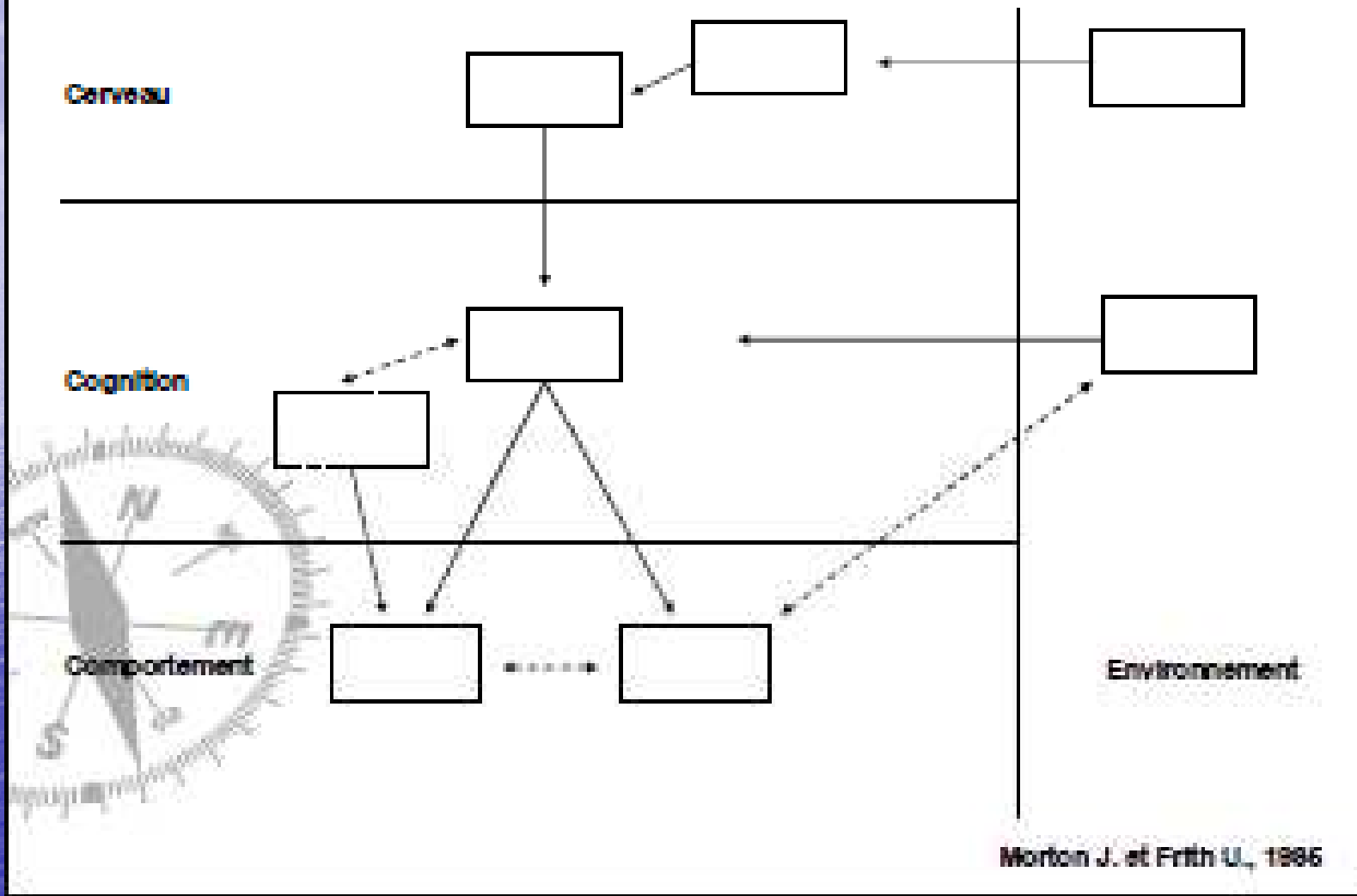
- Autre exemple encore : certains programmes se sont focalisés sur la sensori-motricité à partir des troubles de l'intégration et de la modulation sensorielle rapportés dans l'autisme :
- La Thérapie d'Intégration Sensorielle, Snoezelen, etc...:
- L'intégration sensorielle est la capacité à organiser les sensations reçues par le mouvement du corps. Le cerveau doit percevoir, localiser et organiser toutes les informations sensorielles pour former la perception, pour agir et apprendre. Le dysfonctionnement de la perception influence les interactions sociales. La TIS cible les processus neurologiques des informations sensorielles comme base de l'apprentissage de haut niveau (moteur ou académique) (selon A.J. Ayres, 1979).

C'est cette prise en considération des soubassements cérébraux des troubles des fonctions cognitives à l'origine des troubles des comportements qui va dès lors nous occuper maintenant, ce survol des différentes stratégies d'intervention montrant l'absence d'interventions visant très spécifiquement les réseaux neuronaux supportant les fonctions cognitives d'où elles émergent.

- Il convient tout d'abord de bien comprendre l'architecture menant des bases neuroanatomophysiologiques aux comportements et aux conduites en passant par les fonctions cognitives.

- C'est là tout l'apport de la neuropsychologie cognitive et clinique souligné par divers auteurs (U. Frith et al, 1991; F. Lussier et J. Flessas, 2009; M.H. Plumet, doc. internet non daté; L. Mottron et S. Belleville, 1994; G. Macé, doc. Autisme France non daté).

Utilisation d'un système graphique pour visualiser un modèle théorique



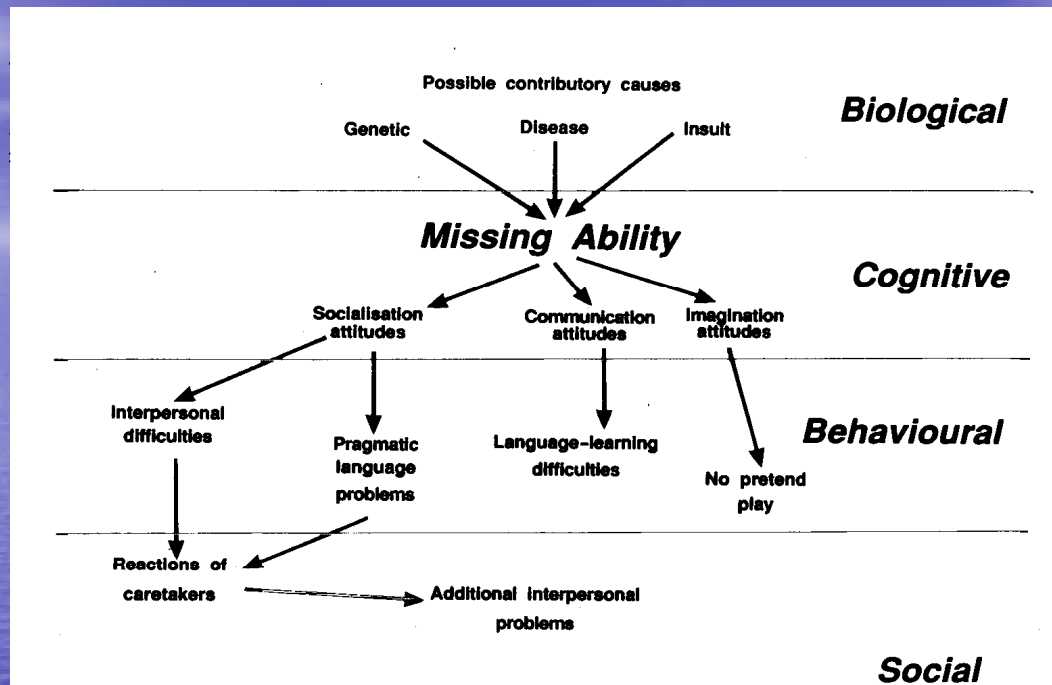


Fig. 4. A multi-level causal analysis of the autism syndrome, showing our proposals for the relationships between the various behavioural manifestations and their cognitive origins. The diagram also indicates how biological factors start the causal chain and how social consequences are derived from the behaviour. Feedback from social to cognitive and behavioural levels has been omitted.

(d'après U. Frith, J. Morton et A.M. Leslie, 1991)

- Il y a donc le niveau des réseaux neuronaux, celui des fonctions cognitives et celui des comportements en « sortie »
- Les différents troubles du comportement observés dans l'autisme sont ici considérés comme étant la conséquence d'atteintes des fonctions cognitives sous-tendant ces comportements, leur mobilisation étant nécessaire à l'exécution de ces derniers.

PROFIL NEUROCOGNITIF DES FORCES ET FAIBLESSES

- Nous allons résumer ici un ensemble de données permettant d'établir en quelque sorte un profil neurocognitif « commun » aux personnes atteintes d'autisme, sachant les larges différences interindividuelles quant aux fonctions cognitives préservées et atteintes.

Trouble cognitif global

- La DI est présente chez 75 % des personnes atteintes d'autisme (Quotient inférieur à 70) (B. Rogé, 2008; F. Lussier et J. Flessas, 2009).
- La D.I. est considérée comme étant un trouble cognitif global, dans la mesure où l'ensemble des fonctions cognitives se trouve être dysfonctionnel ou déficitaire (< 1,5 ET ou < 2 ET).

- Dans ce contexte de DI, le tout est plus que la somme de ses parties : cela veut dire que la DI est un trouble cognitif global bien spécifique à distinguer des problématiques « multidys ».
- Il serait à cet égard intéressant de se pencher sur cette question d'un « multidys » associé à l'autisme versus DI associée. La proportion de TEDSDI pourrait bien s'en trouver modifiée avec les conséquences éducatives et rééducatives que l'on imagine.

La cognition sociale

- « Ensemble des processus cognitifs impliqués dans les interactions sociales. Précisément, il s'agit de la capacité à construire des représentations sur les relations entre soi-même et les autres et à utiliser ces représentations de manière flexible pour ajuster et guider son propre comportement social. Le concept de cognition sociale peut donc être vu comme une interface où interagissent diverses dimensions, entre autres, traitement de l'information émotionnelle, capacité inférentielle et de mentalisation, ainsi que l'empathie » (K. Merceron et al., 2011).

- Pour R. Gil (2010), « la cognition sociale désigne l'ensemble des compétences et des expériences cognitives et émotionnelles qui régissent les relations et rendent compte des comportements de l'être humain avec son entourage familial et social ».
- La cognition sociale désigne donc, pour partie, ce que l'on appelle la « théorie de l'esprit » depuis D. Premack et G. Woodruff (1978), expression reprise et introduite dans l'autisme en 1985 par S. Baron-Cohen et al.; elle fait référence à l'aptitude à inférer que les conduites sont induites par des états mentaux.

- Nous parlons bien ici de « cognition », ce qui nous amène à définir cette notion versus les fonctions cognitives et les processus cognitifs.

- La **cognition**, ou activité mentale, encore dite intellectuelle, comprend à la fois l'état des connaissances acquises et les processus cognitifs par lesquels ces dernières le sont (L. Bérubé, 1991) chaque fois qu'une information est reçue, stockée, transformée et utilisée : la perception, l'attention, la mémoire, les images mentales ou représentations, le langage, la résolution de problèmes, le raisonnement et la prise de décision..

- **Une fonction cognitive** exprime le rôle fonctionnel joué par l'élément structurel « réseau neuronal » correspondant au sein du sous-système neurocognitif considéré.
- **Un processus cognitif** désigne la fonction cognitive correspondante en train de s'exercer dans une tâche cognitive l'activant.

- De là, le terme **cognitif** « qualifie les processus par lesquels un organisme acquiert des informations sur l'environnement et les élabore pour régler son comportement : perception, formation de concepts, raisonnement, langage, décision, pensée, etc... (F. Bresson, 1987).

- Il est donc clair que les troubles de la cognition sociale observés dans les TED résultent du dysfonctionnement d'un ensemble de fonctions cognitives mobilisées dans la cognition sociale.
- Ce ne sont donc pas ces troubles de la cognition sociale qui nous intéressent directement ici, mais bien les fonctions cognitives et leurs troubles pouvant éclairer, entre autres dysfonctionnements comportementaux, ceux impliqués ici.

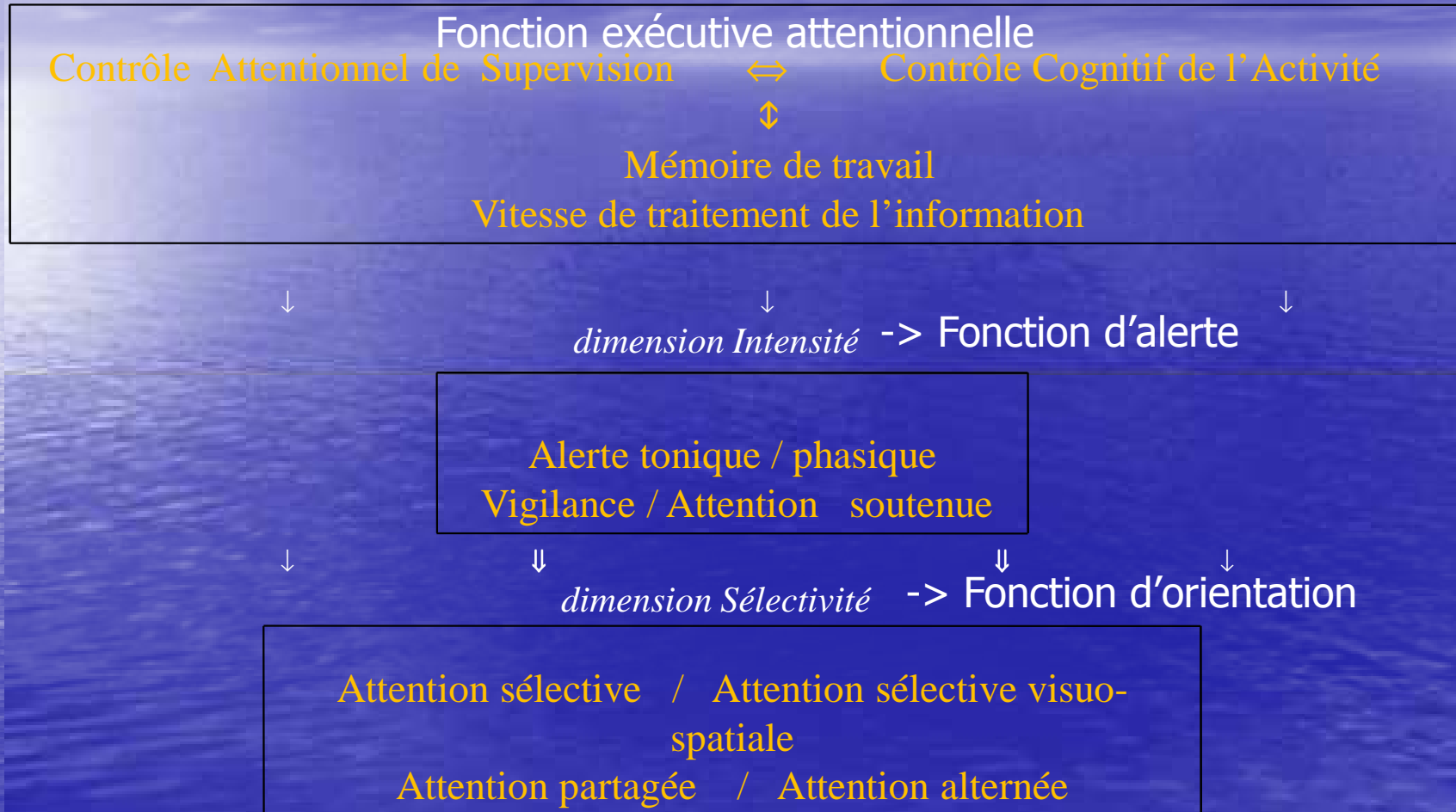
Trouble de la neuromodulation sensorielle

- O.I. Lovaas et al. (1971) ont fait du trouble de l'intégration et de la modulation sensorielle, émotionnelle et posturo-motrice, le trouble essentiel éclairant le caractère hypersélectif de l'attention focalisée, ainsi que leur hyper- ou hyporéactivité aux stimuli sensoriels (E.M. Ornitz, 1974), l'association perceptive intermodale étant également perturbée (C.Q. Bryson, 1972).

- « le fait de porter son attention sur un élément perceptif peu pertinent par rapport au contexte (ex : la moustache plutôt que les yeux d'un visage), ou de ne pas maintenir suffisamment longtemps son attention pour intégrer l'ensemble des informations pertinentes relève probablement d'un trouble du traitement de l'information au niveau de processus plus élaborés que le traitement sensoriel périphérique » (M.H. Plumet).

(d'après P. Laporte, M. Pépin et M. Loranger, 2004)

Le système attentionnel

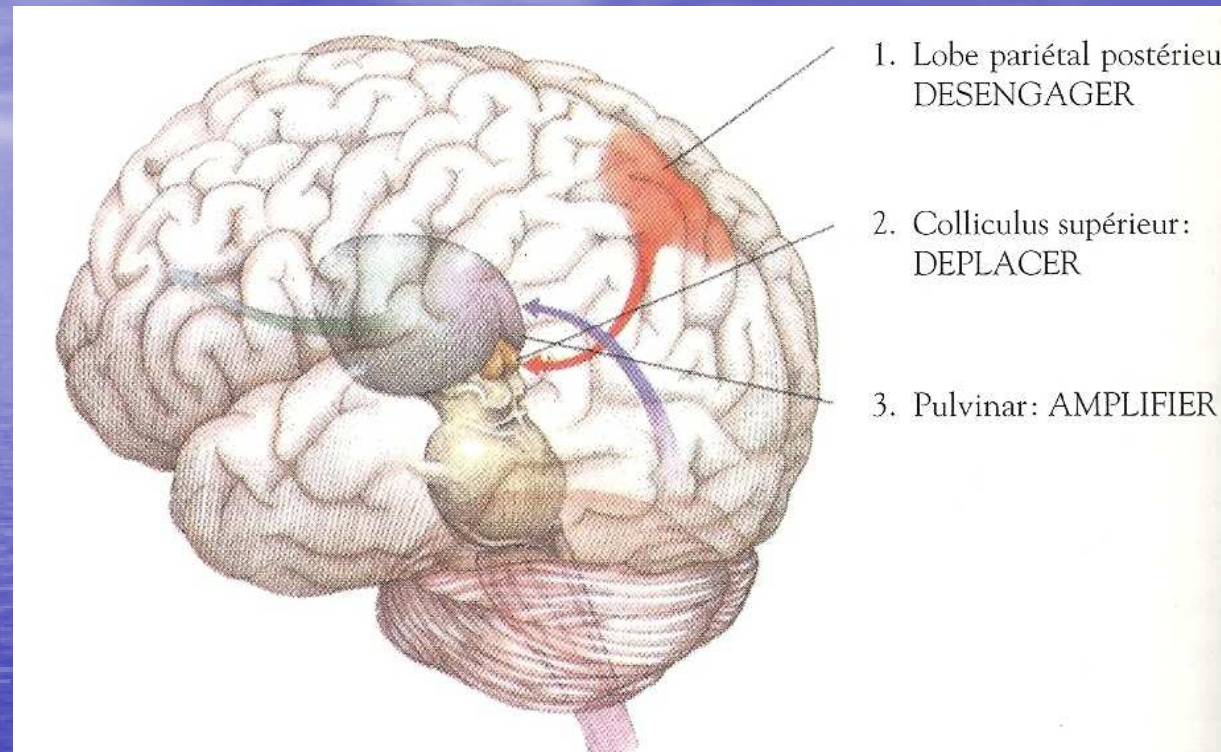


Les fonctions attentionnelles

- Attention sélective (i.e. focalisée) : capacité de maintenir le focus attentionnel sur la tâche à accomplir tout en inhibant les distracteurs. Dans sa dimension « focalisation », elle est une force attentionnelle (S. Ozonoff et P.L. Schetter, 2007).
- C'est sa dimension « filtrage des distracteurs » qui gênerait la détection de la cible (J.A. Burack, 1994) Ce résultat semble toutefois en lien avec le niveau intellectuel.

- La recherche attentionnelle visuelle : c'est une des forces d'origine plus perceptives (meilleure capacité de discrimination des stimuli) qu'attentionnelle (L. Mottron, 2006).
- L'attention soutenue est normale pour des cibles non sociales (D.M. Pascualvaca et al., 1998); elle est une force cognitive (S. Ozonoff et P.L. Schetter, 2007).
- Trouble de la vigilance anormalement élevée => fluctuation dans la saisie des données

- Il existe un trouble de la fonction d'orientation attentionnelle au niveau du désengagement du focus attentionnel et du déplacement de ce focus (i.e. Shifting) : perturbation de l'attention sélective visuo-spatiale (S. Ozonoff et P.L. Schetter, 2007; L. Mottron, 2006).
- Ce dernier retentit sur les capacités en attention partagée / alternée (S. Ozonoff et P.L. Schetter, 2007).



(d'après Posner et Raichle, 1997)

Les fonctions exécutives

Les fonctions attentionnelles sont souvent considérées comme faisant partie de l'ensemble des fonctions exécutives, un sous-domaine du système attentionnel étant de nature exécutive (le SAS).

- Le système exécutif en lui-même concerne 6 dimensions principales : l'inhibition de la réponse, la contrôle de l'interférence, la mémoire de travail, la flexibilité (set shifting), la planification de l'action et la fluidité mentale (E.G. Willcutt et al.,(2005); J.A. Sergeant et al.,(2002); A. Miyake et al.,(2000)).

- En 1991, S.B. Rogers et B.F. Pennington, ont théorisé l'autisme comme conséquence d'un certain nombre de troubles exécutifs (voir E.L. Hill, 2004).
- Il existerait, mais de façon non constante en dehors des situations de traitement de l'information complexe, des difficultés de planification, d'organisation, de générativité (i.e. fluidité) et de flexibilité cognitive (persévérations) (F. Lussier et J. Flessas, 2009; B. Rogé, 2008; S. Ozonoff et P.L. Schetter, 2007).

- L'inhibition de réponses prédominantes (type tâche de Stroop) n'est pas atteinte (E.M. Griffith et al., 1999). C'est une force cognitive (S. Ozonoff et P.L. Schetter, 2007).

- De récents travaux montrent toute l'importance des fonctions exécutives dans l'apprentissage et dans la communication (théorie de l'esprit, pragmatique)(S. Corkery et M. Fairweather, 2009; S. Ozonoff et P.L. Schetter, 2007)

Les fonctions mnésiques

- La mémoire de travail est intacte.
- Ce qui caractérise en fait, les processus de mémorisation est leur « qualité déviante » : les performances de rappel ne sont pas significativement améliorées par la structuration du matériel à mémoriser, telles que des phrases (avec/ ou sans, signification) ou des suites de sons.(...)

(...) Les personnes atteintes d'autisme ne paraissent pas, ou peu, s'aider de la structure sémantique ou temporelle des éléments pour les mémoriser. Qu'il s'agisse d'un problème d'encodage (faiblesse de la restructuration des données) ou de récupération, cela aboutit à une mémorisation très « littérale », encombrant probablement la mémoire de travail » (M.H.Plumet).

C'est ce qui fait dire à L. Mottron (2006) que « la relation entre mémoire de surface, la mémoire des aspects physiques de l'information, et la mémoire profonde (aspect abstrait ou conceptuel) est différente. La mémoire des personnes autistes fonctionne avec un niveau de performance normal, mais le rôle de la mémoire perceptive paraît y être plus important dans les tâches qui peuvent être réalisées de deux façons différentes, l'une « superficielle » et l'autre « profonde » ».

- Ceci peut être considéré comme constituant une faiblesse mnésique générant des difficultés en mémoire de travail (S. Ozonoff et P.L. Schetter, 2007).

Les praxies

- Un trouble d'acquisition de la coordination (T.A.C.) a bien été mis en évidence dans le Syndrome d'Asperger (faire du vélo, attraper une balle, etc...)
- Ce trouble s'accompagne d'éléments de dyspraxie dysgraphique sous forme de macrographie essentiellement.

- Chez les enfants atteints d'autisme, on observe fréquemment une lenteur graphomotrice.
- Les profils du fonctionnement intellectuel obtenus à la WISC III par B.J. Freeman et al. (1985) et A.J. Lincoln et al. (1988), tels que rapportés par F. Lussier et J. Flessas (2009) mettent en évidence une réussite aux « Cubes » particulièrement marquée : A. Shah et U. Frith (1993) en font un « marqueur de l'autisme » vs Asperger.

- Les notes standard aux sub-tests « Arithmétique » et « Assemblage d'objets » se trouvent dans le normal moyen, voire normal moyen fort.
- Ainsi, associées à « Cubes », la triade caractéristique d'éléments de dyspraxie visuo-spatio-constructive quand elle est effondrée, ne se retrouve donc pas.

- Ces compétences visuo-spatiales constituent même un domaine de forces sur lequel les programmes de remédiation des fonctions exécutives chez l'enfant atteint d'autisme peuvent s'appuyer (voir par exemple P. Schetter, 2004, « *The R.O.P.E.S. Program* » utilisant des organisateurs graphiques, représentations visuelles organisant l'information pour son utilisation ultérieure)

Éléments théorico-cliniques pour une rééducation neurocognitive en réseau complexe

Pierre Laporte Congrès Autisme
03/12/11

- Chaque fonction cognitive considérée est l'expression fonctionnelle d'un ou plusieurs réseaux neuronaux structurels distribués à grande échelle selon l'expression princeps de M.-M. Mesulam (2000).
- « Le mot « **structure** » sera utilisé pour désigner ce qui exprime *l'arrangement* des éléments d'un système, dans le cadre du modèle théorique choisi pour l'étude de ce système » (P. Delattre, 1985).

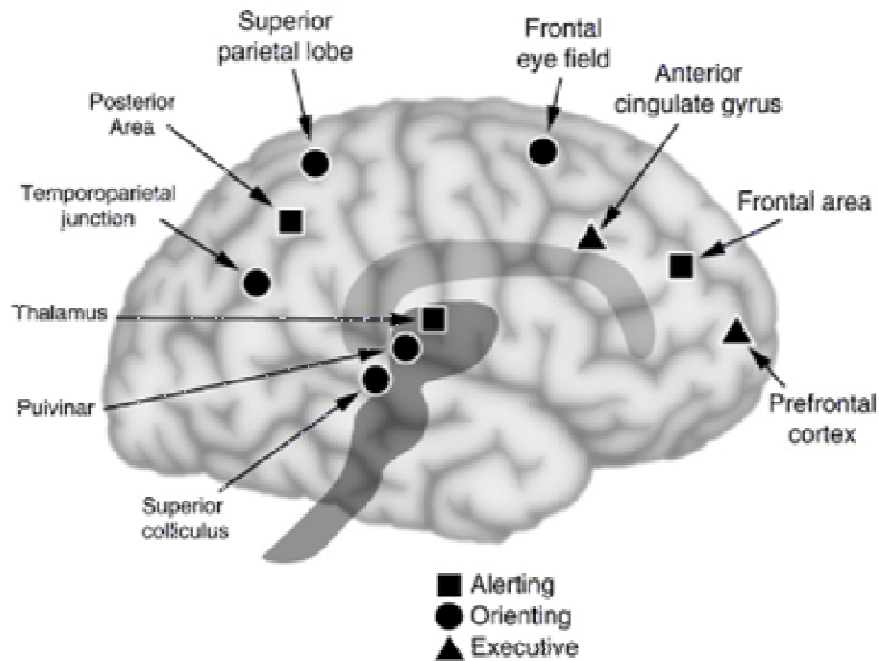
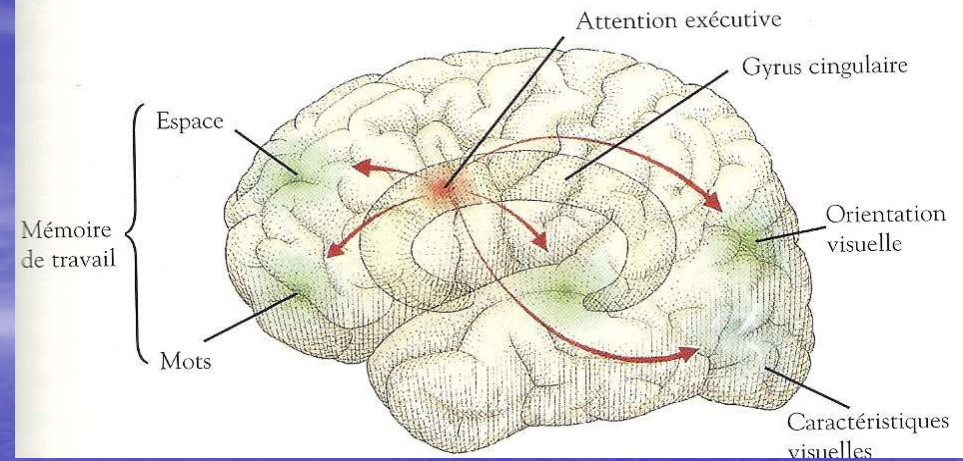


Fig. 1. This figure illustrates cortical areas involved in three attention networks. The alerting network (squares) includes thalamic and cortical sites related to the brain's norepinephrine system. The orienting network (circles) is centered on parietal sites (discussed below) and the executive network (triangles) includes the anterior cingulate and other frontal areas.

(d'après M.I. Posner et al., 2006)



(d'après Posner et Raichle, 1997, trad. fr., 1998 : A partir de son site de contrôle dans le cingulaire antérieur, le réseau de l'attention exécutive réalise différentes fonctions, comprenant le contrôle de la mémoire de travail, l'orientation visuelle et le traitement des caractéristiques visuelles).

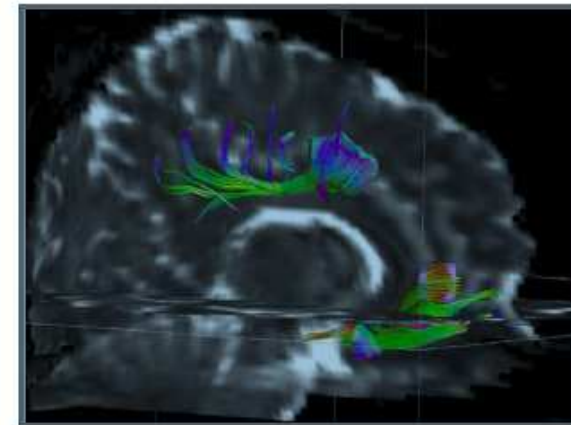
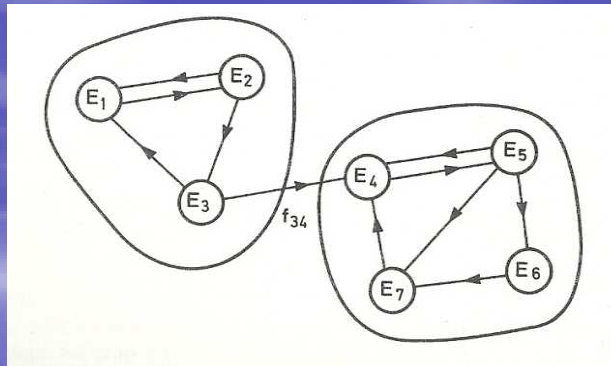


Fig. 2. The results of the Diffusion Tensor Imaging study of the structural connectivity of the dorsal and ventral anterior cingulate. The colors indi-

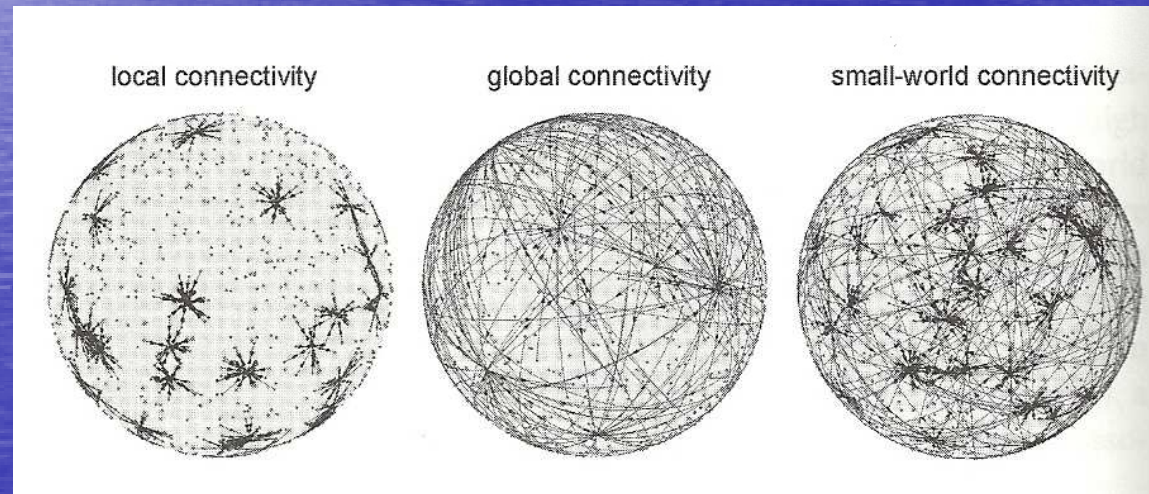
- En suivant les analyses épistémologiques de Pierre Delattre, nous dirons que « la notion de **systeme** peut être définie, de manière tout à fait générale, comme correspondant à un *ensemble d'éléments en interaction* » (P. Delattre, 1985)
- C'est ainsi que les relations « structure-fonction » expriment les relations existant entre la structure et ses propriétés au sein du système considéré.

- Les réseaux neuronaux interconnectés constituent la structure du système neurocognitif.
- Cette notion de système est extrêmement importante, le cadre de la théorie des systèmes étant celui dans lequel nous nous situerons compte tenu de son importance dans les conceptions les plus récentes des neurosciences cognitives.

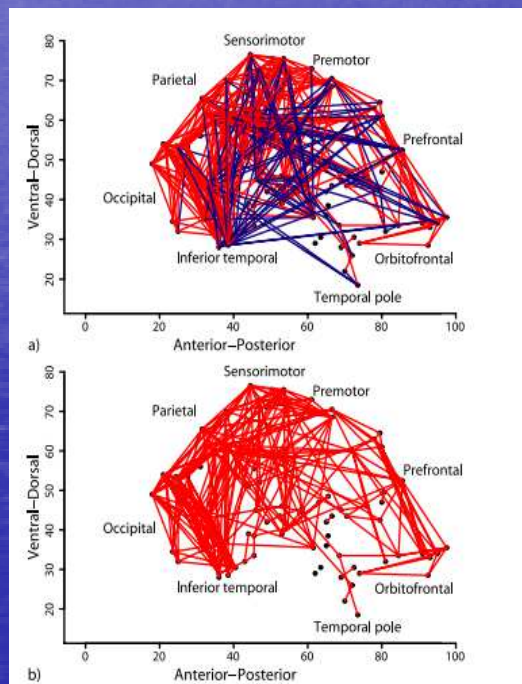
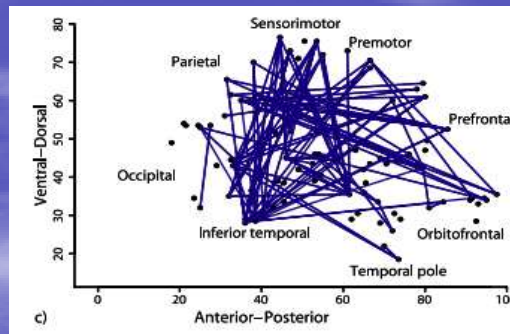
- Dans ces conceptions, le système réel est en fait représenté schématiquement par un graphe. « Ce dernier correspond à une représentation topologique et non pas à une représentation spatiale au sens habituel du terme, des éléments et de leurs interactions » (P. Delattre, 1985)



(d'après P. Delattre, 1985).



(d'après O. Sporns, Networks of the Brain, 2011)



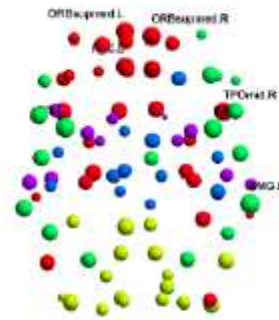
(d'après Achard, S. et al). A Resilient, Low-Frequency, Small-World Human Brain Functional Network with Highly Connected Association Cortical Hubs. *The Journal of Neuroscience*, January 4, vador, R., Whitcher, B., Suckling, J., Bullmore, Ed. (2006, 26 (1) : 63-72).

Pierre Laporte Congrès Autisme
03/12/11

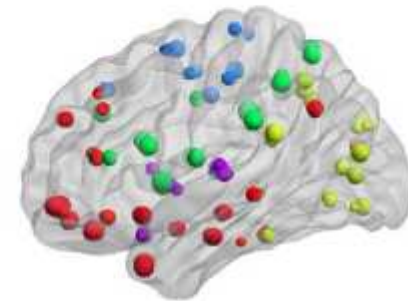
Main interface



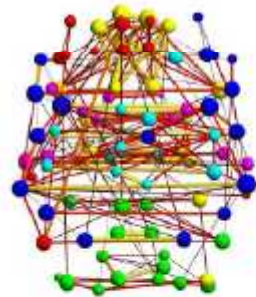
1) Brain Surface



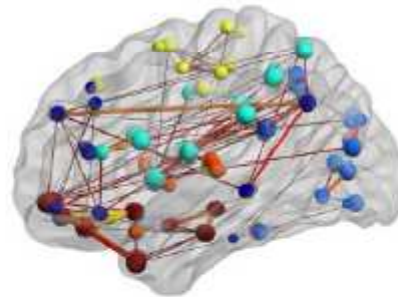
2) Nodes



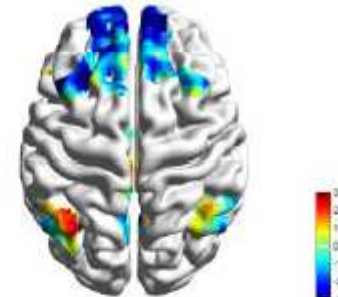
3) Surface & Nodes



4) Nodes & Edges



5) Surface & Network



6) Volume mapping

BrainNet Viewer: A graph-based brain network mapping tool



Mingrui Xia¹, Jinhui Wang¹, Yong He¹

¹State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, Beijing Normal University, Beijing, China



Pierre Laporte Congrès Autisme
03/12/11

Systeme complexe

- Le système neurocognitif est un **système complexe**. « La complexité est l'état d'un système composé d'un nombre quelconque (supérieur à 1) d'éléments, ou de sous-systèmes, qui présente l'émergence de propriétés non directement prédictibles à partir de la seule étude de ses éléments, ou de ses sous-systèmes, constitutifs *considérés indépendamment les uns des autres* (J. Ricard, 2008).

- C'est ainsi que, pour certains théoriciens (notamment G. M. Edelman, 2006, pour ne citer que l'un des plus connus), les fonctions cognitives émergent du fonctionnement des réseaux neuronaux qui les supportent, c'est-à-dire dont elles sont la propriété émergente. Une propriété émergente n'appartient donc pas à chacun des éléments individuels du système complexe.

- La dynamique du système complexe neurocognitif est non-linéaire et ses réseaux neuronaux éléments constitutifs sont de nature fractale, ce qui signifie que leur configuration structurale est invariante d'échelle (i.e. self-similar, i.e. scale -free, i.e. scale invariant, selon E. Bullmore et O. Sporns, 2009).

- Permettez-nous de souligner ici ce point théorique fondamental pour une compréhension intégrée, non seulement des relations réseaux neuronaux/cognition, mais aussi de la nature profonde de l'Être humain dans son **unité neuropsychologique**.

- Précédemment (P. Laporte, 1996,2000a, 2000b, 2009), j'ai proposé ces liens structuro-fonctionnels entre système complexe à la dynamique non-linéaire (i.e.théorie du chaos) (M. Breakspear, 2004 ; R.S.J. Frackowiack et al., 1997) , structure fractale de l'organisation cérébrale en ses diverses échelles des différents niveaux considérés, et les propriétés d'émergence qui en sont, ipso facto, autorisées. Ceci s'est avéré rejoindre les conjectures théoriques exposées dans divers travaux (D. S. Bassett et al., 2006 ; O. Sporns, 2006).

La modularité des neurosciences cognitives

- Pour désigner les réseaux neuronaux réels, neurobiologiques, organisés en sous-systèmes, la plupart des théoriciens (O. Sporns, 2011 ; Z. J. Chen, 2008) ont conservé le terme de « module » devenu synonyme de « réseau neuronal réel ».

- On appelle **module**, « un sous-ensemble d'unités du réseau, tel que les connexions entre ces unités sont plus denses que les connexions avec le reste du réseau. (...). (C'est ainsi) que les fonctions cérébrales reposent sur la coordination d'une mosaïque d'assemblées neuronales, distribuées sur l'ensemble du cerveau, et connectées fonctionnellement au sein d'une même structure dites « **modulaire** » (M. Chavez et al., non daté).

- L'ensemble des réseaux neuronaux modulaires constitue un « connectome » structuro-fonctionnel (O. Sporns, 2011), ce qui signifie qu'ils sont interconnectés et travaillent massivement en parallèle.
- Ainsi, il convient de se méfier de l'aspect spectaculaire des représentations en imagerie cérébrale, à l'instar de ces images que sont les cartes d'activation en IRMf ou en encore les cartes de reconstruction de sources en PET Scan, IRMd par exemple.....(voir par exemple S.M. Smith et al. (2009).

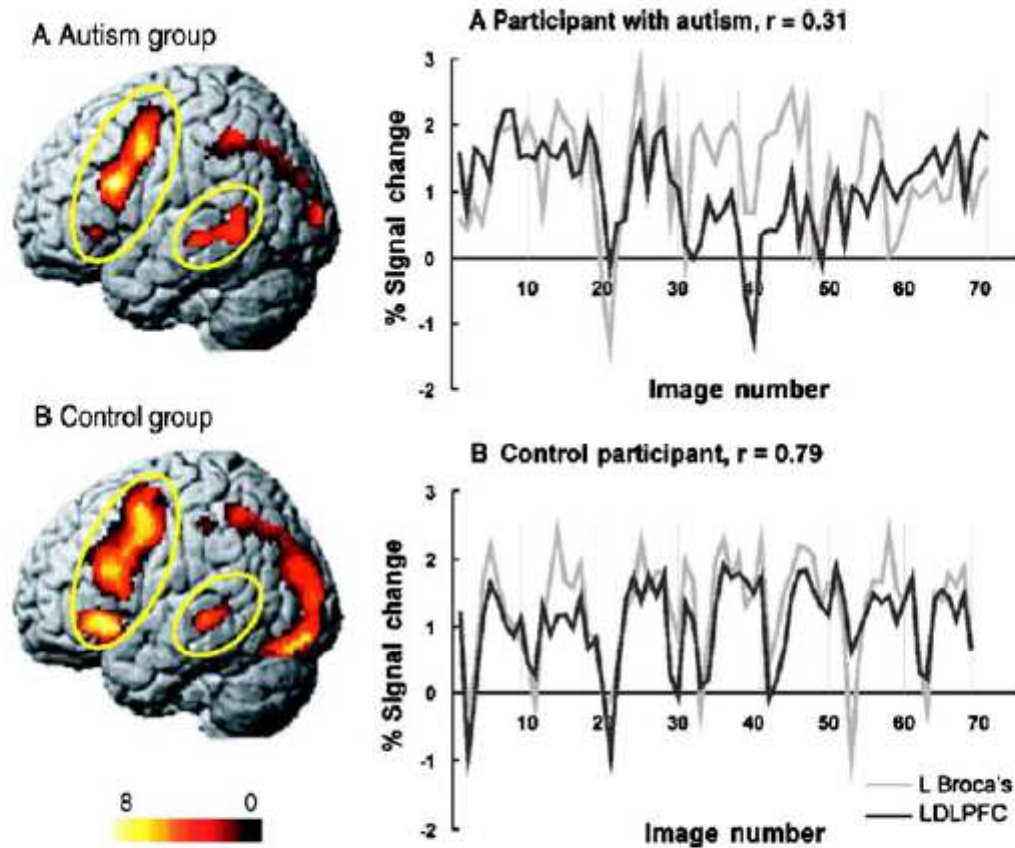
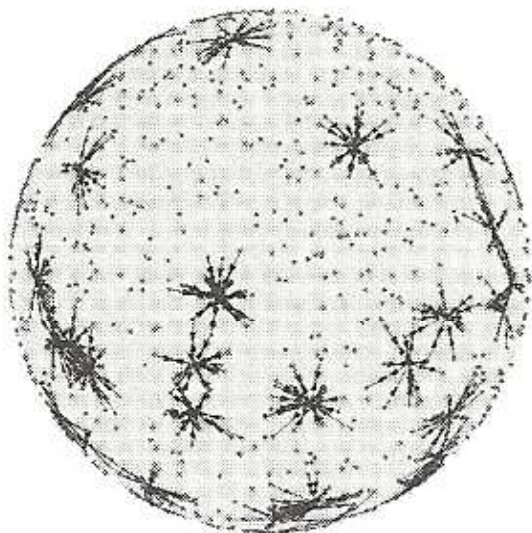


Fig. 6 *Left* Brain activation of autistic (a) and control (b) groups (sentence versus fixation contrast). Autistic participants show less activation in the left inferior frontal gyrus (LIFG) than the control group, but more activation in the left posterior superior temporal gyrus (LSTG) than the control group. *Right* Examples of functional connectivity between left dorsolateral prefrontal cortex (LDLPFC) and LIFG (Broca's area) in individual participants, shown as the

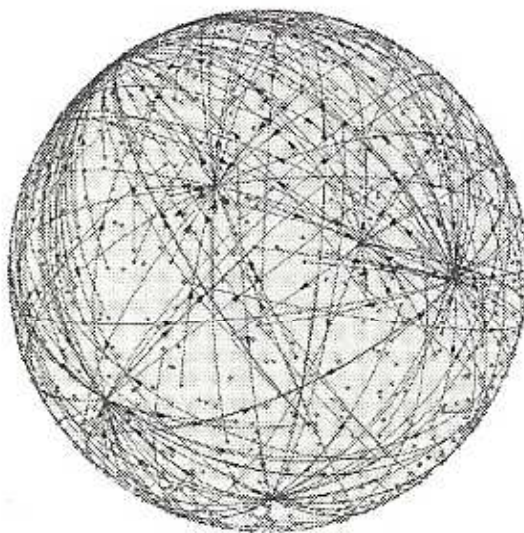
activation time series in the two brain regions, with *vertical bars* indicating boundaries between seven epochs of sentences of the same type. *c* Autistic participant with low functional connectivity, $r=0.31$, where the two time series do not closely track each other. *d* Control participant with high functional connectivity, $r=0.79$, where the activation time series in the two regions is highly similar. (From Just, Brain 2004 with permission)

(d'après J.S. Verhoeven et al., *Neuroimaging of autism*, 2010)

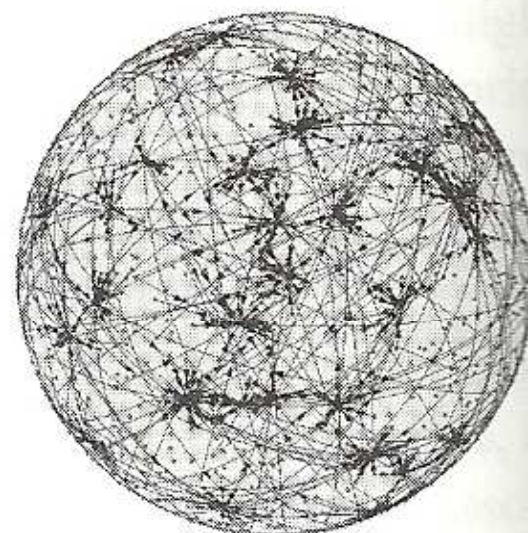
local connectivity



global connectivity



small-world connectivity



(d'après O. Sporns, Networks of the Brain, 2011)

- Notre cerveau est ainsi un réseau global complexe au sein duquel l'information est continuellement transformées et transportées entre des régions fonctionnellement liées topologiquement réparties dans l'espace.
- Ces connexions fonctionnelles sont organisées en regroupements « courte-distance » (small-world) eux-mêmes reliées par des connexions longue-distance assurant un niveau élevé de communication globale à l'intérieur du connectome global.

- O. Sporns (2006) a proposé que la fractalité puisse être une contribution puissante à l'émergence des « small-world » au sein des réseaux neuronaux distribués à large-échelle.
- Il existe en effet, une forte ressemblance entre les caractéristiques structurelles et fonctionnelles des patterns fractals de connexions et la réalité des patterns neuroanatomiques; cette ressemblance supporte l'hypothèse originale relative aux patterns fractals des connexions corticales.

- M.P. Van den Heuvel et al. (2009) ont montré qu'il existait une corrélation entre l'efficacité de l'intégration des informations entre plusieurs régions du cerveau et le niveau de fonctionnement intellectuel général : il existe une forte association positive entre le rendement global des réseaux fonctionnels cérébraux et les performances intellectuelles.

- La nature modulaire fractale du connectome global me semble participer à ces résultats en facilitant, par le fait même, la communication intégrative.

PLASTICITE CEREBRALE ET NEUROPSYCHOLOGIE DEVELOPPEMENTALE

- *« Etude des relations réciproques co-constructives entre l'activité psychologique et l'activité cérébrale correspondante, ceci du point de vue de leur genèse développementale (i.e. de leur co-construction constante tout au long de la vie du sujet), c'est-à-dire l'étude des effets des évolutions / modifications du cerveau sur les affects/cognitions/comportements et réciproquement des évolutions / modifications des affects/cognitions/comportements sur l'organisation et la dynamique structuro-fonctionnelle du cerveau » (P. Laporte et M.C. Guay, 2006 a).*

- La notion de co-construction indique que « l'architecture complexe du Système Nerveux, cet édifice de cent milliards de cellules, neurones et cellules gliales, est le résultat de la **confrontation** d'un *programme* d'une extraordinaire précision et d'un *environnement* d'une extraordinaire diversité » (A. Privat, 1994)

- C'est bien ce qui fait dire à S. de Schöenen et al. (1994) que « l'étude de la plasticité du système nerveux, aussi bien celle qui se manifeste dans le développement normal des compétences cognitives, que celle relative aux réorganisations neuronales et aux récupérations de compétences consécutives à une lésion cérébrale, est une approche nécessaire pour comprendre les mécanismes sous-tendant les compétences cognitives ».

- Cela rejoint les récents travaux de S. Dehaene et L. Cohen sur l'impact de l'apprentissage de la lecture sur le cerveau. Notion de « recyclage neuronal » : « C'est la plasticité synaptique (...) qui autorise une reconversion partielle de l'architecture du cortex visuel des primates au cas particulier que pose la reconnaissance des lettres et des mots » (S. Dehaene, 2007).

- « **Plasticité structurale** : elle implique une modification physique des neurones et des circuits neuronaux ;
- **Plasticité fonctionnelle** : elle implique une modification de l'efficacité des circuits neuronaux et se situe à deux niveaux : celui du neurone, élément unitaire du système nerveux, qui peut se traduire par une modification des synthèses des neurotransmetteurs, de seconds messagers, de la transduction au niveau d'une cellule sensorielle ; celui de la synapse qui peut voir ses paramètres fonctionnels spatiaux et temporels modifiés par une influence extérieure hormonale ou ionique ;

- **Plasticité phénotypique** : Elle emprunte à la fois à la structure et à la fonction, sans les modifier formellement. Cette plasticité utilise la redondance des circuits, soit en activant des circuits dormants, n'intervenant pas, ou plus, dans le fonctionnement normal du système nerveux, soit en détournant de leur fonction certains circuits en les faisant participer à un ensemble et à une fonction qui ne sont pas les leurs » (A. Privat, 1994).
- Les phénomènes de Potentialisation à long terme (PLT) et de dépression à long terme (DLT) relèvent de la plasticité fonctionnelle. Il en est de même des processus de **métoplasticité synaptique**.

- « Au plan **métoplasticitaire**, il a été établi que les modifications « activité-dépendante » de l'efficacité synaptique (intensité et sens LTP, LTD) traduisant la plasticité des synapses, sont elles-mêmes sous la dépendance de processus métoplasticitaires (plasticité de la plasticité synaptique). (...)

(...) Le concept central de la métaplasticité est la notion que l'historique des activations cellulaires / synaptiques est la clé déterminant comment les synapses modifient leur réponse aux patterns spécifiques d'activité. La neuromodulation peut être ainsi cause de métaplasticité. (...)

(...) Si l'exposition antérieure à un neuromodulateur (e.g. dopamine, norépinéphrine) produit un changement persistant des propriétés de la plasticité synaptique « activité-dépendante », on peut dire que l'historique des activations de cette cellule / synapses par ce neuromodulateur a engendré un processus métaplastique durable »(P. Laporte, 2006 b; B.D. Philpot et *al.*, 1999).

Développement des réseaux neuronaux

L'organisation va en se complexifiant et en se densifiant par le biais de réorganisations caractérisées par le passage d'une connectivité courte-distance durant les premières années à une connectivité longue-distance; par une densification de la connectivité; par une augmentation du volume de la substance blanche et par une modification de l'organisation hiérarchique et de la connectivité inter-régionale.

- Ainsi, K. Supekar et al.(2009) ont constaté que chez l'enfant, les zones sous-corticales sont plus fortement liées aux zones sensorielles primaires, associatives et paralimbiques, alors que chez le jeune adulte la connectivité cortico-corticale est plus forte avec les zones paralimbiques, limbiques et associatives.

- Ils ont constaté également que le développement des réseaux neuronaux distribués à grande échelle est caractérisé par un affaiblissement de la connectivité à « courte-portée » en lien avec un renforcement de la connectivité à « longue-portée ». Ces résultats retrouvent ceux obtenus par D.A. Fair et al. (2009) montrant que le développement des réseaux neuronaux fonctionnels se fait d'une organisation locale à une organisation distribuée à grande échelle (from a « Local to Distributed » Organization) ou encore ceux de J.D. Power et al. (2010).

- Ici aussi, la nature fractale « small-world » intervient :
- D.S. Bassett et al. (2006) ont ainsi montré que l'architecture fractale « small-world » jouait un rôle déterminant dans la reconfiguration des réseaux neuronaux au cours du développement.

- Y. Fan et al. (2011) soutiennent avec pertinence que l'organisation topologique « économique » small-world et l'organisation fonctionnelle modulaire non-linéaire favorisent grandement ces processus développementaux de réorganisation anatomo-fonctionnelle via les processus de plasticité cérébrale les autorisant.
- Nous rajouterons que c'est la similarité fractale structurelle des small-world qui favorise ce que ces auteurs ont montré de la facilitation de la synchronisation rapide et du transfert de l'information avec un coût minimal de recâblage, ceci permettant de maintenir un équilibre entre les processus locaux et l'intégration globale de l'information.

- il est donc aisé de comprendre que c'est bien l'ensemble de ces données qui permet d'avancer que ce sont bien « ces processus, (via la plasticité et la métaplasticité) qui rendent, en eux-mêmes, possibles, pertinents et efficaces, les objectifs de rétablissement fonctionnel et/ou de réorganisation anatomo-fonctionnelle, visés par le type de remédiation que nous appelons neurocognitive » (P. Laporte et M.C. Guay, 2006).
- Je vous invite à consulter un ouvrage récent, très instructif, à ce sujet, sous la direction de Sarah A. Raskin : *Neuroplasticity and Rehabilitation* (The Guilford Press, 2011).

La remédiation neurocognitive en réseau complexe

- Dans les années 1960-70, Alexander R. Luria et Lev S. Vygotsky en Russie, Yehuda Ben-Yishay, Manfred J. Meier, Lance E. Trexler, etc.. aux Etats-Unis, ont jeté les bases de la réhabilitation/ remédiation neuropsychologique (voir notamment M.J. Meier, A.L. Benton et L. Diller : « *neuropsychological rehabilitation* », 1987) .

- Une clarification terminologique s'impose tant il règne une certaine confusion dans l'utilisation de notions prises pour synonymes :
- **La réadaptation(i.e. réhabilitation) neuropsychologique** : Si, historiquement, la réadaptation neuropsychologique s'est adressée à des personnes cérébrolésées, il convient actuellement de généraliser sa portée en la définissant comme caractérisée par la mise en œuvre d'un ensemble de stratégies d'intervention visant, (...)

.../... chez la personne présentant des atteintes cérébrales étiologiquement diverses et considérée dans sa dimension bio-psycho-sociale, l'actualisation du potentiel résiduel relatif aux fonctions cognitives, non-cognitives et exécutives, ceci en tant que **réadaptation globale de l'ensemble des dimensions de vie du sujet.**

- **La réhabilitation cognitive** : Mc. M. Sohlberg et C.A. Mateer (1989), tout en précisant de plus les déficits cognitifs concernés, énoncent que « l'expression -réhabilitation cognitive - utilisée dans ce texte, réfère à une méthode thérapeutique destinée à accroître ou renforcer les capacités des individus à traiter et utiliser de façon suffisante le flux des informations qui leur arrivent afin de leur permettre une amélioration de leur fonctionnement dans la vie de tous les jours. (...)

- Ainsi conçue, la réhabilitation cognitive s'applique à ces méthodes thérapeutiques modifiant en fait, ou soulageant, les problèmes causés par les déficits de l'attention, des processus visuels, du langage, de la mémoire, du raisonnement, des stratégies de résolution de problèmes et des fonctions d'exécution ». (trad. libre).

- En 2001 dans leur nouvel ouvrage consacré à la réhabilitation cognitive au sein d'une approche neuropsychologique intégrée, ces auteurs précisent que « l'expression *réhabilitation cognitive* est peut-être trop restreinte en focalisant fortement sur la remédiation ou la compensation des habiletés cognitives amoindries. (...)

(...). Les termes *réhabilitation des personnes avec des dysfonctionnements cognitifs* indiquent probablement mieux l'importance accordée aux personnes atteintes que le simple objectif de *réhabilitation cognitive* » (trad. libre).

Elles proposent ainsi d'intégrer l'ensemble des variables contextuelles (personnalité, facteurs émotionnels, impacts sociaux des dommages cérébraux, etc...) dans les plans et objectifs des traitements, d'où la notion d'approche neuropsychologique intégrée de la personne.

- **Rééducation (i.e. remédiation)** : Par contraste avec ces deux caractérisations de la notion de réadaptation, il est alors dénommé **rééducation** ou **remédiation** toute intervention thérapeutique « qui porte essentiellement sur des aspects particuliers, comme la marche, la préhension, le langage, l'exploration visuelle, etc..., et qui (fait de plus) abstraction du rôle des facteurs environnementaux, comme le milieu familial, social et culturel » (B. P. Scherzer et al., 1993).

- Examinons maintenant les différents types de stratégies d'intervention neuropsychologique tels qu'une recension de la littérature a permis à B. A. Wilson (1996) et à M.P. de Partz (1994) de les catégoriser :

- **Les stratégies de rétablissement** : Leur objectif fondamental est de restaurer, rétablir une fonction cognitive perdue dans son mode de fonctionnement antérieur, ceci « par l'exercice, la pratique ou la stimulation de l'habileté perdue » (B.A. Wilson, 1996).
- **Les stratégies de réorganisation** : L'objectif de ces stratégies est de tenter « d'obtenir une réorganisation anatomique, c'est-à-dire de faire en sorte qu'une région non lésée du cerveau prenne en charge la fonction d'une région lésée » (B.A. Wilson, 1996).

- **Les stratégies de facilitation :** Ces stratégies sont proposées pour des altérations qui s'apparentent à un **déficit d'accès** à des informations, règles ou procédures par ailleurs intactes.
- **Les stratégies d'optimisation :** Nous appellerons ainsi cette quatrième approche décrite par B.A. Wilson (1996) consistant à « apprendre aux gens à utiliser leurs habiletés résiduelles. (...) à faire un meilleur usage de leurs habiletés déficitaires ».

- **Les stratégies de substitution** : (je propose de substituer cette expression à celle de "stratégies palliatives" utilisée par les auteurs en question) : Lorsque les stratégies de rétablissement, de réorganisation ou de facilitation n'ont pas permis une amélioration suffisante des fonctions cognitives du sujet, un ensemble de modifications de l'environnement et de mise au point d'aides externes peuvent contribuer à diminuer l'impact du déficit neuropsychologique.

Vous l'avez remarqué, cette classification porte sur les stratégies d'intervention auprès des personnes présentant des atteintes cérébrales.

L'émergence des troubles neurodéveloppementaux et des interventions spécifiques les concernant, rend nécessaire l'introduction d'un nouveau type d'intervention que j'appellerai :
stratégie d'intervention neurodéveloppementale cognitive.

Principes de la remédiation neurocognitive en réseau complexe

- A) Toute intervention en remédiation neurocognitive doit prendre pour point de départ le profil évaluatif des forces et faiblesses neurocognitives doublé par la prise en considération des forces et faiblesses psychodynamiques incluant tant les dimensions intrapsychiques qu'inter-individuelles (famille, groupe d'appartenance, variables sociologiques).

- B) Au plan neurocognitif, l'étayage théorico-clinique de ce type d'intervention se trouve:
 - 1) Dans l'existence des processus de plasticité cérébrale, de métaplasticité synaptique et de neurogenèse post-natale
 - 2) Dans l'organisation en modules interconnectés du système neurocognitif global

- Dans la nature structurellement fractale et dynamiquement non-linéaire de ce système complexe neurocognitif
- Enfin dans la prise en considération des anomalies de conduction au niveau de la substance blanche.

- En effet, de récents travaux ont montré l'existence d'anomalies non spécifiques de la substance blanche (E. Anagnostou et al., 2011; M-A Lauvin-Gaillard et al., non daté (2010 ?); J.S. Verhoeven et al., 2010). Ils ont montré en particulier des altérations de la substance blanche au niveau de ces importantes voies assurant les communications à longue distance et inter-hémisphériques, voies dont l'intégrité est nécessaire pour une bonne efficacité fonctionnelle de ces fonctions cognitives de haut niveau que sont les fonctions exécutives, les tâches Théorie de l'esprit et la cognition sociale.

- Ceci rejoint les travaux de J.S. Anderson et al. (2010) sur les déficits de la connectivité fonctionnelle interhémisphérique dans l'autisme.

- C) Toute intervention sur une fonction cognitive donnée, donc le niveau « réseau neuronal » la sous-tendant, doit être en lien avec le sous-système neurocognitif mobilisé.

Par exemple, une intervention de rémédiation neurocognitive sur la dimension « sélectivité » du système attentionnel, doit être impérativement « doublée » d'une intervention sur la dimension « intensité » de ce système, sous peine de provoquer un dysfonctionnement de cette dernière (W. Sturm, 1999).

- D) Les liens fonctionnels entre divers modules doivent être considérés : ainsi, sachant que le système attentionnel est en lien hiérarchique avec le système mnésique, toute rééducation mnésique devrait intégrer une intervention (entraînement) sur le système attentionnel, même si ce dernier est fonctionnel.

- E) Toute intervention neurocognitive devrait intégrer dans son plan, une intervention sur les sous-systèmes exécutif (incluant la vitesse de traitement), attentionnel et mnésique, même si ces derniers sont fonctionnels; ceci est en lien avec la notion de « réserve cognitive » (Y. Stern, 2011; Kalpouzos, G. et al., 2008) et de connectome.

- Réserve cognitive : « notion très récente et complexe qui peut être définie comme la capacité d'optimiser ses performances par le recrutement accru du réseau cérébral normalement impliqué d'une part, et, d'autre part, par le recrutement de réseaux cérébraux différents et/ou l'utilisation de stratégies cognitives alternatives » (G. Kalpouzos et al., 2008).

- Cela rejoint l'une des propriétés essentielles des réseaux neuraux qui est que « les liaisons fonctionnelles entre leurs régions sont labiles. Ainsi, un réseau verra ses propriétés –et donc la fonction qu'il incarne- se modifier selon les régions qu'il incorpore. On sait qu'un réseau pariéto-frontal, bien défini, constitue les bases neurales de la mémoire de travail visuo-spatiale permettant de retenir à court terme des stimuli comme, par exemple, une configuration de points. La nature des régions qui peuvent s'ajouter à ce réseau « de base » dépend à la fois du type de stimulus et du type de tâche à effectuer, et, selon Randy MacIntosh et al., du *contexte neural* (1999). Ainsi, selon le contexte neural, des régions supplémentaires peuvent rejoindre le réseau de base lorsque, par exemple, le sujet doit maintenir une configuration de chiffres plutôt que de points.

- F) Même si, au niveau du plan général d'intervention, différentes variables, dont les variables « écologiques », doivent être prises en considération, l'intervention neurocognitive doit être très spécifique relativement à une fonction cognitive donnée.
- Cela signifie que la tâche rééducative doit être au maximum épurée quant à la mobilisation d'autres fonctions cognitives.

- Notons bien que dire, par exemple avec I.H. Robertson (2002) ou encore W. Sturm (1999) que « des déficits attentionnels spécifiques doivent être rééduqués de façon spécifique », ne signifie pas « ne pas intervenir simultanément, de façon toujours respectivement spécifique, sur les autres processus du système attentionnel si cela s'avère nécessaire, (...ou) sur d'autres processus neuropsychologiques en lien » (P. Laporte et M.C. Guay, 2006).

- G) Il est bien évident que remédiation neurocognitive, réadaptation/réhabilitation neuropsychologique, intervention métacognitive et/ou psychodynamique cognitivo-comportementale, et thérapeutique psychotropique, sont complémentaires et doivent être proposées simultanément au sein d'un plan multimodal d'intervention.

Evaluation des stratégies d'intervention

- Elle est indispensable et doit faire partie de tout plan d'intervention.
- L'impact positif des stratégies d'intervention neurocognitive est corroboré par de nombreuses études référencées dans de nombreuses publications.

- Parce qu'ils font un survol récent de la littérature concernée, nous citerons ici R. G. O'Connel et I. H. Robertson (2011) ainsi que M. Oddy et A. Worthington (2009) relativement aux fonctions exécutives, J. Couillet et al. (2002), N.W. Park et J.L. Ingles (2001) pour les troubles de l'attention, T. Meulemans et S. Adam (2003) pour les troubles mnésiques, Mc. M. Sohlberg et C. A. Mateer (2001) pour l'ensemble des troubles cognitifs.

BIBLIOGRAPHIE

- Achard, S., Salvador, R., Whitcher, B., Suckling, J., Bullmore, Ed. (2006). A Resilient, Low-Frequency, Small-World Human Brain Functional Network with Highly Connected Association Cortical Hubs. *The Journal of Neuroscience*, 26 (1), 63-72.
- Adrien, J.L., Blanc, R., Couturier, G., Hamery, L., Bartélémy, C. (1998). Evolution psychologique d'enfants autistes suivis en thérapie d'échange et de développement. *Psychologie française*, 43(3), 239-247.
- Anagnostou, E., Taylor, M.J. (2011). Review of neuroimaging in autism spectrum disorders : what have we learned and where we go from here, *Molecular autism*, 2:4, <http://molecularautism.com/content/2/1/4>
- Anerson, J.S., Druzgal, T.J., Froehlich, A., DuBray, M.B., Lange, N., Alexander, A.L., Abildskov, T., Nielsen, J.A., Cariello, A.N., Cooperrider, J.R., Bigler, E.D., Lainhart, J.E. (2010). Decreased Interhemispheric Functional Connectivity in Autism, *Cerebral Cortex*, doi: 10.1093/cercor/bhq 190
- Ayres, A.J. (1979). *Sensory Integration and the Child*. Western Psychological Services, Californie.
- Azouvi P., Perrier D., Van der Linden M., eds. (1999). *La rééducation en neuropsychologie : études de cas*. Marseille : SOLAL, éditeur ; Coll. Neuropsychologie.
- Baghdadli, A., Noyer, M., Aussilloux, C. (2007). *Interventions éducatives, pédagogiques et thérapeutiques proposées dans l'autisme*. CREA – Languedoc-Roussillon- DGAS.
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., Frith, U (1985). Does the autistic child have a "theory of mind"? *Cognition*, 21, 37-46.
- Barthélémy, C. (2001). La thérapie d'échange et de développement. *Le Bulletin scientifique de l'ARAPI*, 7, 45-48.

- Bassett, D.S., Meyer-Lindenberg, A., Achard, S., Duke, T. et Bullmore, E. (2006). Adaptive reconfiguration of fractal small-world human brain functional networks, *Proc Natl Acad Sci USA*, 103(51), 19518-19523.
- Bérubé L. (1991). *Terminologie de neuropsychologie et de neurologie du comportement*. Institut Philippe Pinel de Montréal. Montréal : Les Editions de la Chenelière.
- Breakspear, M. (2004). « Dynamic » connectivity in neural systems. *Neuroinformatics*, 2 :205-226.
- Bresson, F. (1987). Cognitif. *Vocabulaire de la psychologie (sous la dir. Henri Piéron)*, Paris : P.U.F., p. 83.
- Bryson, C.Q. (1972). Short-term memory and cross-modal information processing in autistic children. *Journal of Learning Disabilities*, 5, 81-91.
- Bullmore, E & Sporns, O. (2009). Complex brain networks : graph theoretical analysis of structural and functional systems. *Nat Rev Neurosci*, 10:186-198.
- Burack, J.A. (1994). Selective attention deficits in persons with autism : Preliminary evidence for an inefficient attentional lens. *Journal of Abnormal Psychology*, 103, 535-543.
- Chavez, M. Valencia, M., Latora, V. et Martinerie, J. (non daté). Caractérisation de la modularité fonctionnelle du réseau cérébral : application à l'épilepsie, <http://documents.irevues.inist.fr> (site consulté 15 / 09 / 2011).
- Chen, Z.J., He, Y., Rosa-Neto, P., Germann, J. et Evans, A.C. (2008). Revealing Modular Architecture of Human Brain Structural Networks by Using Cortical Thickness from MRI. *Cerebral Cortex*, 18, 2374-2381.
- Chevalier, N., Guay, M.C., Achim, A., Lageix, Ph., Poissant, H. (2006). *Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité : soigner, éduquer, surtout valoriser*. Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Corkery, S., Fairweather, M. (2009). The impact of executive function impairment on communication, in M. Oddy et A. Worthington (éd.) *The Rehabilitation of Executive Disorders : A guide to theory and practice*, Oxford, New York : Oxford University Press, 153-173.

- Couillet, J. (2002). Evaluation de l'efficacité d'une prise en charge de déficits spécifiques d'attention divisée d'un patient traumatisé crânien, *in* J. Couillet, M. Leclercq, C. Moroni, P. Azouvi (eds). *La neuropsychologie de l'attention*, Marseille : Solal, éditeur, 295-305.
- Dehaene, S. (2007). *Les neurones de la lecture*. Paris : Odile Jacob.
- Delattre, P. (1985). *Système, structure, fonction, évolution : essai d'analyse épistémologique*. Paris : Maloine.
- De Partz M.P. (1994). Rééducation et revalidation fonctionnelle. *In* : Seron X., Jeannerod M, eds. *Neuropsychologie humaine*. Liège : P. Mardaga ; 16 : 575-593.
- De Schönen S., Van Hout A., Mancini J., Livet M.O. (1994). Neuropsychologie et développement cognitif. *In* : Seron X, Jeannerod M, eds . *Neuropsychologie humaine*. Liège : P. Mardaga ; 14 : 487-527.
- Edelman G.M. (2006). *Second Nature. Brain Science and Human Knowledge*. Yale University Press. Trad. franc. Jean-Luc Fidel, 2007, *La science du cerveau et la connaissance*, Paris : Odile Jacob.
- Fair, D.A., Cohen, A.L., Power, J.D., Dosenbach, N.U.F., Church, J.A., Miezin, F.M., Schlaggar, B.L. et Petersen, S.E. (2009). Functional Brain Networks Develop from a « Local to Distributed » Organization. *PLoS Comput Biol.*, May, 5(5), e1000381.
- Fan, Y., Shi, F., Smith J.K., Lin, W., Gilmore, J.H., Shen, D. (2011). Brain anatomical networks in early human brain development. *NeuroImage*, 54, 1862-1871
- Frackowiak R.S.J., Friston K.J., Frith C.D., Dolan R.J., Mazziotta J.C. (1997). *Human Brain Function*. San Diego : Academic Press.
- Freeman, B.J., Lucas, J.C., Forness, S.R., Rivto, E.R. (1985). Cognitive Processing of High-Functioning Autistic Children : Comparing the K-ABC and the WISC-R, *Journal of Psychoeducational Assessment*, 4, 357-362.
- Frith, U., Morton, J., Leslie, A.M. (1991). The cognitive basis of a biological disorder : autism. *Trends in Neurosciences*, 14(10), 433-438.

- Gattegno, M.-P (2008). La prise en charge des personnes avec autisme et troubles envahissants du développement : l'intervention adaptée et individualisée. *A.N.A.E.*, 100, 305-310
- Gattegno, M.-P., Abenham, N., Fernier, A., Wolff, M. Adrien, J.L. (2007). *Les enfants avec autisme à l'école : le programme IDDEES*. Congrès scientifique – Paris : Institut de Psychologie.
- Gil, R. (2010). *Neuropsychologie*. 5^e éd., Paris : Elsevier Masson
- Griffith, E.M., Pennington, B.F., Wehner, E.A., Rogers, S.J. (1999). Executive functions in Young children with autism. *Child Development*, 70(4), 817-832.
- Hermelin, B., O'Connor, N. (1970). *Psychological Experiments with Autistic Children*. Oxford : Pergamon Press
- Hill, E.L. (2004). Executive dysfunction in autism. *Trends in Cognitive Science*, 8, 26-32.
- Kalpouzos, G., Eustache, F., Desgranges, B. (2008). Réserve cognitive et fonctionnement cérébral au cours du vieillissement normal et de la maladie d'Alzheimer, *Psychol NeuroPsychiatr Vieil*, 6(2), 97-105.
- Laporte, P. (2009). Des réseaux neuronaux à l'appareil psychique : heuristique d'une nouvelle théorie de l'émergence, *communication orale* au 72 ièmes journées Nationales de la Société Française de Psychiatrie de l'Enfant et de l'Adolescent et Disciplines Associées, Lille, 06 juin 2009. Non publiée.
- Laporte, P. & Guay, M.C. (2006a). Programmes de remédiation cognitive pour le TDAH. In : Nicole Chevalier et al. (eds) *Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité : soigner, éduquer, surtout valoriser*, Québec (Québec) : Presses de l'Université du Québec, 11 : 189-205.
- Laporte, P. (2006b). Place du médicament psychotrope dans les dysfonctionnements de la construction développementale neuropsychologique du sujet : analyse épistémologique et neurobiologique, *Actes du premier congrès international interdisciplinaire sur la Chaîne du médicament du 30 août-2 septembre 2005 : Le médicament : conception, production et consommation : perspectives interdisciplinaires pour un avenir commun : théories et pratiques, section 1- Nouveaux savoirs et pistes prometteuses* Montréal : Bibliothèque Nationale du Canada, 47-54. Publication électronique : <http://www.geirsomedicaments.uqam.ca/congres2005/ActesCongres2005.pdf>

- Laporte, P., Pepin, M. , Loranger, M. (2003). *L'Attentionnel : suite logicielle de rééducation des processus attentionnels*, Québec : Le Réseau Psychotech Inc.
- Laporte, P. (2000a). Chaos, fractale et plasticité cérébrale : neuropsychologie théorique des fonctions cognitives. *Int Journal of Psychology*, 35, 3/4, section 11601.07, 49. ICP Stockholm 2000 Abstract : e-book.lib.sjtu.edu.cn/iupsys/Pages/Abstract2/11601.07.html
- Laporte, P. (2000b). «De l'évaluation à l'intervention : non-linéarité», *Actes du colloque «Du bilan neuropsychologique aux démarches pédagogiques»*, 20-21 mars 2000, Lyon, Handicap International, coll. handicap et intégration, novembre 2000, p. 257.
- Laporte, P. (1996). Psychologie théorique : Fondements des spécifications psychologiques et modélisation théorique du fonctionnement psychique. *International Journal of Psychology*, 31(3-4), 190, abstract 276-1, communication orale au XXVI^e Congrès International de Psychologie, Montréal (Québec), 16-21 août 1996.
- Lauvin-Gaillard, M-A, Martineau, J., Andersson, F., Destrieux, C., Bonnet-Brilhault, F., Hernandez, N., Cottier, J-P (2009). *Imagerie des troubles du spectre autistique : actualités et théories avancées*, <http://pe.sfrnet.org/Data/ModuleConsultationPoster/pdf/2009>
- Meier M.J., Benton A.L., Diller L. (1987). *Neuropsychological Rehabilitation*. New York : The Guilford Press.
- Meltzer, L. (éd.) (2007). *Executive function in education : from theory to practice*. New York : The Guilford Press
- Merceron, K., Cady, F., Vila, E., Prouteau, A. (2011). Evaluation de la cognition sociale dans la schizophrénie : intérêts et limites. *In A. Prouteau (éd.), Neuropsychologie clinique de la schizophrénie*. Paris : Dunod, 161-199.
- Lenoir, P. Malvy, J., Bodier-Rethore, C. (2003). *L'autisme et les troubles du développement psychologique*. Paris : Masson.

- Lincoln, A.J., Courshene, E., Kilman, B.A., Elmasian, R., Allen, M. (1988). A Study of Intellectual Abilities in High-Functioning People with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 18, 505-524.
- Lovaas, O.I., Schreibman, L., Koegel, R., & Rehm, R. (1971). Selective responding by autistic children to multiple sensory input. *Journal of Abnormal Psychology*, 77, 211-222.
- Lussier, F., Flessas, J. (2009). *Neuropsychologie de l'enfant : troubles développementaux et de l'apprentissage*. 2^o éd. entièrement revue et augmentée, Paris : Dunod.
- Macé, G. *Les aspects cognitifs de l'autisme*. <http://autisme.france.free.fr/docs/b7.htm> (consulté le 26 / 05 /2011).
- Margerotte, G. (2001). Modalités de l'intervention précoce en autisme. *Bulletin scientifique de l'ARAPI*, 7, 39-42
- Meier M.J., Benton A.L., Diller L. (1987). *Neuropsychological Rehabilitation*. New York : The Guilford Press.
- Meltzer, L. (éd.) (2007). *Executive function in education : from theory to practice*. New York : The Guilford Press
- Merceron, K., Cady, F., Vila, E., Prouteau, A. (2011). Evaluation de la cognition sociale dans la schizophrénie : intérêts et limites. In A. Prouteau (éd.), *Neuropsychologie clinique de la schizophrénie*. Paris : Dunod, 161-199.
- Mesulam, M.-M (2000). *Principles of Behavioral and Cognitive Neurology*, 2^oéd., Oxford, New York : Oxford University Press.
- Meulemans, T. , Adam, S. (2003). Rééducation des troubles de la mémoire : principes généraux, in T. Meulemans, B Desgranges, S. Adam, F. Eustache (eds), *Evaluation et prise en charge des troubles mnésiques*, Marseille : Solal éditeur, 281-314.
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex « frontal lobe » tasks : A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.

- Mottron, L. (2006). *L'autisme : une autre intelligence*. Sprimont : Pierre Mardaga éditeur.
- Mottron, L., Belleville, S. (1994). L'apport de la neuropsychologie cognitive à l'étude de l'autisme. *J Psychiatr Neurosci*, 19(2), 95-102.
- O'Connell, R., Robertson, I.H. (2011). Plasticity of High-Order Cognition : A Review of Experience-Induced Remediation Studies for Executive Deficits., *In* S.A. Raskin, (éd.), *Neuroplasticity and Rehabilitation*. New York : The Guilford Press, 233-256.
- Oddy, M., Worthington, A. (éd.) (2009). *The Rehabilitation of Executive Disorders : A guide to theory and practice*. Oxford, New York : Oxford University Press.
- Ornitz, E.M. (1974). The modulation of sensory input and motor output in autistic children. *Journal of Autism and Childhood Schizophrenia*, 4, 197-215.
- Ozonoff, S., Schetter, P.L. (2007). Executive Dysfunction in Autism Spectrum Disorders : From Research to Practice, *in* L. Meltzer (éd.) *Executive function in education : from Theory to Practice*, New York : The Guilford Press, 133-160.
- Park N.W., Ingles J.L. (2001). Effectiveness of Attention Rehabilitation After an Acquired Brain – Injury : a Meta – Analysis. *Neuropsychology*, 15, N°2, 199-210.
- Pascualvaca, D.M., Fantie, B.D., Papageorgiou, M., Mirsky, A.F. (1998). Attentional capacities in children with autism : is there a general deficit in shifting focus ? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 28(6), 467-478.
- Philpot, B.D., M.F. Bear et W.C. Abraham (1999). «Metaplasticity : the plasticity of synaptic plasticity», dans P.S. Katz (dir.), *Beyond Neurotransmission : Neuromodulation and its importance for information processing*, New York, Oxford University Press Inc., p. 160-197
- Plumet, M.H.. *Fonctionnement cognitif et autisme : vers une articulation des troubles de la représentation et de la communication*. recherche.univ-montp3.fr/cerfee/IMG/pdf/CERFEE_13_art_3.pdf . Site consulté le 26 / 05 / 2011)

- Posner, M.I., Sheese, B.E., Odludas, Y., Tang, Y.Y. (2006). Analysing and shaping human attentional networks. *Neural Networks*, 19, 1422-1429.
- Posner, M.I., Raichle, M.E. (1997). *Images of Mind. 2 éd.*, New York : W.H. Freeman and Compagny, trad. franç. M. Crommelinck, S. Dubois, B. Rossion, *L'esprit en images*, DeBoeck Université, 1998.
- Power, J.D., Fair, D.A., Schlaggar, B.L. et Petersen, S.E. (2010). The Development of Human Functional Brain Networks. *Neuron*, 67, 735-748.
- Premack, D, Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a theory of mind ?, *The Behavioral and Brain Sciences*, 4, 515-526.
- Privat A. (1994). La dimension temporelle dans la construction et la plasticité du système nerveux. *In* : Seron X, Jeannerod M, eds. *Neuropsychologie humaine*. Liège : P. Mardaga ; 4 : 83-103.
- Prouteau, A. (éd.) (2011). *Neuropsychologie clinique de la schizophrénie*. Paris : Dunod.
- Raskin, S.A. (éd.) (2011). *Neuroplasticity and Rehabilitation*. New York : The Guilford Press.
- Ricard, J. (2008). *Pourquoi le tout est plus que la somme de ses parties : pour une approche scientifique de l'émergence*. Paris : Hermann
- Robertson, I.H. (2002). La revalidation de l'attention. *In* J. Couillet, M. Leclercq, C. Moroni, P. Azouvi (eds). *La neuropsychologie de l'attention*, Marseille : Solal, éditeur, 257-275.
- Rogé, B. (2008). *Autisme, comprendre et agir : santé, éducation, insertion*. Nouvelle éd. Revue et augmentée. Paris : Dunod
- Rogers, S.B., Pennington, B.F. (1991). A theoretical approach to the deficits in infantile autism. *Development and Pathology*, 3, 137-16
- Scherzer P., Crépeau F., Desmarais G. (1993). L'organisation cérébrale et la récupération : les conséquences sur la réadaptation & La réadaptation du cérébrolésé : l'approche neuropsychologique. *In* : Cohen H (éd.). *Neuropsychologie expérimentale et clinique : processus, spécialisation, dysfonctionnement*.

- Schopler, E., Olley, J.G. (1982). Comprehensive educational services for autistic children : The TEACCH model, *in* C.R. Reynolds et T.R. Gutkin (éd.) *The Handbook of School Psychology*, New York : Wiley, 629-643.
- Schopler, E., Rogé, B. (1998). TEACCH et sa transposition en France, *Psychologie française*, 43-3, 209-216.
- Schreibman, L., Wolery, M.C., Rumsey, J.E., Vitiello, B.E. (2000). Intensive behavioral/psychoeducational treatments for autism : Research needs and future directions. *Journal of autism and developmental disorders*, 30 (5), 373-381.
- Sergeant, J.A., Geurts, H., Oosterlaan, J. (2002). How specific is a deficit of executive functioning for attention-deficit/hyperactivity disorder ? *Behavioral Brain Research*, 10, 3-28.
- Seron X. (1999). Efficacité de la rééducation en neuropsychologie. *In* : Azouvi P., Perrier D., Van der Linden M, eds. *La rééducation en neuropsychologie : études de cas*. Marseille : Solal, éditeur ; 19-40.
- Shah, A., Frith, U. (1993). Why Do Autistic Individuals Show Superior Performance on the Block Design Task ?, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 34, 1351-1364
- Smith, S.M., Fox, P.T., Miller, K.L., Glahn, D.C., Fox, P.M., MacKay, C.E., Filippini, N., Watkins, K.E., Toro, R., Laird, A. R., Beckmann, C.F. (2009). Correspondence of the brain's functional architecture during activation and rest, *Proc Natl Acad Sci USA*, August, 106(31), 13040-13045.
- Sohlberg, Mc.M., Mateer, C.A. (2001). *Cognitive Rehabilitation : an integrative neuropsychological approach*. New York : The Guilford Press.
- Sohlberg M.M., Mateer C.A. (1989). *Introduction to cognitive rehabilitation : theory and practice*. New York : The Guilford Press.
- Sporns, O. (2011). *Networks of the Brain*. Cambridge (MA) : The MIT Press
- Sporns, O. (2006). Small-world connectivity, motif composition, and complexity of fractal neuronal connections. *BioSystems*, 85, 55-64.

- Stern, Y. (2011). Cognitive Reserve. *In* S.A. Raskin (éd.), *Neuroplasticity and Rehabilitation*, New York : The Guilford Press.
- Sturm W. (1999). Rééducation des troubles de l'attention. *In* : Azouvi P, Perrier D, Van der Linden M, eds. *La rééducation en neuropsychologie : études de cas*. Marseille : Editeur Solal ; 125-137.
- Supekar, K., Musen, M. et Menon, V. (2009). Development of Large-Scale Functional Brain Networks in Children, *PLoS Biology*, July, 7(7), e1000157.
- Van den Heuven, M.P., Stam, C.J., Kahn, R.S., Hulshoff-Pol, H.E. (2009), *The Journal of Neuroscience*, 29(23), 7619-7624.
- Verhoeven, J.S., De Cock, P., Lagae, L. (2010). Neuroimaging of autism. *Neuroradiology*, 52, 3-14.
- Willcutt, E. G., Doyle, A.E., Nigg, J.T., Faraone, S.V., Pennington, B.F. (2005). Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review. *Biological Psychiatry*, 57, 1336-1346.
- Wilson B.A. (1996). La réadaptation cognitive chez les cérébro-lésés. *In* : Botez MI, (éd.). *Neuropsychologie clinique et neurologie du comportement*. Montréal : Les Presses de l'Université de Montréal, Masson, 2^o éd. entièrement remaniée et augmentée ; 36 : 637-652.