

Traité de neuropsychologie clinique de l'adulte

Tome 2 - Revalidation

Xavier Seron
Martial Van der Linden



TRAITÉ DE NEUROPSYCHOLOGIE CLINIQUE DE L'ADULTE

TOME 2 - REVALIDATION

Collection Neuropsychologie

TRAITÉ DE NEUROPSYCHOLOGIE CLINIQUE DE L'ADULTE

TOME 2 - REVALIDATION

Sous la direction de

Xavier SERON et Martial VAN DER LINDEN

deboeck **B**
S U P É R I E U R

De Boeck Supérieur
5 allée de la 2^e Division Blindée
75015 Paris

Pour toute information sur notre fonds et nos nouveautés,
consultez notre site web :

www.deboecksuperieur.com

© De Boeck Supérieur SA, 2016
Rue du Bosquet 7, B-1348 Louvain-la-Neuve

Tous droits réservés pour tous pays.

Il est interdit, sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, de reproduire (notamment par photocopie) partiellement ou totalement le présent ouvrage, de le stocker dans une banque de données ou de le communiquer au public, sous quelque forme ou de quelque manière que ce soit.

Imprimé en Belgique

Dépôt légal :
Bibliothèque royale de Belgique : 2016/13647/169
Bibliothèque nationale, Paris : octobre 2016
ISBN 978-2-35327-315-7

Sommaire

Présentation des auteurs	VII
Avant-propos	1
<i>Xavier SERON, Martial VAN DER LINDEN</i>	
1. Objectifs et stratégies de la revalidation neuropsychologique	3
<i>Xavier SERON, Martial VAN DER LINDEN</i>	
2. Plasticité cérébrale et revalidation	13
<i>Xavier SERON, Olivier COLLIGNON</i>	
3. La stimulation cérébrale non invasive en revalidation	37
<i>Michael ANDRES, Yves VANDERMEEREN</i>	
4. L'évaluation de l'efficacité des traitements et de la prise en charge des patients	51
<i>Xavier SERON</i>	
5. Revalidation des troubles de l'attention	77
<i>Walter STURM, Michel LECLERCQ[†]</i>	
6. La revalidation de la mémoire à court terme	91
<i>Steve MAJERUS, Martine PONCELET, Marie-Anne VAN DER KAA</i>	
7. La revalidation des troubles de la mémoire à long terme	105
<i>Martial VAN DER LINDEN, Françoise COYETTE, Xavier SERON</i>	
8. Troubles phonético-phonologiques : traitement des aspects expressifs et réceptifs	145
<i>Jocelyne BUTTET SOVILLA, Marina LAGANARO</i>	
9. Traitements des troubles de la production orale des mots : composantes sémantique et lexicale	161
<i>Marie-Pierre DE PARTZ</i>	
10. Réhabilitation de la production et de la compréhension des phrases dans l'aphasie	189
<i>Agnesa PILLON</i>	

11. Traitements des troubles du langage écrit	215
<i>Marie-Pierre DE PARTZ</i>	
12. Rééducations fonctionnelles du langage et de la communication chez les patients aphasiques	241
<i>Marie-Pierre de PARTZ</i>	
13. Revalidation des troubles du calcul et du traitement des nombres	267
<i>Xavier SERON, Luisa GIRELLI</i>	
14. Revalidation de la négligence unilatérale	283
<i>Philippe AZOUVI</i>	
15. La prise en charge rééducative de l'apraxie	321
<i>Christophe JARRY, Didier LE GALL</i>	
16. La prise en charge des problèmes socio-émotionnels	339
<i>Lucien ROCHAT</i>	
17. La revalidation des troubles exécutifs	363
<i>Martial VAN DER LINDEN, Françoise COYETTE, Xavier SERON</i>	
18. Intérêts et limites de la réalité virtuelle en revalidation neuropsychologique	389
<i>Maïté CAMARA LOPEZ, Axel CLEEREMANS</i>	
19. Les interventions psychologiques et psychosociales chez les personnes présentant une démence légère à modérée	411
<i>Martial VAN DER LINDEN, Anne-Claude JUILLERAT VAN DER LINDEN</i>	
20. Les interventions psychologiques et psychosociales chez les personnes présentant une démence sévère	437
<i>Anne-Claude JUILLERAT VAN DER LINDEN, Martial VAN DER LINDEN</i>	
21. Le patient dans son environnement social et familial	455
<i>Xavier SERON, Julie NOOTENS, Eléonore SERON</i>	
Index	483
Table des matières	487

Présentation des auteurs

Michael ANDRES

Chercheur qualifié F.R.S.-F.N.R.S

Institut de recherche en sciences psychologiques, Université catholique de Louvain, Belgique

Philippe AZOUVI

Professeur de médecine physique et de réadaptation

Université de Versailles-Saint Quentin Et ER6, UPMC Université Paris 06

AP-HP, Hôpital Raymond Poincaré Service de Médecine Physique et de Réadaptation, Garches, France

Jocelyne BUTTET SOVILLA

Chargée de cours retraitée

Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation, Université de Genève, Suisse

Maïté CAMARA LOPEZ

Chercheure

Consciousness, Cognition & Computation (CO3), Center for Research in Cognition & Neurosciences (CRCN),

ULB Institut of Neurosciences (UNI), Bruxelles, Belgique

Axel CLEEREMANS

Professeur

Consciousness, Cognition & Computation (CO3), Center for Research in Cognition & Neurosciences (CRCN),

ULB Institut of Neurosciences (UNI), Bruxelles, Belgique

Olivier COLLIGNON

Chercheur Qualifié FRS-FNRS

Institut de recherche en sciences psychologiques et Institut de Neurosciences, Université catholique de Louvain, Belgique

Françoise COYETTE

Ergothérapeute

Centre de révalidation neuropsychologique, Cliniques universitaires Saint-Luc (Bruxelles), Belgique

Christophe JARRY

Maître de Conférences

Laboratoire de Psychologie des Pays de la Loire (EA 4638), Université d'Angers, France

Marie-Pierre DE PARTZ

Professeure

Faculté de Psychologie et des sciences de l'éducation, Institut de Neurosciences, Université catholique de Louvain

Centre de révalidation neuropsychologique, Cliniques universitaires Saint-Luc, Bruxelles, Belgique

Luisa GIRELLI

Professeure

Dipartimento di Psicologia, Università degli studi di Milano-Bicocca, Milano, Italy

Anne-Claude JULLERAT VAN DER LINDEN

Chargée de cours, neuropsychologue

Unité de Psychopathologie et Neuropsychologie Cognitive, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation, Université de Genève

Marina LAGANARO

Professeure

Unité de NeuroPsychoLinguistique, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation, Université de Genève, Suisse

Michel LECLERCQ †

Neuropsychologue

Centre neurologique William Lennox, Ottignies Louvain-la-Neuve, Belgique

Didier LE GALL

Professeur

Laboratoire de psychologie et unité de neuropsychologie, Départements de Psychologie et de Neurologie, et Laboratoire de Psychologie des Pays de la Loire (EA 4638), CHU et Université d'Angers, France

Steve MAJERUS

Maître de recherches F.R.S.-FNRS

Unité de recherche « Psychologie et Neurosciences Cognitives – PsyNCog », Université de Liège, Belgique

Julie NOOTENS

Neuropsychologue

Neurologie et Neurochirurgie, Clinique Saint Pierre, Ottignies, Belgique

Agnesa PILLON

Professeure

Institut de recherche en sciences psychologiques et FSR-FNRS, Université catholique de Louvain, Belgique

Martine PONCELET

Professeure

Unité de recherche « Psychologie et Neurosciences Cognitives – PsyNCog », Université de Liège, Belgique

Lucien ROCHAT

Maître-assistant

Unité de Psychopathologie et de Neuropsychologie Cognitive, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation, Université de Genève, Suisse

Eléonore SERON

Neuropsychologue

Neurologie et Neurochirurgie, Clinique Saint Pierre, Ottignies, Belgique

Xavier SERON

Professeur ordinaire émérite

Institut de recherche en sciences psychologiques et Institut de Neurosciences, Université catholique de Louvain, Belgique

Centre de Révalidation des Cliniques universitaires Saint-Luc, Bruxelles, Belgique

Walter STURM

Professeur

Neurological Clinic, Section Clinical Neuropsychology, University Hospital RWTH Aachen University, Allemagne

Marie-Anne VAN DER KAA

Logopède en chef retraitée

Unité de Révalidation Neuropsychologique, Centre Hospitalier Universitaire de Liège, Belgique

Martial VAN DER LINDEN

Professeur

Unité de Psychopathologie et Neuropsychologie Cognitive, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation, Université de Genève, Suisse

Professeur honoraire à l'Université de Liège, Belgique

Yves VANDERMEEREN, MD, PhD

Professeur

Chef de Clinique Associé, Service Neurologie, Site Godinne, Belgique

Avant-propos

Xavier SERON
Martial VAN DER LINDEN

La deuxième édition du tome 2 sur la revalidation en neuropsychologie clinique a conservé la structure d'ensemble, le souci d'une documentation à jour et l'esprit critique qui avaient prévalu lors de l'élaboration de l'édition précédente. Mais au cours de ces quinze dernières années, les pratiques de revalidation ont singulièrement évolué. Cette nouvelle édition y fait un large écho et constitue un bilan actualisé des pratiques en usage aujourd'hui. En parcourant les différents chapitres du livre, le lecteur découvrira que des pratiques rééducatives nouvelles se sont développées dans quasi tous les domaines de la neuropsychologie et ceci explique que cette nouvelle édition ait pris de l'ampleur ! Mais, au-delà de l'accroissement quantitatif des données, certaines évolutions marquantes se sont produites. Nous voudrions ici en signaler quelques-unes que le lecteur découvrira au cœur de nombreux chapitres.

Une première évolution assez générale nous paraît constituée par un élargissement de l'horizon thérapeutique. Alors qu'il y a 20 ans, la nouveauté dans les pratiques rééducatives se marquait surtout par l'analyse cognitive très documentée des désordres et la recherche de méthodes visant à rétablir ou réorganiser les processus cognitifs déficitaires, les pratiques rééducatives sont aujourd'hui davantage orientées vers des approches à visée écologique, avec pour objectif principal une amélioration des activités de la vie quotidienne. Cette évolution s'est, entre autres choses, traduite par des évaluations plus étendues visant à mieux évaluer la qualité de vie des patients et leur bien-être, et par une attention plus précise à leur environnement familial et social. Sur le plan de la définition des objectifs des interventions, on a vu aussi se développer des projets de revalidation construits à partir de buts définis par le patient. Il ne s'agit pas de renoncer aux analyses cognitives des troubles et la centration sur les déficits cognitifs reste essentielle en neuropsychologie, mais de mettre ces analyses et le projet rééducatif dans son ensemble au service d'objectifs concrets et significatifs pour le patient. Cette évolution est également accompagnée et soutenue par une prise en compte plus importante des problèmes comportementaux, motivationnels et émotionnels qui surviennent après une lésion cérébrale et dont l'incidence négative sur le devenir à long terme des patients est soulignée par une très grande majorité des études. Cette manière d'envisager la revalidation dans toutes ses dimensions a parfois l'inconvénient de déboucher sur des approches holistiques au sein desquelles il devient bien difficile d'identifier les facteurs responsables des progrès. Mais le lecteur découvrira aussi que ni cette plus grande complexité ni cette ambition élargie des interventions n'empêchent de nombreux auteurs de conduire des travaux suffisamment analytiques, avec une méthodologie qui permet l'identification des facteurs responsables des progrès.

Une deuxième évolution marquante des pratiques est le développement de méthodes d'évaluation des interventions basées sur l'évidence (*evidence-based*). Apparues initialement dans le cadre de traitements médicaux, au moment de leur introduction en neuropsychologie, les analyses basées sur l'évidence n'ont établi des critères d'excellence que pour les revalidations pratiquées sur des groupes de patients ; progressivement cependant, des critères de validation permettant l'intégration des études menées sur des cas uniques ont été développés. Nous ne pouvons que nous en réjouir car nous avons toujours défendu, sur les plans théorique et humain, l'intérêt des prises en charge individualisées.

Une troisième nouveauté renvoie aux très importants progrès réalisés par la recherche en neurosciences. Ces recherches ont établi de manière définitive l'importante plasticité du cerveau adulte humain et elles commencent à documenter les réorganisations cérébrales induites par les revalidations et leur dynamique temporelle. Sur le plan

clinique, les progrès dans les techniques d'imagerie cérébrale structurale et fonctionnelle permettent aussi une caractérisation plus précise des conditions neuropathologiques post-lésionnelles. Ces données, associées aux indicateurs cognitifs, psycho-affectifs et psychosociaux, devraient aider à préciser le potentiel évolutif des patients. Enfin, un autre intérêt des neurosciences, mais qui reste à ce jour bien modeste, est lié à l'apparition de travaux de neuromodulation (TMS et tDCS). Un chapitre leur est consacré avec une première évaluation de leur intérêt et de leurs limites. Enfin, une ouverture particulière a été faite aux travaux s'appuyant sur les techniques de la réalité virtuelle qui offrent des perspectives intéressantes pour la mesure et le contrôle de dimensions comportementales dynamiques dans des environnements complexes. Cette technologie nouvelle est prometteuse notamment pour l'étude des processus cognitifs en situation. Un chapitre spécifique lui a également été consacré. L'évolution de ces techniques dépendra sans doute pour une part de paramètres économiques et elle devra être évaluée dans le plus long terme sur la base de la plus-value qu'elle sera en mesure d'apporter.

Notre souhait est que le lecteur engagé dans des pratiques de revalidation neuropsychologique trouve dans ces pages des données susceptibles de l'inspirer dans son travail et qu'il y puise l'exigence de maintenir un niveau de formation professionnelle de haut niveau.

Nous tenons enfin à remercier tous les auteurs qui ont contribué à la rédaction des différents chapitres et pour les Éditions De Boeck Supérieur, Monsieur Amaury Derand et Madame Béatrice Käser pour leur contribution éditoriale à la finalisation de cet ouvrage.

Chapitre 1

Objectifs et stratégies de la revalidation neuropsychologique

Xavier SERON
Martial VAN DER LINDEN

La revalidation¹ neuropsychologique et neurolinguistique date du début du siècle, et elle a connu une importante expansion au cours de la période qui a suivi la Seconde Guerre Mondiale (Butfield & Zangwill, 1946; Schuell, Croll & Street, 1955; Wepman, 1951; Luria, 1963; Lhermitte & Ducarne, 1965). Cependant, ce n'est qu'à la fin des années 1980 qu'elle a réellement fait l'objet d'une évaluation systématique de son efficacité et qu'elle a reçu l'attention des chercheurs afin de voir si les progrès théoriques accomplis en neuropsychologie dans l'interprétation des troubles pouvaient aider à fonder des pratiques de revalidation plus efficaces et mieux argumentées dans leurs soubassements théoriques (voir p. ex, Seron, 1980; Seron & Laterre, 1982; Seron & Deloche, 1989; Riddoch & Humphreys, 1994).

Si les progrès observés dans les pratiques de revalidation résultent en grande partie des rapprochements qui se sont opérés entre la recherche en neuropsychologie cognitive et les pratiques cliniques (*l'orientation cogni-*

tive en revalidation; voir Seron, de Partz & Van der Linden, 1991), ils proviennent aussi du développement d'approches plus soucieuses des conditions naturelles d'exercice des fonctions psychologiques (*l'orientation écologique ou pragmatique*) et prenant davantage en compte la multiplicité des processus psychologiques (cognitifs, mais aussi émotionnels, relationnels, motivationnels et identitaires) et des facteurs (sociaux circonstanciels et médicaux) impliqués dans les difficultés rencontrées par les patients cérébrolésés dans leur vie quotidienne (*l'orientation intégrative*; voir Wilson & Gracey, 2009). Enfin, un changement récent dans les pratiques de revalidation concerne le développement d'une approche focalisée sur des buts précis dans la vie quotidienne, établis en partenariat par le patient lui-même, ses proches et les cliniciens (Wilson, Evans & Gracey, 2009; Evans, 2012; Prescott, Fleming & Doig, 2015).

L'objectif de cette introduction est de présenter les objectifs habituels de la revalidation neuropsychologique et de situer d'une manière assez générale les stratégies de revalidation qui ont été développées au cours de ces dernières années au niveau des pratiques de terrain. Nous présenterons également les grands principes de l'approche centrée sur les buts dans la vie quotidienne.

1. Dans le domaine de l'intervention neuropsychologique, il est aujourd'hui bien difficile de choisir un terme approprié pour qualifier le travail visant à améliorer le fonctionnement cognitif des patients. Les termes réhabilitation, rééducation, thérapie ou traitement ne paraissent guère, chacun pour des raisons différentes, adéquats. Dans ce travail, nous avons opté pour le terme revalidation, qui nous paraît préférable au terme plus usité de rééducation qui présente des connotations pédagogiques et correctives.

1. QUELS OBJECTIFS DE REVALIDATION ET COMMENT LES ÉTABLIR ?

L'objectif classique d'une revalidation neuropsychologique est d'améliorer les processus psychologiques d'un patient devenus déficitaires suite à une atteinte cérébrale. Dans les faits, les objectifs s'expriment d'une manière plus complexe, car il est nécessaire de distinguer l'amélioration des processus psychologiques déficitaires de l'amélioration des conditions générales d'existence du patient. Cette distinction est capitale, car elle assigne à la revalidation neuropsychologique des objectifs plus larges que la simple visée instrumentale. Ainsi, un patient aphasique n'a pas nécessairement été adéquatement pris en charge lorsque son manque du mot est moins sévère après une revalidation du langage ; un patient aphasique a été correctement aidé si, grâce à sa revalidation, il a retrouvé, dans un ensemble de situations de sa vie quotidienne, une communication efficace et s'il se trouve en mesure d'exploiter les progrès qu'il a accomplis au cours de son traitement.

Au niveau de l'activité clinique, les objectifs d'une revalidation sont donc à établir sur la base d'une évaluation de la situation concrète de vie du patient : ses troubles bien sûr, mais aussi sa santé, son espérance de vie, son cadre matériel d'existence, son insertion familiale, sa situation sociale et professionnelle, ses centres d'intérêt, son état émotionnel, etc. L'objectif final de la revalidation, ce n'est donc pas le déficit cognitif en tant que tel, mais le handicap qui en résulte dans la vie quotidienne. Cette distinction essentielle entre « déficits » et « handicaps » est rappelée par l'Organisation mondiale de la Santé, qui propose de distinguer entre le déficit (ou déficience), l'incapacité et le handicap. Appliquée au champ neuropsychologique, cette tripartition peut être formulée de la manière suivante : le déficit renvoie au dysfonctionnement ou à l'altération de mécanismes psychologiques, l'incapacité aux conséquences du déficit dans des tâches spécifiques, et le handicap aux difficultés d'adaptation du patient dans sa vie privée et sociale. Par exemple, au niveau de la mémoire, le déficit peut être un déficit des capacités de l'administrateur central de la mémoire de travail ; les incapacités se manifesteront dans les différentes tâches nécessitant la gestion de plusieurs activités mentales en même temps (tâches d'attention divisée, de calcul mental, tâches de mise à jour des contenus de la mémoire de travail, etc.) et le handicap renverra aux conséquences de ces incapacités sur la vie personnelle du patient, par exemple, sur sa capa-

cité à faire face en temps réel à des situations complexes exigeant une mobilisation efficace de ses capacités attentionnelles notamment dans l'exercice de sa profession (prise de notes à un cours, négociation d'un contrat avec plusieurs interlocuteurs, gestion d'un imprévu qui exige l'interruption d'une routine en cours, etc.).

La formulation d'objectifs en termes écologiques ou de vie quotidienne requiert le développement de techniques et de méthodes capables de fournir une évaluation des handicaps. Les tests neuropsychologiques habituellement pratiqués dans les centres de neuropsychologie ne peuvent appréhender avec suffisamment de sensibilité l'étendue et la gravité des difficultés rencontrées par le patient dans sa vie quotidienne. La mesure du handicap implique en effet de tenir compte de variables telles que la fréquence des conduites, leur contexte d'émission, ou encore les contraintes temporelles qui pèsent sur leur réalisation. Il y a aussi les variations émotionnelles liées à la visibilité du handicap, à la peur de mal faire, à la fatigue du patient, à son statut social, aux situations de double tâche, à la présence de bruits distrayeurs, etc. Comme cela a été précisé dans les nombreux chapitres consacrés à l'évaluation (voir le Tome 1 de ce Traité), l'élargissement des objectifs de l'évaluation a conduit au développement d'outils plus adaptés à la mesure des handicaps, tels que les observations en milieu naturel, les questionnaires d'auto- et d'hétéro-évaluation, les *check-lists*, les *diaries*, ou encore les mises en situations réelles.

En fait, il est maintenant largement admis que la manière la plus efficace de planifier et de guider une revalidation chez les patients cérébrolésés, et d'en évaluer les effets, consiste à établir des objectifs ou buts d'intervention (*goal setting*) en partenariat direct avec le patient et ses proches (Wilson *et al.*, 2009 ; Evans, 2012 ; Prescott *et al.*, 2015), et cela vaut également pour les patients présentant des lésions cérébrales modérées à sévères (D'Cruz *et al.*, 2016). Cette approche connaît un intérêt grandissant en neuropsychologie clinique, même si, comme le relèvent Prescott et collaborateurs, peu de recherches cliniques ont à ce jour exploré son efficacité (des exemples de son utilisation peuvent néanmoins être trouvés dans les chapitres 7 et 19 consacrés à la revalidation des troubles de la mémoire et aux interventions psychosociales chez les personnes présentant une démence légère à modérée). De façon générale, elle repose sur les principes suivants :

- décrire les buts à atteindre en des termes comportementaux clairs et réalistes ;

- déterminer le niveau de base de la performance pour ces différents buts ;
- déterminer en termes mesurables le niveau de performance qui indiquera que les buts ont été partiellement ou entièrement atteints ;
- mettre en place, de façon personnalisée, différents types d'interventions permettant d'atteindre les buts, en adoptant les techniques et méthodes appropriées au profil et aux préférences du patient ;
- proposer des exercices pratiques à domicile afin de favoriser le transfert dans la vie quotidienne ;
- impliquer, quand cela est possible, une personne proche dans le processus de revalidation ;
- contrôler de façon régulière les progrès et ajuster les interventions si nécessaire ;
- prêter une attention particulière aux réponses émotionnelles de la personne (et de ses proches) et aux dimensions contextuelles des interventions ;
- évaluer les résultats des interventions et décider si une autre étape de la revalidation doit être mise en place.

Le niveau d'atteinte des buts suite aux interventions peut être évalué par l'administration de l'Échelle de Réalisation des Buts (*Goal Attainment Scaling*, GAS; Grant & Ponsford, 2014; Krasny-Pacini, Hiebel, Pauly, Godon & Chevignard, 2013). De façon générale, cette évaluation consiste à définir des critères mesurables relatifs aux résultats de l'intervention pour chaque but, en utilisant une échelle à 5 niveaux, par exemple: -2 = beaucoup moins bien que les résultats attendus, -1 = un peu moins bien que les résultats attendus, 0 = résultats attendus, +1 = un peu mieux que les résultats attendus, +2 = beaucoup mieux que les résultats attendus. Comme le relèvent Krasny-Pacini, Evans, Sohlberg et Chevignard (2016), cette méthodologie d'évaluation de l'efficacité d'une intervention dépend fortement de la capacité de l'intervenant à élaborer des échelles valides, fiables et significatives (ces auteurs ont d'ailleurs proposé des critères permettant d'élaborer des échelles GAS valides à des fins de recherche clinique). Il faut relever qu'un entretien semi-structuré peut également être utilisé et fournir des informations plus nuancées sur les effets d'une intervention et le vécu des patients et des proches après l'intervention (das Nair & Lincoln, 2013). Les objectifs de la revalidation sont donc à définir en concertation étroite avec le patient et ses proches au moment où débute la prise en charge. Si, dans la majorité des cas, les objectifs du patient et du clinicien coïn-

cident, il peut cependant exister des contradictions ou des nuances qui devront faire l'objet d'une négociation. Trois sources de conflits peuvent surgir: la présence d'attentes irréalistes souvent liées à une difficulté d'acceptation des déficits et du handicap encourus; la présence d'attentes imprévues lorsque la demande du patient ne coïncide pas avec les objectifs liés à l'importance et à la hiérarchie des troubles telles qu'elles sont perçues par l'équipe de revalidation; l'absence de motivation à la revalidation chez le patient soit parce qu'il ne perçoit pas ses troubles, soit parce qu'il les perçoit, mais ne désire pas que l'on s'en occupe. Dans ce contexte, Doering, Conrad, Rief et Exner (2011) ont montré en quoi il était important de prendre en compte les processus d'ajustement par rapport aux buts chez les patients cérébrolésés, notamment en distinguant l'assimilation (les efforts alloués pour tenter d'aboutir au but) et l'accommodation (réduire l'importance attachée au but en recalibrant les valeurs et les ambitions).

Si la présence d'attentes irréalistes ou imprévues doit être discutée avec le patient, l'absence de motivation en début de traitement ne constitue pas forcément une contre-indication au travail de revalidation. Il n'est pas rare en effet que certains patients atteints de troubles exécutifs ou de signes de négligence acceptent le traitement simplement parce que leur entourage et les cliniciens le leur ont demandé sans qu'ils manifestent eux-mêmes une motivation claire à entreprendre une revalidation. Dans ces cas, l'absence de motivation, l'indifférence, voire la non-reconnaissance des troubles, font partie des déficits consécutifs à l'atteinte cérébrale. Il en résulte qu'interagir avec le patient en vue de favoriser la prise de conscience des troubles et l'émergence d'une motivation à récupérer peut constituer le premier objectif du traitement. Relevons l'existence du *Motivation for Traumatic Brain Injury Rehabilitation Questionnaire* (Chervinsky *et al.*, 1998; Boosman, van Heugten, Winkens, Smeets & Visser-Meily, 2016) qui évalue 4 dimensions de la motivation concernant la revalidation: l'intérêt pour la revalidation, l'hostilité envers l'intervenant et la revalidation, le déni et l'attitude envers les professionnels ainsi que la volonté de suivre leurs conseils.

Une manière d'organiser le traitement autour d'objectifs précis et explicites consiste à recourir au contrat de revalidation. Le contrat de revalidation est un document écrit qui engage simultanément et de manière solidaire le patient (et/ou ses proches) et les cliniciens. Dans le contrat, on fixe la durée d'une première période de revalidation et on en précise les objectifs. Le contrat

confère une structure à la revalidation puisqu'à tout moment, les différents partenaires peuvent s'y référer pour examiner le chemin parcouru et se rappeler de la cohérence d'ensemble du projet d'intervention. La présentation d'un contrat constitue aussi une démarche qui indique de manière explicite au patient qu'il est un partenaire actif de l'intervention et qu'il est concerné au premier chef par les finalités de «sa» revalidation. Le contrat de revalidation est enfin un dispositif de régulation de l'intervention puisque sa signature garantit la réalisation à délais fixes de bilans intermédiaires à partir desquels on décidera de la poursuite, de la fin ou de la réorientation de l'intervention. Les objectifs du contrat peuvent être cognitifs, pragmatiques, voire sociaux ou professionnels¹.

2. QUELLES STRATÉGIES DE REVALIDATION ?

Les objectifs d'une revalidation peuvent, au moins dans un premier temps, viser à remédier aux processus psychologiques déficitaires mis en évidence lors de l'évaluation neuropsychologique préthérapeutique. Lorsqu'une analyse approfondie a permis au clinicien de déterminer la nature d'un déficit, la revalidation proposée peut tantôt viser au rétablissement de la fonction dans ses modalités antérieures de fonctionnement, tantôt à une réorganisation de la fonction grâce à l'intervention de composantes différentes de traitement, tantôt à une exploitation plus optimale des fonctions demeurées intactes, tantôt à un aménagement des conditions d'exercice de la fonction. Ces distinctions ne sont pas toujours aisées à établir et elles se trouvent parfois en recouvrement partiel, mais il nous paraît à minima essentiel que le clinicien sache dans quelle catégorie générale d'intervention il situe son action.

Le rétablissement de la fonction implique que l'on se croit en mesure de restaurer le fonctionnement cognitif tel qu'il existait avant l'atteinte cérébrale. Ainsi, lorsqu'après une atteinte cérébrale, un patient qui a perdu l'accès aux calculs simples (p. ex., il ne peut répondre par accès direct en mémoire sémantique à des calculs tels que $3 \times 6 = ?$ ou $6 + 5 = ?$, etc.), il est possible de lui proposer des séances de réentraînement intensif dans le but de rétablir ou de réactiver en mémoire à long terme un réseau de faits arithmétiques afin de les rendre à nouveau disponibles (voir le chapitre 13 de Seron & Girelli).

1. Il va de soi que le contenu des contrats de revalidation et leur durée dépendent aussi des possibilités offertes par les différents organismes de santé. Ces possibilités varient d'un pays à l'autre.

À côté du rétablissement de connaissances ou d'habiletés, il est également possible de viser au rétablissement de procédures de traitement, par exemple, essayer de réinstaller la composante de sélectivité des processus attentionnels en entraînant le patient dans des tâches d'attention sélective (voir le chapitre 5 de Sturm & Leclercq).

La réorganisation fonctionnelle signifie un essai d'amélioration du fonctionnement psychologique par le recours à des procédures de traitement que le patient n'utilisait pas auparavant ou qu'il utilisait, mais de manière peu fréquente et non systématique. Il existe de nombreux exemples de ce type d'approche dans le domaine de la mémoire. Le recours à l'imagerie mentale auprès de patients qui présentent des difficultés dans la rétention et le recouvrement d'informations verbales en mémoire à long terme est un exemple de stratégie de ce type (voir le chapitre 7 de Van der Linden, Coyette & Seron, ce livre). Apprendre à un patient à associer, en une image mentale, le nom d'une personne à une caractéristique physique saillante de son visage n'est en effet pas une méthode d'encodage habituellement utilisée par les personnes tout venant, mais son usage peut s'avérer efficace. L'objectif fonctionnel qui est d'améliorer la performance mnésique dans la rétention des noms de personnes est atteint, mais par l'intermédiaire d'une modification des stratégies d'encodage habituellement utilisées par le patient. La réorganisation fonctionnelle ne crée évidemment pas des fonctionnements psychologiques nouveaux. Elle ne fait qu'exploiter efficacement et relier entre elles des procédures de traitements préexistantes chez la personne.

L'exploitation des fonctions intactes est une stratégie très proche de la précédente : elle vise à améliorer la performance en s'appuyant sur les capacités préservées. Dans le domaine du langage, amener un patient aphasique sévère à utiliser davantage et plus efficacement les procédés de communication non verbaux qu'il a encore à sa disposition (voir le chapitre 12 de de Partz) ou dans le domaine de la mémoire, apprendre à un patient amnésique sévère des connaissances qui lui seront utiles dans sa vie quotidienne au moyen de techniques qui exploitent ses capacités préservées de mémoire perceptive, sémantique ou procédurale, constituent des stratégies de ce type (voir le chapitre 7 de Van der Linden, Coyette & Seron, ce livre). L'exploitation des fonctions intactes est également une stratégie d'usage courant dans le traitement des démences débutantes (voir le chapitre 19 de Van der Linden & Juillerat Van der Linden, ce livre).

L'aménagement des conditions d'exercice de la fonction est une stratégie qui, compte tenu des déficits d'un

patient, vise à les rendre moins invalidants dans la vie quotidienne. Cette démarche implique une analyse des situations dans lesquelles les déficits débouchent sur un handicap, et consiste à modifier soit certains paramètres de la situation, soit certaines dimensions des conduites à émettre, soit encore et plus simplement à éviter ses situations. Lorsque cette stratégie débouche sur la création de supports externes particuliers, elles relèvent de ce qu'on peut appeler les « prothèses mentales ». C'est ici que l'on trouve l'emploi d'aide-mémoire externes, de carnets de communication ou d'autres procédés de communication alternative, et aussi l'utilisation de systèmes externes de réorientation de l'attention pour les patients héminégligents.

Mais, à côté de ces procédés spécifiques et sophistiqués, tout un ensemble de petites modifications visant à la réorganisation de la vie quotidienne des patients relève également de cette stratégie. Ainsi, apprendre à un traumatisé crânien à modifier son rythme de travail, à se ménager des pauses dans sa journée de travail, à demander à un collaborateur de lui rappeler efficacement des informations qu'il peut avoir tendance à oublier, à ne pas effectuer deux activités en même temps, sont des stratégies qui appartiennent à cette catégorie. Les stratégies d'aménagement de l'environnement sont par ailleurs tout à fait essentielles dans la prise en charge des patients institutionnalisés, déments ou cérébrolésés graves : balisage des trajets dans l'institution, panneaux signalant clairement les locaux et les activités, tableau de communication, organisation des vêtements sur le lit d'un patient présentant une démence afin d'en faciliter la prise ordonnée, etc.

Les raisons qui poussent à choisir l'une ou l'autre de ces stratégies sont diverses et ne peuvent le plus souvent pas être définies a priori. Un critère essentiel est bien sûr la sévérité de l'atteinte cérébrale et la gravité des troubles qui en résultent. La stratégie de rétablissement est la plus optimiste puisqu'il y est envisagé, au moins implicitement, que le patient pourra retrouver après entraînement un fonctionnement normal. C'est une stratégie que l'on rencontre par exemple dans le contexte des traumatismes crâniens pour des déficits attentionnels légers à modérés : l'entraînement peut soutenir et accompagner un retour progressif à un fonctionnement (relativement) normal. La stratégie de rétablissement ne doit cependant pas être utilisée au-delà de certaines limites de temps et sûrement pas dans les contextes où les données de la littérature indiquent qu'après de nombreuses séances d'entraînement intensif, aucun ou seulement de très maigres résultats peuvent être espérés. C'est le cas notamment des interventions de revalidations mné-

siques consistant à administrer au patient des exercices mnésiques répétitifs (du drill) dans le but de restaurer la fonction mnésique déficitaire. Il est maintenant largement admis que ce type d'interventions, qu'elles soient menées par ordinateur ou sous un format plus traditionnel « papier-crayon », ne conduit pas à des effets bénéfiques se généralisant aux activités mnésiques de la vie quotidienne (Godfrey & Knight, 1988 ; Berg, Koning-Haanstra & Deelman, 1991 ; Sohlberg & Mateer, 1989). Ainsi, la réactivation même systématique des processus mnésiques endommagés n'est pas suffisante pour rétablir la performance. Seront alors privilégiées des stratégies visant à réorganiser le fonctionnement mnésique ou à exploiter les capacités mnésiques préservées. De même, une personne adulte présentant une aphasie globale six mois après une lésion cérébrale étendue dans les zones du langage ne devrait plus être soumise à une revalidation visant à rétablir une communication orale et un constat analogue s'applique aux autres pathologies persistantes survenant chez l'adulte et associées à des lésions cérébrales objectives et sévères.

La réorganisation fonctionnelle et l'exploitation des capacités préservées sont deux stratégies qui impliquent d'une part une analyse fine du déficit et d'autre part, un examen approfondi de l'ensemble du répertoire psychologique du patient. Pour comprendre un déficit dans une architecture psychologique de référence, il est nécessaire de préciser quels fonctionnements sont déficitaires, mais aussi d'identifier ceux qui demeurent intacts. Sans un inventaire détaillé des processus intacts, ou au moins partiellement préservés, il est en effet impossible de déterminer sur quels processus pourra s'appuyer la revalidation. Ainsi, avant de proposer une technique d'imagerie mentale à un patient amnésique il est nécessaire d'examiner au préalable ses capacités d'imagerie mentale (voir le chapitre 7 de Van der Linden, Coyette & Seron, ce livre). Dans cet inventaire des fonctionnements intacts en vue d'une revalidation, on se méfiera cependant d'a priori théoriques qui peuvent s'avérer non fondés. Par exemple, dans le domaine de la communication non verbale, il a été montré que chez des personnes présentant une aphasie sévère, la présence de difficultés gestuelles attestées lors d'un examen standard de l'apraxie n'implique pas forcément que la gestualité sera inefficace dans des tâches de communication référentielle (Feyereisen, Barter, Goosens & Clerebaut, 1988). Dans la même direction, il a été observé que la présence d'une apraxie ne constituait pas d'office un obstacle à l'apprentissage d'un langage gestuel (Coelho & Duffy, 1990).

Les bénéfices résultant d'approches de rétablissement ou de réorganisation fonctionnelle peuvent s'avérer insuffisants. Il reste dès lors des situations de vie qui posent problème aux patients et qu'ils ne pourront affronter malgré les progrès accomplis. Le traitement doit alors s'orienter vers un aménagement des situations de la vie quotidienne. Ces stratégies d'aménagement de l'environnement pourront déboucher, si elles sont adéquatement pratiquées, sur des bénéfices fonctionnels importants. Lorsque la revalidation prend cette dernière direction, il n'est pas rare que le clinicien se trouve confronté au refus du patient ou de sa famille à accepter le caractère définitif de certains déficits et ceci plus particulièrement lorsque le travail de « deuil » de l'atteinte cérébrale n'a pas encore été accompli. On peut ainsi rencontrer des personnes avec une aphasie sévère qui refusent d'utiliser des procédés de communication alternative ou des patients avec de troubles mnésiques importants qui refusent l'emploi d'un carnet-mémoire parce qu'ils ressentent le recours à ces prothèses mentales comme la manifestation d'un échec thérapeutique. La proposition du recours à une prothèse mentale signifie en effet assez explicitement qu'il y a abandon de l'objectif de restauration de la fonction. Le risque est grand alors, qu'en dehors des séances, les patients poursuivent l'objectif abandonné par les cliniciens et que telle personne aphasique s'achète un ordinateur pour faire des exercices de langage et que tel autre patient présentant des troubles mnésiques apprenne « par cœur » des listes de mots à son domicile. Ces exercices surnuméraires se font parfois avec la complicité active des proches. Parfois aussi, les cliniciens eux-mêmes, parce qu'ils supportent mal le faible succès de leurs interventions, se font à leur insu les complices de cette démarche. Il convient à nouveau de souligner ici l'intérêt du contrat thérapeutique, qui, encadré des évaluations pré- et post-revalidation, permet à chacun, cliniciens, proches et patient, de se rendre compte de l'évolution des troubles et sur cette base, de discuter des suites possibles à donner à l'intervention. Il faut aussi souligner que le renoncement au rétablissement et à la réorganisation fonctionnelle est vécu plus aisément lorsqu'il ne coïncide pas avec l'annonce de l'arrêt de la revalidation.

Si, dans les étapes initiales du traitement, les objectifs se définissent à partir de l'évaluation neuropsychologique des troubles, au cours des étapes ultérieures, les objectifs seront en partie redéfinis par le patient. Un tel veut réapprendre à lire, un autre être en mesure d'aller faire ses courses de manière autonome, un troisième voudra pouvoir retourner jouer aux cartes avec sa bande de

copains, et beaucoup, s'ils avaient une occupation professionnelle au moment de leur atteinte cérébrale espèrent pouvoir retourner travailler. Dans cette évolution des demandes, l'analyse neuropsychologique doit être accompagnée par une analyse des situations de la vie quotidienne afin de comprendre quelle est la nature précise des difficultés du patient. Si la définition des objectifs de la revalidation peut, dans une première phase, s'appuyer pour l'essentiel sur une analyse psychologique détaillée des troubles, dans les phases ultérieures au cours desquelles le patient signale les handicaps qu'il entend surmonter, cette analyse doit être complétée par une approche d'orientation pragmatique. Il s'agit en effet d'évaluer l'impact des déficits sur la vie quotidienne du patient et l'on sait qu'il n'y a pas de liaison directe entre la sévérité d'un déficit cognitif et l'ampleur du handicap qui en résulte. Ceci est vrai dans le domaine du langage où il a été établi que les résultats à un test standard de langage ne constituent pas de bons prédicteurs de la capacité à communiquer d'un patient (Davis, 1993), mais cela s'applique également aux autres domaines de la cognition. Ainsi, les tests neuropsychologiques qui mesurent l'attention et les fonctions exécutives ne constituent pas toujours de bons prédicteurs de la capacité à conduire une voiture (Brouwer & Withaar, 1997).

Cette séquence temporelle, orientation cognitive de l'intervention en premier, complétée par une approche pragmatique dans un second temps, n'est pas toujours la règle. Mais cette succession correspond assez bien à ce qui passe dans le cas des traumatismes crâniens et des accidents vasculaires cérébraux. En effet, dans un premier temps, lorsque la prise en charge commence, le patient se trouve encore soit à l'hôpital, soit dans un centre de revalidation. Dans les cas plus légers, il vient en ambulatoire au centre de revalidation pour son traitement. Au cours de cette première période, le patient n'a pas encore repris d'activité professionnelle et il n'assume qu'une petite partie de ses rôles sociaux et familiaux antérieurs. Il est en fait occupé par sa revalidation et il vit dans un milieu partiellement protégé. Ce n'est que lors du retour à la maison et lors de tentatives de reprises de ses activités antérieures que le patient découvre l'étendue de ses handicaps et formule à leur endroit des demandes plus précises.

Si la détermination d'objectifs de revalidation en termes d'activités quotidiennes n'est pas trop complexe à réaliser, il en va tout autrement lorsqu'on tente de comprendre quelles variables sont responsables des difficultés observées. Un patient qui veut retrouver son autonomie

pour se promener dans son quartier peut se trouver en difficulté pour des raisons extrêmement différentes. Par exemple, un patient peut, suite à une hémiparésie, avoir des difficultés à s'orienter dans l'espace, parce qu'il n'est pas en mesure de repérer les signaux d'orientation présents dans l'environnement, mais situés dans l'espace à gauche, alors qu'un autre peut présenter un handicap d'importance comparable, mais parce qu'il présente des difficultés à reconnaître les signaux ou à les interpréter suite à une agnosie visuelle intégrative ou suite à une alexie.

Dans ce domaine aussi, il convient de se méfier des a priori que l'on peut avoir sur la source des difficultés dans la vie quotidienne, sans avoir procédé au préalable soit à une observation directe de ces situations, soit à un interrogatoire serré du/de la patient(e). Ainsi, lors d'une tentative de revalidation d'une patiente présentant des troubles mnésiques importants qui se plaignait d'oublier tout un ensemble de choses lorsqu'elle faisait ses courses, nous avons pensé qu'il suffisait qu'elle écrive sur une liste, avant d'aller faire ses emplettes, ce dont elle avait besoin. Nous pensions en effet que l'oubli se situait entre ce qu'elle s'était dit devoir acheter à la maison, et ce dont elle se souvenait une fois arrivée au magasin. Une discussion avec la patiente nous a permis d'établir que la difficulté se trouvait en fait en amont. La patiente lorsqu'elle était à la maison avant d'aller faire ses courses essayait effectivement de dresser un inventaire des choses dont elle avait besoin. Mais placée devant sa liste, elle était incapable d'évoquer ce qui manquait dans la maison. L'effort en revalidation a donc porté sur les opérations qui conduisent à la rédaction de la liste. Par exemple, nous l'avons entraînée à porter sur elle pendant la journée un petit carnet dans lequel elle notait systématiquement et immédiatement tout objet ou denrée dont elle constatait l'absence. Nous l'avons aussi invitée à parcourir de manière systématique les armoires de certaines pièces de la maison (cuisine, salle de bains, buanderie) avant d'aller effectuer des achats.

La définition d'objectifs en rapport avec les activités de la vie quotidienne des patients peut conduire l'équipe de revalidation neuropsychologique à sortir des murs du centre de revalidation pour aller sur place se rendre compte du contexte auquel est confronté le patient. Ceci est particulièrement d'application lorsque le patient veut reprendre son travail et qu'il accepte d'être aidé dans ses projets. L'évaluation des ressources cognitives, et plus largement psychologiques, mobilisées par un poste de travail n'est pas une activité familière aux psychologues spécialisés en neuropsychologie et sans doute qu'à

ce niveau, l'établissement de connexions avec des spécialistes de la psychologie du travail et plus spécifiquement d'ergonomie cognitive pourrait s'avérer bien utile. Mais d'ores et déjà, certaines équipes neuropsychologiques développent des programmes d'aides aux patients dans la perspective d'une reprise de leur activité professionnelle (Johnson, 1998) ou encore dans la perspective de la reprise d'activités très spécifiques telles que conduire sa voiture (Mazer, Sofer, Korner-Bitensky, Gelinas, Hanley & Wood-Dauphinee, 2003). Ce courant qui consiste à sortir du centre de revalidation et à intégrer les proches du patient dans le travail de revalidation a l'avantage de rendre conscient le milieu de vie du patient des handicaps qu'il présente et à le rendre solidaire de ses difficultés. On voit ainsi apparaître au sein de la neuropsychologie une orientation de revalidation qui n'est pas sans lien dans son esprit avec le courant de la psychologie clinique communautaire qui prend également appui dans ses interventions sur le réseau social et familial du patient.

3. QUAND ET COMMENT TERMINER UNE REVALIDATION ?

Fixer les objectifs d'une revalidation, c'est aussi en déterminer tôt ou tard le terme. La question de la fin de la revalidation est complexe et les critères utilisés par les équipes de revalidation se révèlent à l'examen extrêmement variables d'un centre à un autre. Dans un travail consacré à la revalidation des troubles du langage, Hersh (1998) souligne à juste titre qu'à côté du grand nombre de travaux consacrés aux méthodes de revalidation et à la mesure de leur efficacité, très peu d'études se sont posé la question des critères et des modalités d'arrêt du traitement. Lorsqu'on interroge les cliniciens sur les motivations qui les conduisent à suspendre une intervention, ils avancent généralement en ordre dispersé un ensemble assez vaste et hétérogène de critères. Le critère le plus simple et le plus souvent avancé est celui qui consiste à considérer qu'une revalidation peut être arrêtée lorsqu'il paraît évident que le patient n'en tire plus aucun bénéfice. Il reste que la notion de bénéfice peut soit être entendue dans un sens restrictif, le patient n'en tire plus aucun bénéfice au plan du fonctionnement cognitif, ou étendu, il n'en tire plus aucun bénéfice sur le plan cognitif, mais aussi social et humain. Ainsi, en Angleterre, les propositions pour la décharge des patients présentées dans un document intitulé *Communicating Quality* édité par le Collège des Orthophonistes professionnels (*College of Speech Therapists*,

1991) recommandent la prise en compte de quatre principes : le processus de fin d'intervention doit s'inscrire dans le plan d'ensemble de la revalidation ; l'arrêt de la revalidation doit s'accompagner d'une évaluation des effets de l'intervention et d'une discussion des résultats obtenus avec le patient et ses proches (lorsqu'il paraît approprié de les inclure) ; il doit y avoir une possibilité pour le patient de contester cette décision ; et enfin, un support à long terme doit être disponible sous la forme de groupes de soutien ou d'interventions plus légères de maintien. Une enquête réalisée par Mackenzie et collaborateurs (1993) propose cependant la prise en compte de critères plus nombreux parmi lesquels on relève : le potentiel atteint, la faible motivation, l'absence de progrès, le déplacement vers un autre lieu, une mauvaise santé, des difficultés d'accès au centre, la présence d'un volontariat supplétif, un accroissement de travail dans le centre, etc.

S'il n'existe pas aujourd'hui de réponses satisfaisantes concernant les critères à utiliser pour envisager la fin d'un traitement, quelques remarques peuvent cependant être utilement proposées. La décision de l'arrêt d'une revalidation neuropsychologique implique à l'évidence l'intervention d'acteurs divers et l'analyse des progrès accomplis sur le plan cognitif ne devrait pas être le seul guide dans cette prise de décision. À côté de la prise en charge des désordres cognitifs, une évaluation plus large et multidisciplinaire des problèmes rencontrés par le patient doit être simultanément entreprise. Cette approche plus générale pourra selon les cas inclure le médecin revalidateur (spécialement lorsque des problèmes sensori-moteurs sont présents) et l'assistant(e) social(e) qui peut évaluer la situation familiale et les ressources potentielles existantes au sein de la famille du patient ou encore via les groupes de soutien divers (notamment les groupes d'aphasiques ou de traumatisés crâniens tels qu'il en existe aujourd'hui dans de nombreux pays). Au sein de cette décision collective, il apparaît cependant crucial que les psychologues spécialisés en neuropsychologie puissent avec clarté indiquer quels sont les services spécifiques qu'ils sont encore en mesure de proposer afin que leur pratique ne se transforme pas en simple soutien psychologique ou en activité occupationnelle déguisée. On peut parfaitement, pour des raisons psychoaffectives ou d'isolement social, concevoir qu'une équipe neuropsychologique maintienne au moins à titre transitoire un patient en revalidation, mais il nous apparaît alors judicieux que la prise en charge du patient par une structure plus appropriée au type de difficultés qu'il rencontre soit progressivement programmée.

Il reste que l'arrêt définitif d'une revalidation neuropsychologique peut lui-même faire l'objet de débats. D'une part, les interventions neuropsychologiques sont aujourd'hui organisées sur des périodes de temps relativement courtes de 6 mois à 2 ans selon les pays et les possibilités offertes par les organismes de soins de santé ; d'autre part, les troubles neuropsychologiques résultant d'une atteinte cérébrale sont le plus souvent des réalités de caractère chronique : un patient aphasique ne voit pas ses troubles du langage disparaître après la période d'intervention intensive et un amnésique sévère restera gravement handicapé à vie au terme d'une revalidation, même si celle-ci a réussi à exploiter au mieux ses fonctions préservées ou à systématiser l'usage efficace d'un carnet-mémoire. Ceci pose le problème du suivi à long terme des patients et de la mise en place d'interventions de rappel ou de soutien au-delà des périodes légales classiquement prévues. Un patient présentant des troubles de la mémoire peut se trouver trois ans après la fin de sa revalidation en difficulté parce que, dans l'entreprise qui l'emploie, le système de traitement de textes qu'il a acquis au terme de la revalidation se trouve soudainement modifié ou un patient aphasique se trouver en difficulté parce que les conditions d'exercice de sa profession ont changé et impliquent des activités de communication auxquelles il est insuffisamment préparé. Si le maintien de traitements intensifs à très long terme peut sembler à beaucoup constituer un gaspillage d'énergie, voire d'argent, l'arrêt abrupt et sans suivi d'un traitement n'est sûrement pas une réponse adéquate aux situations extrêmement diverses que les patients auront à affronter après leur revalidation. Il y a sans doute ici une vaste gamme de services à long terme à mettre en place et des solutions plus originales que celles actuellement pratiquées à imaginer.

LECTURES CONSEILLÉES

Evans, J.J. (2012). Goal setting during rehabilitation early and late after acquired brain injury. *Current Opinion in Neurology*, 25, 651-655.

Seron, X., Van der Linden, M. & de Partz, M.P. (1991). On the defence of cognitive approaches in neuropsychological therapy. *Rehabilitation Neuropsychology*, 1, 303-318.

Wilson, B.A., Evans, J.J. & Gracey, F. (2009). Goal setting as a way of planning and evaluating neuropsychological rehabilitation. In B.A. Wilson, F. Gracey, J.J. Evans & A. Bateman (Eds.), *Neuropsychological rehabilitation* :

Theory, models, therapy and outcome (pp. 37-46). Cambridge: Cambridge University Press.

RÉFÉRENCES

- Berg, I.J., Koning-Haanstra, M. & Deelman, B.G. (1991). Long-term effects of memory rehabilitation: A controlled study. *Neuropsychological Rehabilitation*, 1, 87-111.
- Boosman, H., van Heugten, C.M., Winkens, I., Smeets, S.M.J. & Visser-Meily, J.M.A. (2016). Further validation of the Motivation for Traumatic Brain Injury Rehabilitation Questionnaire (MOT-Q) in patients with acquired brain injury. *Neuropsychological Rehabilitation*, 26, 87-102.
- Brouwer, W.H. & Withaar, F.K. (1997). Fitness to drive after traumatic brain injury. *Neuropsychological Rehabilitation*, 7, 177-193.
- Butfield, E. & Zangwill, O. (1946). Reeducation in aphasia: A review of 70 cases. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 9, 75-79.
- Chervinsky, A.B., Ommaya, A.K., de Jonge, M., Spector, J., Schwab, K. & Salazar, A.M. (1998). *Motivation for Traumatic Brain Injury Questionnaire (MOT-Q): Reliability, factor analysis, and relationship to MMPI-2 variables*. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 13, 433-446.
- Coelho, C.A. & Duffy, R.J. (1990). Sign acquisition in two aphasic subjects with limb praxia. *Aphasiology*, 4, 1-8.
- College of Speech and Language Therapists (1991). *Communicating quality: Professionals standards for speech and language therapists*. London: College of Speech and Language Therapists.
- das Nair, R. & Lincoln, N.B. (2013). The effectiveness of memory rehabilitation following neurological disabilities: A qualitative inquiry of patient perspectives. *Neuropsychological Rehabilitation*, 23, 528-545.
- Davis, G.A. (1993). *A survey of adult aphasia and related language disorders*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- D'Cruz, K., Unsworth, C., Roberts, K., Morarty, J., Turner-Stokes, L., Wellington-Boyd, A., ... Lannin, N.A. (2016). Engaging patients with moderate to severe acquired brain injury in goal setting. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 23, 20-31.
- Doering, B.K., Conrad, N., Rief, W. & Exner, C. (2011). Life goals after brain injury in the light of the dual process approach: Empirical evidence and implications for neuropsychological rehabilitation. *Neuropsychological Rehabilitation*, 21, 515-538.
- Evans, J.J. (2012). Goal setting during rehabilitation early and late after acquired brain injury. *Current Opinion in Neurology*, 25, 651-655.
- Feyereisen, P., Barter, D., Goossens, M. & Clerebaut, N. (1988). Gestures and speech in referential communication by aphasic subjects: Channel use and efficiency. *Aphasiology*, 2, 21-32.
- Grant, M. & Ponsford, J. (2014). Goal Attainment Scaling in brain injury rehabilitation: Strengths, limitations and recommendations for future applications. *Neuropsychological Rehabilitation*, 24, 661-677.
- Godfrey, H.P.D. & Knight, R.G. (1988). Memory training and behavioral rehabilitation of a severely head-injured adult. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 69, 458-460.
- Hersh, D. (1998). Beyond the "plateau dilemmas" in chronic aphasia. *Aphasiology*, 12, 207-243.
- Johnson, R. (1998). How do people get back to work after severe head injury? A 10 year follow-up study. *Neuropsychological Rehabilitation*, 8, 61-79.
- Krasny-Pacini, A., Evans, J., Sohlberg, M.M. & Chevignard, M. (2016). Proposed criteria for appraising Goal Attainment Scales used as outcome measures in rehabilitation research. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 97, 157-170.
- Krasny-Pacini, A., Hiebel, J., Pauly, F., Godon, S. & Chevignard, M. (2013). Goal Attainment Scaling in rehabilitation: A literature-based update. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 56, 212-230.
- Lhermitte, F. & Ducarne, B. (1965) La rééducation des aphasiques. *La Revue du Praticien*, 15, 2345-2363.
- Luria, A. R. (1963). *Restoration of function after brain injury*. London: Pergamon Press.
- MacKenzie, C., Le May, M., Lendrem, W., McGuirk, E., Marshall, J. & Rossiter, D. (1993). A survey of aphasia services in the United Kingdom. *European Journal of Disorders and Communication*, 28, 43-61.
- Mazer, B.L., Sofer, S., Korner-Bitensky, N., Gelinas, I., Hanley, J. & Wood-Dauphinee, S. (2003). Effectiveness of a visual attention retraining program on the driving performance of clients with stroke. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 84, 541-550.
- Prescott, S., Fleming, J. & Doig, E. (2015). Goal setting approaches and principles used in rehabilitation for people with acquired brain injury: A systematic scoping review. *Brain Injury*, 29, 1515-1529.

- Riddoch, M.J. & Humphreys, G.W. (1992). *Cognitive neuropsychology and cognitive rehabilitation*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schuell, H.M., Croll, V. & Street, B.S. (1955). Clinical treatment of aphasia. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 20, 43-53.
- Seron, X. (1980). *Aphasie et neuropsychologie: Approches thérapeutiques*. Bruxelles: Mardaga.
- Seron, X. & Deloche, G. (Eds.) (1989). *Cognitive approaches in neuropsychological rehabilitation*. London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Seron, X. & Laterre C. (1982). *Rééduquer le cerveau: Logopédie, psychologie, neurologie*. Bruxelles: Mardaga.
- Seron, X., Van der Linden, M. & de Partz, M.P. (1991). On the defence of cognitive approaches in neuropsychological therapy. *Rehabilitation Neuropsychology*, 1, 303-318.
- Sohlberg, M.M. & Mateer, C.A. (1989). *Introduction to cognitive rehabilitation: Theory and practice*. New York: The Guilford Press.
- Wepman, J.M. (1951). *Recovery from aphasia*. New York: Ronald Press.
- Wilson, B.A., Evans, J.J. & Gracey, F. (2009). Goal setting as a way of planning and evaluating neuropsychological rehabilitation. In B.A. Wilson, F. Gracey, J.J. Evans & A. Bateman (Eds.), *Neuropsychological rehabilitation: Theory, models, therapy and outcome* (pp. 37-46). Cambridge: Cambridge University Press.
- Wilson, B.A. & Gracey, F. (2009). Towards a comprehensive model of neuropsychological rehabilitation. In B.A. Wilson, F. Gracey, J.J. Evans & A. Bateman (Eds.), *Neuropsychological rehabilitation: Theory, models, therapy and outcome* (pp. 2-21). Cambridge: Cambridge University Press.

Chapitre 2

Plasticité cérébrale et revalidation

Xavier SERON
Olivier COLLIGNON

Le concept de plasticité renvoie à un ensemble de processus dynamiques de réorganisation de la structure et des fonctions du cerveau en accord avec une instruction génétique ou face à des changements de l'environnement ou encore dû à l'interaction entre ces deux facteurs. Dans ce chapitre, deux contextes particuliers où la plasticité cérébrale joue un rôle majeur retiendront notre attention : la récupération post-lésionnelle et les modifications cérébrales dues à l'apprentissage.

La plasticité cérébrale intéresse ainsi le rééducateur à deux niveaux : d'une part parce qu'elle permet d'entrevoir que le tableau post-lésionnel immédiat n'est pas définitif et d'autre part parce que les travaux sur l'apprentissage indiquent que le cerveau d'un sujet adulte est susceptible de se modifier.

1. BREF HISTORIQUE

Les débuts de la neuropsychologie ont été longtemps dominés par un débat entre les défenseurs d'une localisation stricte des fonctions ou facultés psychologiques et ceux qui au contraire considéraient que le cerveau fonctionne comme un tout, chaque partie étant en mesure d'accomplir n'importe quelle fonction.

La théorie des localisations strictes, dominante autour des années 1960-1970, avait le désavantage d'entraîner les médecins à considérer que la revalidation neuropsychologique ne présentait aucune utilité. En effet, si le cerveau est une structure fixe et définitivement pré-cablée au sein de laquelle chaque fonction psychologique se voit dédicacer une aire cérébrale spécifique et si

ses éléments constitutifs de base (i.e. les neurones) ne disposent d'aucun pouvoir de réorganisation alors une lésion cérébrale doit avoir pour conséquence inévitable la perte définitive de la fonction assurée par l'aire lésée. Dans ce cadre théorique, il n'y avait pas grand chose à espérer des entreprises de revalidation. Aujourd'hui, avec l'émergence du concept de plasticité, l'image d'un cerveau figé dans ses structures et ses modes de fonctionnement appartient définitivement au passé.

Les facteurs qui ont conduit à ce changement de perspective sont nombreux. Il y a d'abord eu les données de la clinique. L'observation des troubles cognitifs et comportementaux survenant après une lésion cérébrale révèle un tableau évolutif : aux déficits importants en phase aiguë succède le plus souvent une récupération fonctionnelle plus ou moins étendue. De grande amplitude au début, la récupération s'amointrit ensuite au fur et à mesure de l'éloignement de la date de l'accident cérébral.

Plusieurs propositions théoriques générales seront proposées pour rendre compte de cette évolution :

- *la théorie hiérarchique* de Jackson suggérant une représentation des fonctions à plusieurs niveaux de contrôle au sein du système nerveux central. Selon cette conception, lors de la lésion d'un centre, ceux situés à d'autres niveaux dans la hiérarchie fonctionnelle peuvent intervenir pour assurer en partie la fonction (Jackson, 1958) ;
- *la théorie de la substitution fonctionnelle* de Munk suggérant que des aires cérébrales non engagées

dans une autre activité au moment de l'atteinte peuvent se substituer à la zone lésée (Munk, 1877);

- dans une perspective plus étendue le *modèle de l'équipotentialité fonctionnelle* de Lashley considérant que toute partie du cortex associatif restée fonctionnelle est capable, en cas de nécessité, d'accomplir n'importe quel type de fonction, le déficit post-lésionnel étant alors proportionnel à la quantité de tissu lésé (Lashley, 1929).

Monakov émettra une première proposition à propos des mécanismes responsables des changements post-lésionnels en suggérant que les déficits immédiats résultent d'une double cause : la perte fonctionnelle due à l'aire lésée et un effet à distance sur des aires cérébrales parfois éloignées du centre lésé, mais en liaison fonctionnelle avec lui : la *diaschisie* (Monakov, 1914). La lésion provoque une diminution des afférences entre le centre lésé et ceux avec lesquels il se trouve connecté. Il résulte de cette organisation en réseau un état de dysfonctionnement par déafférentation. Cette inhibition provisoire à distance du site lésionnel disparaîtrait ensuite progressivement et un tableau d'amélioration en résulterait. Enfin, Luria sera un des rares auteurs à avoir accordé une importance particulière aux possibilités de réorganisation fonctionnelle après lésion cérébrale. Chez cet auteur, l'accent sur les possibilités de réorganisation est lié à sa manière de concevoir la représentation cérébrale des fonctions psychologiques envisagées comme l'intégration de sous systèmes fonctionnels organisés en réseaux dynamiques susceptibles de se réorganiser lorsque l'un d'entre eux se trouve lésé (Luria, Naydin, Tsvetkova & Vinarskaya, 1969).

2. LA RECHERCHE

À côté de ces cadres théoriques généraux plus ou moins compatibles avec les données de la clinique, les travaux expérimentaux en neurophysiologie et neuro-anatomie animale vont également jouer un rôle déterminant dans la description des mécanismes intervenant lors de la récupération fonctionnelle et un ensemble de mécanismes neurophysiologiques seront décrits au niveau neuronal (modulation de l'efficacité synaptique, mise au travail de synapses silencieuses, bourgeonnement axonal, neurogenèse), mais également au niveau des réseaux impliqués (Stein, Rosen & Butters, 1974; Stein & Hoffman, 2003).

Trois directions principales de recherches ont été développées pour analyser la plasticité cérébrale chez l'animal

(1) l'effet de la suppression des afférences consécutive à une intervention périphérique (déafférentation sensorielle ou motrice), (2) l'effet de lésions centrales et enfin (3) l'effet d'apprentissages particuliers ou de modifications de l'environnement.

- les travaux sur les *lésions périphériques* ont consisté à amputer, ligaturer des nerfs ou anesthésier sur de longues durées le doigt ou la main de singes ou de rats et à examiner les conséquences de ces amputations ou déafférentations au niveau des aires de représentations somato-sensorielles. Dans ce type d'expériences, il a été montré que le champ cérébral récepteur de l'élément périphérique altéré ou déconnecté se trouve progressivement activé par des stimulations en provenance des éléments sensoriels adjacents (Merzenich & Jenkins, 1993). Des restructurations de même nature ont également été observées dans les aires motrices primaires suite à des lésions périphériques (Sanes & Donoghue, 2000);
- les *lésions centrales* ont consisté à réaliser, chez le singe principalement, des ablations circonscrites dans les aires somatosensorielles ou motrices primaires représentant une extrémité d'un doigt, un doigt ou une autre partie du corps. Le plus souvent, il a été observé dans les suites opératoires la réapparition de la représentation du membre dans les aires adjacentes à l'aire lésée (Jenkins & Merzenich, 1987; Rouiller *et al.*, 1998). Ces recherches indiqueront par ailleurs de manière assez claire que ces restructurations corticales ne sont pas indépendantes de l'activité de l'animal au cours de la période post-lésionnelle (Liu & Rouiller, 1999). On reviendra sur ce point, car il souligne le rôle de l'activité du sujet dans la récupération fonctionnelle post-lésionnelle;
- enfin, que *l'environnement* puisse agir sur la structure et l'organisation cérébrale a été établi il y a bien longtemps déjà par les travaux de Rosenzweig et de son équipe qui avaient montré dès les années 60 que des rats élevés dans un milieu enrichi – c'est-à-dire en groupe et dans un environnement stimulant – voyaient leur volume cérébral augmenter par rapport aux rats élevés seul et dans un milieu appauvri (i.e. dans une cage pauvre en possibilité d'activités) (Rosenzweig, Krech, Bennett & Diamond, 1962; Rosenzweig & Bennett, 1996). Par la suite, de très nombreux travaux ont confirmé le rôle de l'environnement sur l'organisation neurale et il a par exemple été montré que l'enrichissement limite les pertes neuronales au niveau de l'hippocampe (Kempermann, Kuhn & Gage, 1997) et favorise la neuroge-

nèse. La recherche tente aujourd'hui de clarifier les rôles respectifs de l'enrichissement de l'environnement et de l'exercice physique dans ces phénomènes de prolifération dont le rôle fonctionnel est également discuté.

2.1. Plasticité cérébrale et activité

La question du rôle de l'environnement et de l'activité du sujet sera également examinée chez l'homme. Il est clairement établi aujourd'hui que l'environnement peut provoquer d'importantes modifications dans la structure et l'organisation du cerveau. Ceci a d'abord été établi sur le cerveau en développement à la suite d'apprentissages intensifs et de carence sensorielle.

2.1.1. Les apprentissages intensifs

Chez le sujet normal on a examiné le devenir d'aires cérébrales impliquées dans des activités pour lesquelles certains sujets ont développé à la suite d'un entraînement intensif une expertise particulière comme c'est le cas par exemple des musiciens. Ainsi, il a été montré que les fibres situées dans la partie antérieure du corps calleux et responsables de la coordination bi-manuelle sont plus étendues chez les musiciens par comparaison aux non musiciens et qu'elles le sont encore davantage chez ceux ayant commencé l'apprentissage du piano avant 7 ans par comparaison à ceux ayant commencé le piano plus tardivement (Schlaug, Jäncke, Huang, Staiger & Steinmetz, 1995). Il a également été montré que les musiciens possèdent des aires cérébrales plus étendues pour le traitement de certaines dimensions musicales comme le timbre (Pantev, Roberts, Schulz, Engelien & Ross, 2001) et chez les musiciens qui jouent d'un instrument à corde on a décrit un élargissement de la représentation corticale des doigts de la main gauche; élargissement par ailleurs à nouveau corrélé à la précocité de l'apprentissage (Elbert, Pantev, Wienbruch, Rockstroh & Taub, 1995; Hashimoto *et al.*, 2004).

2.1.2. Les réorganisations suite à une carence sensorielle

Dans ce domaine de la recherche, une attention particulière a été portée aux sujets qui ont été dès la naissance privés d'une entrée sensorielle comme les aveugles ou les mal entendants précoces afin d'examiner ce que devenaient chez ces sujets les aires cérébrales habituellement dévolues au traitement des informations issues de la modalité sensorielle absente. Tout d'abord, il a été démontré que l'augmentation de l'utilisation des moda-

lités sensorielles préservées, par exemple l'audition et le toucher chez les aveugles précoces, engendrent une plasticité dite intramodale (réorganisation au sein des cortex préservés). Par exemple, les représentations sensorimotrices des doigts sont étendues par l'apprentissage et la pratique du Braille (Pascual-Leone & Torres, 1993) et ces modifications sont corrélées à la régularité et l'intensité de cette pratique (Pascual-Leone, Wassermann, Sadato & Hallett, 1995). Cet apprentissage du braille conduit aussi à un raffinement de la sensibilité tactile sur les doigts utilisés pour la lecture Braille (Wong, Gnanakumaran & Goldreich, 2011). De façon similaire, les aveugles développent des capacités de discrimination de hauteurs tonales (Gougoux *et al.*, 2004) plus fines et leur représentation corticale de ces fréquences (classiquement appelée « tonotopie ») est plus étendue (Gougoux *et al.*, 2004). Peut-être plus spectaculaire est l'observation de réorganisations transmodales chez les personnes privées sur le plan sensoriel. Par exemple, il a été démontré que les régions occipitales, typiquement considérées comme uniquement visuelles, deviennent impliquées dans le traitement d'informations sonores (Collignon, Voss, Lassonde & Lepore, 2009) ou tactiles (Sadato, *et al.* 1996) en cas de cécité précoce. De façon cruciale, cette invasion des régions occipitales par des afférences non-visuelles respecte cependant l'organisation modulaire de ces régions (Dormal & Collignon, 2011). Par exemple, la localisation sonore (Collignon *et al.*, 2011) ou le traitement des sons en mouvement (Dormal, Rezk, Yakobov, Lepore & Collignon, 2016) recrutent des régions de la voie dorsale qui sont normalement impliquées dans la localisation visuelle ou le traitement d'informations visuelles en mouvement. De façon identique, les informations visuelles et tactiles peuvent recruter les régions normalement auditives (cortex temporal) chez les personnes sourdes congénitales (Dormal *et al.*, 2016) et ceci aussi en respectant l'organisation fonctionnelle native de ces régions (Lomber, Meredith & Kral, 2010). Ces mécanismes de plasticité cérébrale ont été cruciaux pour révéler l'influence de l'expérience dans le développement des fonctions cérébrales (par exemple les régions visuelles dites primaires traitent des sons chez les aveugles) mais aussi les contraintes intrinsèques sur ces mécanismes de plasticité (l'organisation modulaire semble être respectée malgré le traitement d'un autre input sensoriel). Il est cependant important de noter qu'il existe de grandes différences dans la manifestation de ces mécanismes de plasticité en fonction de l'âge de début de la privation: ces réorganisations étant beaucoup plus manifestes

lorsque la privation sensorielle arrive à un âge précoce (Collignon *et al.*, 2013). Ainsi, chez l'aveugle tardif, tous les phénomènes de plasticité ne renvoient pas nécessairement à des processus adaptatifs intéressants pour le sujet. Par exemple, on observe bien une activité occipitale augmentée pour le traitement d'informations non-visuelles chez l'aveugle tardif; mais, lorsque via une stimulation magnétique transcrânienne on interfère avec cette activité on n'observe aucune conséquence comportementale. L'activité occipitale augmentée pourrait donc n'avoir aucune signification fonctionnelle (Cohen *et al.*, 1999). De plus, l'activité occipitale ne corrèle pas avec les performances comportementales dans cette population. Plus étonnant encore, il a été observé que plus les aveugles tardifs montraient des signes de cette plasticité transmodale, moins bons ils étaient en localisation de sons (Voss, Gougoux, Zatorre, Lassonde & Lepore, 2008). Ceci semble suggérer que la plasticité cérébrale, lorsqu'elle suit une privation sensorielle tardive, est beaucoup plus épiphénoménale, voire même néfaste, au traitement sensoriel compensatoire des modalités sensorielles préservées. Ces observations sont à mettre en relation avec certaines données de plasticité post-lésionnelle chez l'adulte cérébrolésé notamment dans le cadre des troubles du langage et qui suggèrent que certains patterns de réorganisations pourraient ne pas avoir une haute valeur adaptative.

2.1.3. L'impact du langage

Dans le domaine du langage des différences dans l'organisation cérébrale des sujets lettrés par comparaison aux illettrés ont été également observées notamment au niveau de la densité de la matière blanche du corps calleux (Petersson, Silva, Castro-Caldas Ingvar & Reis, 2007; Carreiras *et al.*, 2009). La langue pratiquée joue également un rôle sur l'organisation cérébrale et il y a des indications suggérant une moins nette latéralisation du langage chez les locuteurs chinois utilisant une langue à tons par comparaison aux sujets parlant l'anglais ou l'espagnol (Valaki *et al.*, 2004).

Il apparaît donc clairement qu'au cours du développement, l'ensemble des apprentissages influence l'organisation cérébrale. Notre cerveau est modelé dans sa neuroanatomie et dans la dynamique de ses activations par la culture et l'environnement social du sujet.

2.2. Plasticité chez le sujet adulte neurotypique

Les données à propos de la plasticité cérébrale en cours de développement sont impressionnantes, mais les recher-

ches actuelles montrent qu'elle se poursuit également chez l'adulte et ceci même si elle paraît être de moins grande amplitude.

- l'étude du cerveau des chauffeurs de taxis londoniens constitue une remarquable illustration de la plasticité cérébrale chez le sujet adulte. Les chauffeurs de taxi londoniens subissent en effet un long apprentissage du réseau routier londonien au sein duquel ils ont à réaliser de façon intensive des décisions de navigation dans un environnement particulièrement complexe. Lorsqu'ils réalisent des tâches de mémoire topographique, par exemple «se représenter un itinéraire dans la ville», l'enregistrement de leur cerveau en IRMf montre qu'ils présentent d'importantes activations au niveau de l'hippocampe du côté droit (Maguire, Frackowiak & Frith, 1997). Par la suite, au moyen de l'IRM structurale, Maguire et ses collaborateurs ont montré que le volume moyen de la partie postérieure des hippocampes gauche et droit des chauffeurs de taxi londoniens est plus important que celui mesuré sur une population contrôle (Maguire *et al.*, 2000). Cet accroissement de volume est proportionnel à la durée de l'expérience de conduite acquise (Maguire *et al.*, 2003). Enfin, et de façon tout à fait intéressante, cet accroissement est lié à la nécessité de prendre des décisions de navigation spatiale, car les chauffeurs d'autobus qui disposent d'une expérience de conduite de durée équivalente, mais acquise au cours de trajets stéréotypés et déterminés à l'avance, ne présentent pas cet accroissement volumétrique;
- de même, des changements structuraux ont été observés chez des musiciens ayant débuté au-delà de l'enfance, à l'adolescence voire même comme jeunes adultes (Han *et al.*, 2009);
- et chez l'adulte toujours, apprendre à lire réorganise les réseaux cérébraux et conduit à la création d'une architecture cérébrale dédiée spécifiquement au traitement orthographique (Dehaene, Cohen, Morais & Kolinsky, 2015). Par exemple, des régions occipito-temporales qui avant l'apprentissage de la lecture ne répondaient pas spécifiquement à ces stimuli, après apprentissage, deviennent spécialisées dans le traitement visuel de mots. Ce qui est fascinant, c'est que ces régions cérébrales se spécialisent même pour la lecture de mots via le toucher après apprentissage du Braille chez les aveugles (Reich, Szwed, Cohen & Amedi, 2011) mais aussi chez les voyants (Siuda-Krzywicka *et al.*, 2016). Ces derniers résultats illustrent bien la flexibilité des régions cérébrales quant

à l'information sensorielle pour laquelle elles se spécialisent mais suggèrent aussi un plus grand déterminisme quant à la fonction que ces régions doivent accomplir, peut importe l'input sur lequel cette fonction se base.

2.3. Plasticité post-lésionnelle chez l'adulte

À côté des travaux sur la plasticité chez le sujet normal, l'étude de la plasticité post-lésionnelle chez l'adulte a fait de considérables progrès depuis l'introduction des méthodes de l'imagerie cérébrale fonctionnelle (PET, IRMf, MEG, ...) qui permettent l'analyse de la redistribution des activations cérébrales pendant la période post-lésionnelle. En ce qui concerne, l'IRMf deux méthodes sont classiquement utilisées: l'enregistrement de l'activité cérébrale lorsque le sujet est au repos (resting-state IRMf) et lorsqu'il réalise une tâche bien définie en réponse à un stimulus (task-related IRMf).

Sur le plan méthodologique deux approches différentes sont fréquemment utilisées: l'une, longitudinale, consiste à examiner les activations cérébrales à plusieurs reprises au cours de la récupération chez le même sujet (Léger *et al.*, 2002); l'autre, transversale, consiste à comparer les activations cérébrales de sujets différents ayant récupéré sur le plan fonctionnel à des niveaux d'efficacité différents. Chacune de ces approches a ses avantages et ses inconvénients. L'approche transversale inter-sujets est plus rapide à développer, mais présente l'inconvénient majeur de comparer des sujets qui ont – compte tenu du caractère non contrôlé de la pathologie cérébrale – des lésions nécessairement différentes. L'approche longitudinale intra-sujet est la plus puissante pour identifier des changements. Ceci tient au fait que la variabilité des activations entre différents sujets est plus importante que la variabilité des activités d'un même sujet examiné à plusieurs reprises. L'approche longitudinale n'est cependant pas sans risques liés à la répétition des mêmes tâches. Il faut en effet s'assurer que le sujet n'a pas développé des connaissances ou des stratégies particulières du simple fait de la répétition de la situation de contrôle (Munoz-Cespedes, Rios-Lago, Paul & Maestu, 2005). Ce problème peut, en partie au moins, être surmonté par la création d'un groupe contrôle pour l'évaluation des effets de répétition. Certaines tâches cependant, et notamment celles moins sujettes à l'adoption de stratégies, sont moins sensibles aux effets de répétition, il est alors possible de changer le contenu de la batterie utilisée tout en maintenant la tâche constante. L'interprétation des changements observés reste

cependant extrêmement complexe. Il ne suffit en effet pas de montrer que la récupération fonctionnelle s'accompagne d'une modification des activations cérébrales, il faut encore être en mesure de démontrer que ces modifications (sur- et sous-activations) sont bien la cause des changements observés; car, dans certains cas, des phénomènes de plasticité semblent plutôt avoir accompagné le maintien de troubles ou à tout le moins avoir freiné la récupération. Par exemple, dans certains travaux, sur la récupération motrice l'accroissement de l'activation d'aires motrices primaires et non primaires au-delà de ce qui est rencontré chez les sujets normaux s'observe davantage chez les patients à faible récupération par comparaison avec ceux ayant bien récupéré (Ward et Frackowiack, 2006) et dans le domaine du langage le rôle fonctionnel des activités hémisphériques droites est sujet à débat (cfr. *infra*).

En simplifiant quelque peu les données, trois grands patterns de réorganisation ont été décrits: (1) la réactivation de certaines structures au sein même de la zone lésée, (2) l'intervention d'aires péri-lésionnelles et (3) la prise en charge de la fonction par les aires homologues de l'hémisphère controlatéral. Un des objectifs des recherches actuelles est de décrire ces différents patterns de réorganisation, d'essayer de comprendre les conditions de leur apparition, d'établir dans quelle mesure les réorganisations observées sous tendent effectivement la récupération fonctionnelle et *in fine* d'examiner dans quelle mesure certaines stratégies de rééducation sont susceptibles de les favoriser ou au contraire d'interférer avec elles.

La dynamique des patterns de réorganisation cérébrale post-lésionnelle semble dépendre de très nombreux facteurs dont l'identification est seulement en train de se faire.

Le cas de la récupération des troubles du langage est particulièrement illustratif de la complexité des phénomènes et indique que les patterns de récupération évoluent avec le temps.

L'idée que l'hémisphère droit joue un rôle dans la récupération des troubles du langage après lésion vasculaire est ancienne et avant l'émergence des travaux en imagerie fonctionnelle, plusieurs auteurs avaient décrit le cas de sujets atteints après un accident vasculaire à gauche d'une aphasie de Broca qui ont ensuite retrouvé un langage fonctionnel, mais dont l'aphasie est réapparue à la suite d'une deuxième lésion touchant cette fois la région homologue de l'hémisphère droit (Barlow, 1877; Gowers, 1887; Basso, Gardelli, Grassi & Mariotti, 1989). Il en avait été déduit que suite à la lésion certaines fonctions langagières avaient émigré sur l'autre hémisphère. Le rôle de l'hémisphère droit dans la récupération fonctionnelle s'est également vu confirmé suite à l'usage du

test de Waada et par les méthodes de l'écoute dichotique. Mais, alors que certaines études indiquaient que ce transfert peut se produire pour les aphasies de Broca et de Wernicke (Crosson & Warren, 1981) d'autres données suggéraient que les modifications étaient davantage variables et pouvaient être différentes d'un cas à un autre (Shanks & Ryan, 1976).

Les données de la neuroimagerie indiqueront effectivement que les deux cas de figures se produisent et que selon les circonstances les régions de l'hémisphère droit activées dans les traitements linguistiques chez les sujets normaux et les régions péri-lésionnelles gauches jouent un rôle plus ou moins important. Ces activations bi-hémisphériques ont été observées dans divers paradigmes d'activation : génération silencieuse de verbes et répétitions de pseudo-mots (Weiller *et al.*, 1995 ; Warburton, Price, Swinburn & Wise, 1999), traitement sémantique de mots et d'images (Winhuisen *et al.*, 2005 ; 2007), tâches de fluence sémantique et phonologique (Perani *et al.*, 2003), audition de phrases (Crinion & Price, 2005). Si l'hémisphère droit et gauche interviennent dans la récupération, il a toutefois été observé que lorsque les activations dominent dans les aires péri-lésionnelles gauches la récupération est de meilleure qualité que lorsqu'elle se trouve surtout associée à des activations hémisphériques droites. (Cao *et al.*, 1999 ; Heiss, Kessler, Thiel, Ghaemi & Karbe, 1999 ; Karbe *et al.*, 1998 ; Perani *et al.*, 2003 ; Rosen *et al.*, 2000). Il semble en fait qu'intervient ici la taille de la lésion. Lorsque la lésion initiale est étendue, la récupération du langage est plus faible et la réorganisation cérébrale semble se faire surtout à droite (Heiss *et al.*, 1997). Au contraire, lorsque la lésion est de petite dimension, les aires péri-lésionnelles assurent la récupération.

Cette hypothèse pose l'existence d'une *hiérarchie fonctionnelle* dans la récupération, lorsque la lésion n'est pas trop étendue le réseau fonctionnel résiduel gauche serait en mesure d'assurer la reprise de la fonction. Par contre, lorsque la lésion est plus étendue, l'hémisphère gauche serait incapable d'assurer seul la fonction et également d'inhiber correctement l'hémisphère droit qui entrerait alors en compétition avec lui. En faveur de cette hypothèse, il y a le fait que l'intervention de l'hémisphère droit a souvent été observée dans les tâches d'activation au stade post-lésionnel aigu ce qui bien sûr contredit l'idée d'une récupération résultant du développement de nouvelles routes synaptiques et suggère que l'hémisphère droit manifesterait ses capacités linguistiques propres habituellement inhibées chez le sujet normal.

Mais, la question de la récupération se complique encore un peu si on l'examine sous l'angle des tâches impliquées et plusieurs données suggèrent que – dans certains cas l'hémisphère droit – jouerait un rôle critique dans la récupération notamment lorsqu'il s'agit de traitements auditifs (Sharp *et al.*, 2004) alors que la récupération d'un bon niveau de production orale dépendrait davantage de réorganisations hémisphériques gauches.

Enfin, il convient également de tenir compte de la dynamique temporelle des activations observées. Il y a effectivement des indications qui suggèrent une modification de la contribution des hémisphères gauche et droit en fonction du temps. Cette dyna-

mique temporelle pourrait correspondre à une intervention en phase aiguë de l'hémisphère gauche, rapidement suivie en situation sous-aiguë (environ deux semaines après l'accident) d'une intervention plus marquée hémisphérique droite pour enfin un retour de la primauté des activations hémisphériques gauches péri-lésionnelles en situation chronique (Saur *et al.*, 2006). Mais, ce constat général doit être nuancé, car si d'autres données suggèrent également une évolution dans le temps de la contribution respective des deux hémisphères, les frontières temporelles de ces phases sont peu précises et pourraient varier selon la localisation et l'importance des lésions (Cardebat *et al.*, 2004 ; Fernandez *et al.*, 2004 ; Crosson *et al.*, 2007).

Comme le rappellent Crosson et ses collaborateurs (Crosson *et al.*, 2007) en ce qui concerne le langage, la question n'est pas de déterminer si l'hémisphère droit est capable d'assurer la récupération fonctionnelle à l'exclusion de l'hémisphère gauche ou au contraire si le gauche peut récupérer indépendamment du droit, mais de se demander à quelles conditions l'un et l'autre sont susceptibles d'intervenir dans la récupération fonctionnelle en tenant compte des facteurs de sévérité des troubles, de la localisation et de l'étendue des lésions responsables et de la chronologie des événements. Enfin, et nous y reviendrons plus tard, ces analyses doivent en plus impliquer une réflexion sur l'effet des tentatives de rééducation.

2.4. Plasticité post-lésionnelle : la variable temporelle

D'une manière générale, la récupération spontanée n'est pas un processus au décours régulier ; l'impression qui prévaut au contraire est qu'il s'agit d'un phénomène dont l'ampleur diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du moment de l'atteinte cérébrale. La récupération serait importante et rapide au début et ralentirait progressivement par la suite. Ainsi, dans les quelques heures qui suivent un AVC, ou la sortie d'un coma suite à un traumatisme, il n'est pas rare d'assister à des changements importants dans la sévérité et l'expressivité des troubles, au point qu'une évolution sensible de la sémiologie peut parfois s'observer au cours de la même journée ! Ces progrès importants au début et qui peuvent s'étendre sur trois à quatre semaines sont liés à la diminution de la diaschisis et correspondraient à une reprise fonctionnelle d'aires cérébrales épargnées lors de l'atteinte initiale, mais dont le fonctionnement se trouvait inhibé. La récupération ultérieure résulterait de mécanismes neurophysiologiques plus complexes (hypersensitivité de dénervation, bourgeonnement axonal collatéral, réorganisations somatotopiques, mise au travail de synapses

silencieuses, etc.) que la recherche fondamentale s'efforce de préciser.

La durée réelle de la récupération post-lésionnelle n'est pas simple à établir car trois facteurs interviennent de manière critique dans cette évaluation : (1) le moment de la première mesure, (2) les moments et l'étalement des mesures ultérieures et enfin la sensibilité des mesures. Dans certains travaux les patients sont testés à 6 mois, 12 mois et 24 mois après l'atteinte cérébrale ; le fait d'obtenir un écart entre la première évaluation et la seconde est bien sûr dépendant de la date à laquelle la première mesure a été faite. Ainsi, selon que l'évaluation a été faite deux jours, une semaine ou un mois après l'AVC la probabilité d'enregistrer un changement en post-test variera et sera d'autant plus grande si la première évaluation a été faite précocement. Il existe une grande variabilité des mesures à cet égard, ainsi pour étudier la récupération spontanée de 18 aphasiques, Sarno et Levita (1981) prennent leur première mesure au lit du malade dans les deux jours qui suivent l'accident cérébral. D'autres auteurs utilisent des fourchettes de temps beaucoup plus larges par exemple entre 2 jours et trois semaines (Hanson & Cicciarelli, 1978) ; d'autres encore utilisent une valeur moyenne (comme Demeurisse et *al.*, 1980, qui annoncent une première évaluation effectuée à une moyenne de 16 jours après l'accident), ou prennent pour repère le moment où le patient quitte les soins intensifs (Holland, Greenhouse, Fromm & Swindell, 1989). Ces variations dans les mesures modifient évidemment les conclusions de ces travaux surtout si l'on se souvient que les patients récupèrent souvent de manière très sensible au cours des deux semaines qui suivent leur AVC (Hartman, 1981). L'inconvénient des tests fort proches de l'accident est qu'ils s'adressent à des sujets qui peuvent se trouver confus ou a-réactifs ; dans un tel contexte la signification des performances obtenues aux tests est parfois difficile à apprécier. Il en résulte qu'il est plus adéquat d'établir un niveau initial de performance plus ou moins un mois après la survenue de la lésion (Lendrem & Lincoln, 1985).

Si la récupération fonctionnelle s'amointrit avec le temps, cela ne signifie pas qu'elle soit définitivement arrêtée. Nombreux sont les cliniciens qui revoient leurs patients deux à trois ans après que leur revalidation soit terminée et qui entendent certains d'entre eux affirmer qu'ils font encore des progrès. Ceci ne supporte donc pas entièrement le travail de Robey (1998) qui dans une méta-analyse portant sur la récupération et la rééducation des aphasiques avait montré que l'amplitude de la récupération fonctionnelle est importante entre 1 et 3 mois après l'atteinte cérébrale, reste sensible entre 3 mois et 12 mois après l'atteinte et devient quasiment nulle au delà de 12 mois. L'affirmation de l'arrêt de la récupération fonctionnelle après deux à trois ans est aujourd'hui régulièrement remise en question par l'apparition de travaux qui montrent dans des études longitudinales à plus long terme l'existence de progrès dans divers domaines cognitifs (Millis et *al.*, 2001) et au niveau

du langage (Pradat-Diehl, Tessier & Chaounlamountry, 2001 ; Smania et *al.*, 2010). Ces travaux rejoignent ceux qui montrent l'existence d'une plasticité cérébrale se déployant sur le long terme et se produisant dans le cadre de lésions lentement évolutives et que nous aborderons dans un prochain paragraphe.

Sur l'évolution post-lésionnelle à long terme, il est cependant parfois difficile de décider ce qui dans ces améliorations fonctionnelles éloignées de la date de la lésion résulte de changements au niveau des processus cognitifs en tant que tels, de ce qui est dû à des adaptations stratégiques du sujet. On manque en fait d'études analysant de manière plus fine l'évolution des troubles plusieurs années après l'atteinte cérébrale.

2.5. Plasticité péri-lésionnelle : la variable temporelle

Parmi les variables lésionnelles, la modalité d'installation abrupte ou progressive des lésions présente une importance considérable. Les travaux récents de Duffau et de son équipe sont venus rappeler à la communauté scientifique le rôle clé de la variable temporelle (Duffau, 2006). La comparaison entre des lésions abruptes comme les traumatismes crâniens ou les accidents vasculaires et les lésions progressives comme les tumeurs souligne que lorsqu'on lui en laisse le temps, le SNC est en mesure de se réorganiser de manière nettement plus étendue que lorsqu'il doit faire face à des lésions aiguës s'installant en un temps. Ainsi, si après un accident vasculaire les pertes fonctionnelles sont généralement importantes et la récupération à terme le plus souvent incomplète, le tableau qui émerge après la résection de tumeurs à installation lente est fort différent. Dans le cas de tumeurs lentes (notamment le gliome de Grade II qui en moyenne ne progresse que de 4 mm par an) la lésion peut atteindre un volume considérable avant que ne se manifestent les premiers signes d'un dysfonctionnement cognitif. Il n'est pas rare d'ailleurs que les tumeurs signalent leur présence par des crises d'épilepsie plutôt que par un déficit cognitif, et lors de leur résection les troubles cognitifs subséquents sont moins importants que lors d'une lésion de dimension comparable mais provoquée par un événement abrupt tel qu'un AVC (Duffau, 2006 ; Desmurget, Bonnetblanc & Duffau, 2007). Les opérations pratiquées sur les tumeurs lentes révèlent en outre que les aires cérébrales qui abritent classiquement des fonctions cognitives de haut niveau et considérées jusqu'alors comme inopérables (aire de Broca, aire motrice supplémentaire, gyrus rétro-central, etc.) peuvent moyennant une technique opératoire particulière

être réséquées sans qu'il en résulte le moindre déficit. Ceci indique que les fonctions habituellement assumées par ces aires ont migré vers d'autres parties du cerveau. L'analyse pré-opératoire des patients permet par ailleurs d'examiner assez précisément la dynamique de ces migrations et réorganisations du cerveau ce qui fournit un ensemble d'informations sur la dynamique de la connectivité des réseaux cérébraux. Ces travaux d'une part renouvellent nos conceptions sur l'étendue et les mécanismes sous jacents à la plasticité cérébrale et d'autre part, génèrent une technique opératoire originale qui préserve au mieux les capacités fonctionnelles des patients (Duffau, Gatignol, Mandonnet, Capelle & Taillandier, 2008).

Les travaux de Duffau et de son équipe rappellent cette recherche plus ancienne d'Anderson et ses collaborateurs qui avaient soigneusement appariés l'étendue et la localisation des lésions de patients présentant une tumeur lentement croissante dans l'hémisphère gauche et de patients ayant souffert d'un accident vasculaire dans la même région. Après un appariement très précis des paramètres lésionnels, les patients ont reçu une grande variété de tests neuropsychologiques évaluant le fonctionnement intellectuel verbal et non verbal, la mémoire verbale et visuelle, le langage et la parole. Les auteurs observent une différence très importante alors que les lésions sont de taille et de localisation identiques. Les patients avec atteinte vasculaire présentent des troubles du langage plus sévères que ceux atteints d'une tumeur et parmi ces derniers certains ne présentent aucun trouble du langage malgré des lésions cérébrales étendues (Anderson, Damasio & Tranel, 1990) ; les revues actuelles de la littérature confirment cette importante différence.

3. ENSEIGNEMENTS CLINIQUES

Partant du constat que le cerveau est le siège de processus de réorganisation post-lésionnelle qui se produisent en dehors d'une prise en charge systématique, le rééducateur se trouve confronté à trois questions principales :

- 1) Dans quelle mesure les connaissances actuelles sur les mécanismes de plasticité cérébrale permettent-elles de faire des prédictions sur l'étendue possible de la récupération fonctionnelle ?
- 2) A-t-on des raisons de penser que la rééducation apporte quelque chose de plus que la récupération qui se produit dans un environnement non spécifiquement structuré ?
- 3) Les connaissances à propos de la récupération fonctionnelle peuvent-elles amener les rééducateurs à modifier la nature et la logique de leur démarche thérapeutique en prenant appui sur les mécanismes neuronaux de récupération fonctionnelle ?

C'est à ces trois questions que sera consacrée la suite de ce chapitre.

3.1. Prédire la récupération fonctionnelle ?

La question de la prédiction de la récupération fonctionnelle est complexe parce que le nombre de variables à prendre en considération est élevé, parce qu'elles relèvent de dimensions différentes (génétique, médicale, psychologique, familiale, sociale, économique et culturelle) et parce que leurs interactions restent mal connues. L'effet de ces variables doit en outre être envisagé à différents moments : *avant* la lésion (variables pré-lésionnelles), *au moment* de la lésion (variables péri-lésionnelles) et *après* la lésion (variables post-lésionnelles).

La spécialisation des pratiques médicales selon le type de lésion a par ailleurs amené les chercheurs et les cliniciens à évaluer le rôle de ces facteurs non plus sur la base d'une condition générale : la lésion cérébrale, mais en regard de pathologies plus précises : accidents vasculaires (Cramer, 2008), traumatismes crâniens (Povlishock & Katz, 2005), SEP, intoxications au CO (Weaver, Hopkins & Larson-Lohr, 1996), etc. En outre, à l'intérieur de ces grandes catégories neuropathologiques, les travaux actuels évaluent le devenir des patients de manière encore plus étroite sur la base de groupes plus strictement définis comme par exemple les traumatismes crâniens légers (Caroll *et al.*, 2004), modérés (Van der Naalt *et al.*, 1999) sévères (Sidaros *et al.*, 2008) ou encore les whiplash (Caroll *et al.*, 2009 ; Gargan & Bannister, 1994). Pour compliquer encore l'évaluation de la littérature, certaines études prennent pour critère d'entrée le type de lésion cérébrale, alors que d'autres partent des syndromes. On étudie alors la récupération fonctionnelle chez les aphasiques de Broca, les patients atteints de négligence spatiale unilatérale ou ceux présentant un syndrome frontal, etc.

Face à une telle diversité de variables deux stratégies de recherches ont été développées : la constitution de groupes très étendus de patients (le plus souvent impliquant la coordination de plusieurs centres) à partir desquels il est possible de procéder à diverses méta-analyses ou l'étude de sous-groupes moins étendus de patients, mais sélectionnés de telle façon qu'ils présentent une moins grande hétérogénéité.

Au nombre considérable des variables à prendre en compte s'ajoute le problème de leurs interactions. Par exemple, la variable âge parfois avancée comme un critère de mauvais pronostic pourrait ne pas être en elle-

même pertinente, mais dépendre surtout de l'état de santé du sujet. De même, la variable étiologie interagit avec la variable âge: ainsi les atteintes traumatiques réputées récupérer mieux que les accidents vasculaires (Kertesz & McCabe, 1977) surviennent aussi en moyenne chez des sujets plus jeunes. Il devient alors délicat de départager le rôle de l'âge et celui de l'étiologie. Dans le domaine du langage, l'âge peut aussi être confondu avec le type d'aphasie: ainsi, il a été observé qu'en moyenne les lésions vasculaires donnent plus fréquemment lieu à des aphasies de Broca chez des sujets jeunes (moyenne d'âge 50 ans) et à des aphasies de Wernicke chez des sujets âgés (moyenne d'âge 60) (Brown & Grober, 1983; Harasymiw, Halper & Sutherland 1981; Obler, Albert, Goodglass & Benson, 1978). La moins bonne récupération des aphasies de Wernicke (Kertesz & McCabe, 1977) proposée par certains pourrait ainsi être surtout due à l'âge des sujets plutôt qu'au type de troubles. D'autres recouvrements partiels existent encore entre par exemple, le siège de la lésion et la nature des déficits, ou entre l'étendue de la lésion et la gravité du trouble. Une autre difficulté concerne les critères utilisés pour évaluer la récupération fonctionnelle. Dans certains travaux l'évolution est mesurée à partir de tests neuropsychologiques, dans d'autres on mesure l'adaptation du sujet à son environnement, sa qualité de vie, le retour à une activité professionnelle, ou encore plus largement son bien être psychologique.

Enfin, si certains travaux tentent de cerner la récupération fonctionnelle «hors revalidation» dans une majorité de recherches une rééducation est entreprise et – sauf dispositif expérimental particulier –, la variable rééducation est alors introduite parmi les facteurs intervenant dans la récupération fonctionnelle, mais sans analyse qualitative particulière.

Il n'est pas possible ici de dresser un inventaire des variables qui interviennent et dont il convient de tenir compte pour évaluer les chances de récupération d'un patient. Il appartient aux équipes cliniques en fonction de la symptomatologie particulière d'un patient, de son passé, de son état de santé général, de la sévérité de ses troubles, de l'environnement dont il pourra disposer et des données existantes dans la littérature de fournir une estimation raisonnable sur la probabilité et l'amplitude de la récupération fonctionnelle. Certaines données et difficultés peuvent cependant être brièvement évoquées.

3.1.1. Facteurs généraux et facteurs spécifiques

Dans l'identification des facteurs susceptibles d'intervenir dans la récupération fonctionnelle certains sont

généraux car indépendants de l'étiologie et de la gravité des lésions. C'est le cas des variables liées au sujet et à son environnement comme son âge, son genre, son origine ethnique, sa latéralisation manuelle, son niveau d'études, sa personnalité, ses activités professionnelles, la présence de problèmes antérieurs de santé, d'une condition psychiatrique, de consommation d'alcool ou de drogues, etc.

D'autres facteurs sont spécifiques au type de lésion cérébrale. À ce niveau les travaux sur la récupération lésionnelle se font à partir de classifications étiologiques et ceci est en grande partie lié à la spécialisation des centres de revalidation et de suivi des patients. Il est cependant parfois difficile de comparer les études parce que les critères de catégorisation peuvent varier d'une recherche à l'autre.

Par exemple, dans le domaine de la traumatologie crânienne plusieurs systèmes de classements ont été proposés. Le plus ancien classe les traumatismes selon leur sévérité à partir de l'Échelle de Glasgow (mesurée au moment de l'arrivée aux urgences): en légers (13-15), modérés (9-12) et sévères (3-8) (Teasdale & Jennet, 1974). Mais cet indicateur n'est pas suffisant (le résultat du Glasgow évolue rapidement au cours des premières heures, et on dispose pas toujours d'informations claires sur le moment où la mesure a été prise). Aujourd'hui, d'autres indices sont utilisés pour qualifier la sévérité d'un traumatisme, et selon les recommandations du Center for Disease Control aux Etats Unis on introduit comme critères de classement: les données de l'imagerie cérébrale, la durée de la perte de conscience, la durée de l'amnésie post-traumatique, et la présence d'autres indicateurs de gravité des lésions etc. (Jourdan, 2015).

Mais, à côté de systèmes de classification des traumatismes basés sur le tableau initial, d'autres critères ont été proposés comme la classification à partir de la neuropathologie qui établit des catégories sur la base de quatre séquelles neuro-pathologiques: les lésions axonales diffuses, les contusions, les hématomes intra-parenchymateux et les hémorragies sous arachnoïdiennes. On trouve également des classements à partir de l'étiologie, on distingue ici le fait que la tête heurte un objet ou est heurtée; ou encore que le cerveau a été secoué dans le crâne mais sans qu'il y ait eu un contact entre le crâne et un objet extérieur (i.e. comme le *whiplash*) (Gennarelli *et al.*, 1985). D'autres auteurs encore proposent une classification à partir du devenir des patients. Cela se réalise sur la base d'études multicentriques permettant l'étude d'importantes populations de patients et sur base d'une analyse rétrospective on développe des modèles prédictifs du devenir des patients à partir de l'analyse du Glasgow et de très nombreux autres indicateurs pronostics (Maas, Marmarou, Murray, Teasdale & Steyerberg, 2007; Murray *et al.*, 2007).

3.1.2. Le rôle de l'imagerie cérébrale dans la prédiction

Dans l'effort de prédiction de la récupération fonctionnelle, l'imagerie cérébrale joue aujourd'hui un rôle particulier: d'une part l'imagerie structurale fournit des images plus précises à propos de l'étendue et de la localisation des lésions et d'autre part l'imagerie fonctionnelle permet d'identifier les structures encore fonctionnelles chez un patient donné.

Dans le domaine des accidents vasculaires particulièrement, on voit se développer une stratégie particulière de recherche qui consiste à construire des bases de données organisées autour d'une description précise des lésions et à y introduire divers facteurs de pronostic ainsi que le devenir observé des patients. L'hypothèse étant que la construction d'une véritable banque de données, d'un « corpus » de patients permettra une prédiction de plus en plus fiable de la récupération fonctionnelle.

Un projet de ce type intitulé le « PLORAS data base » (pour Predict Language Outcome and Recovery After Stroke) a été récemment développé par Cathy Price (Price, Seghier & Leff, 2010). Initialement projeté en vue d'essayer de prédire l'amplitude de la récupération des troubles du langage après un accident vasculaire cérébral, PLORAS peut être utilisé pour prédire le devenir d'autres troubles cognitifs.

La procédure de base est la suivante pour chaque patient introduit dans la base de données, on collecte un ensemble défini d'informations: une IRM anatomique de haute résolution, les résultats d'une évaluation du langage et des fonctions cognitives (à partir du CAT *Comprehensive Aphasia Test*: Swinburn, Porter & Howard, 2004), des informations démographiques (sexe, genre, latéralité, le délai post-accident, etc.), des informations à propos de l'accident vasculaire et la présence d'autres comorbidités). D'autres informations sont encore recueillies comme le lieu de naissance, la langue maternelle, le niveau d'éducation, la nature des occupations professionnelles, la présence d'autres problèmes de santé ou mentaux, les troubles sensoriels, etc. Les images cérébrales sont ensuite traitées de telle façon que la lésion puisse être représentée dans un espace stéréotaxique standard qui permet la comparaison directe de tous les cerveaux. Cette banque de données qui comporte déjà 750 patients croît au rythme de 200 patients par an. L'objectif annoncé est de fournir une probabilité de récupération pour un patient donné: 1) en examinant dans la banque de données quelle a été la récupération fonctionnelle des patients atteints des lésions aux dimensions et localisations les plus proches; 2) en quantifiant la variance dans la récupération fonctionnelle de ces patients et 3) en identifiant les principales sources de cette variance. On pourra ainsi fournir pour un nouveau patient une indication de son devenir le plus probable et cette indication

sera d'autant plus forte lorsque les prédictions auront été faites sur un nombre important de patients (Price *et al.*, 2010; Seghier *et al.*, 2016).

L'émergence de telles démarches que l'on rencontre dans d'autres domaines de la pratique médicale (prognostic suite à un cancer ou une opération, etc.) indique *a contrario* combien la prédiction du devenir des patients est difficile. La construction de banques de données est intéressante mais leur efficacité à long terme dépendra de la qualité, de la sensibilité et de la pertinence des mesures introduites lors de la constitution des corpus. Il n'est pas sûr par exemple que les images structurales puissent suffire à fonder un pronostic; et, lors des analyses fonctionnelles, il n'est pas sûr non plus que la localisation des activations constitue une mesure suffisante et il paraît vraisemblable que pour y voir un peu plus clair il sera nécessaire d'ajouter d'autres mesures (i.e. des mesures de connectivité). Il nous paraît par ailleurs important de noter qu'une démarche de type PLORAS procède au regroupement des sujets sur la base de leurs lésions individuelles et dans un sous programme de leurs activations individuelles. Il est en effet de plus en plus évident que le moyennage des données d'activations sur des groupes de patients est trompeur. Divers auteurs recommandent aujourd'hui de joindre aux analyses de groupes, les données de chaque cas afin de prendre en compte la variabilité inter-individuelle plutôt que de la considérer comme du bruit et de considérer que cette variabilité reflète à la fois des variations stratégiques dans la réalisation des tâches et des variations inter-individuelles dans la morphologie et la vascularisation cérébrale (Miller & Van Horn, 2007; Van Horn, Grafton & Miller, 2008).

Comme on le voit, l'imagerie cérébrale est de plus en plus utilisée comme un des indicateurs à prendre en considération dans le pronostic de la récupération fonctionnelle. On doit par ailleurs s'attendre encore dans ce domaine à une évolution des pratiques et à la prise en compte de nouvelles variables comme les mesures de connectivité. Les travaux en imagerie sont en fait, comme la neuropsychologie l'a été jadis, également confrontés à l'hétérogénéité des conditions pathologiques, psychologiques et culturelles des sujets. Le recours à de vastes banques de données signale bien sûr l'extrême diversité des variables à prendre en considération, mais indique aussi que des progrès méthodologiques sont à accomplir afin d'augmenter la fiabilité des mesures et des progrès théoriques pourraient également aider à identifier davantage les paramètres auxquels il convient de donner la priorité.

En d'autres termes, l'utilisation de l'imagerie cérébrale comme outil diagnostique ou comme prédicteur de stratégies de réhabilitation est intrinsèquement complexe. Cette complexité provient notamment de la grande variabilité intra- et inter- individuelle observée chez les sujets sains lors d'enregistrements cérébraux pour une tâche donnée. Cette variabilité est généralement d'autant plus grande que l'on cherche à observer l'activité liée à des mécanismes cognitifs de plus haut niveau (variabilité moindre pour des phénomènes sensoriel ou perceptif de bas niveau comme par exemple l'organisation rétinotopique des régions visuelles primaires versus variabilité plus élevée pour des fonctions cognitives de plus haut niveau telles les fonctions exécutives ou les processus de prise de décision). Cette variabilité inter- et intra-individuelle pose un problème majeur pour l'utilisation de la neuro-imagerie comme outil diagnostique ou pronostique car son utilisation doit être en mesure de déceler des patterns d'activités cérébrales déviants mais fiables entre des sujets ayant subi une lésion cérébrale et des sujets neurotypiques. Ces problèmes sont encore exacerbés si l'on se base sur des mesures d'enregistrement cérébral plus complexes telles les altérations de la connectivité cérébrale qui souffrent généralement d'une variabilité de mesure encore plus grande. En d'autres termes, si la mesure sur laquelle on se base est variable au sein de la population neurotypique, comme c'est souvent le cas pour la plupart des mesures de neuroimagerie classique telle que l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle, il sera impossible de déterminer si le pattern observé chez un patient diffère de façon manifeste de ce qui est observé « normalement » dans la population tout venant. Cette variabilité des mesures inter et intra-individuelle est souvent sous-estimée dans la littérature vu la tendance générale à montrer des résultats de groupes résultant du moyennage des données provenant de nombreux sujets. D'un point de vue diagnostique ou prédictif, ces cartes de groupes n'ont que peu d'intérêt car ce qui est pertinent pour la neuropsychologie cognitive, c'est de pouvoir déterminer à quel point le pattern d'activité d'un patient en particulier dévie de l'ensemble des sujets d'un groupe contrôle.

En résumé de ces remarques : les données de l'imagerie cérébrale structurale et fonctionnelle sont bien sûr des variables à prendre en compte, mais leur pouvoir prédictif est aujourd'hui limité d'une part pour les raisons méthodologiques signalées ci-dessus et d'autre part parce que d'autres variables psychologiques, familiales et sociales interviennent également.

3.2. La revalidation apporte-t-elle un bénéfice supplémentaire ?

La réponse relative aux effets de la revalidation neuropsychologique par rapport à l'absence de revalidation a été l'objet de débats importants en neuropsychologie. L'affirmation qu'une intervention comportementale systématique puisse modifier l'amplitude de la récupération a sans doute été établie avec le plus de clarté au début des années 1990 dans le cadre des troubles moteurs. Les travaux de Randolph Nudo menés chez l'animal illustrent de manière exemplaire ce fait.

Dans un travail expérimental Nudo et ses collaborateurs ont provoqué une hémiplégie chez des singes en créant une lésion circonscrite du cortex moteur (Nudo, Wise, SiFuentes & Milliken, 1996). Les animaux ont ensuite été répartis en deux groupes l'un ne recevant aucune rééducation l'autre étant l'objet d'une rééducation spécifique qui comportait non seulement un entraînement spécifique de la dextérité manuelle et digitale mais le port d'une jaquette afin d'empêcher l'usage du membre valide. Dans cette situation, les singes dont le membre valide avait été immobilisé récupèrent mieux que ceux laissés libres de leurs mouvements et non ré-entraînés. Une analyse ultérieure a permis aux auteurs de montrer que le seul blocage du membre valide n'est pas suffisant pour garantir la récupération. Les singes ayant subi une procédure de blocage sans revalidation motrice ne présentant pas les mêmes effets. Grâce à ce protocole, Randolph Nudo a aussi établi pour la première fois dans le domaine moteur un lien entre une plasticité induite par l'entraînement et la récupération fonctionnelle chez l'animal. L'enregistrement cortical direct des aires motrices primaires montrait en effet un réarrangement de l'organisation fonctionnelle du cortex moteur inexistant chez le groupe non entraîné.

De manière intéressante également ces travaux ont montré que de telles modifications ne se produisaient pas si on limitait le réentraînement à l'exercice répétitif de mouvements simples ; pour qu'un effet positif se manifeste, il est en effet nécessaire que les mouvements entraînés fassent l'objet d'un apprentissage ; c'est l'acquisition d'une expertise qui modifie les représentations motrices et non la simple répétition de mouvements préservés.

Si au niveau moteur, la question est clairement résolue, au niveau des processus supérieurs la démonstration de l'effet spécifique de rééducations a été plus lente à établir. L'existence d'une récupération fonctionnelle hors rééducation d'importance variable génère en effet une difficulté importante car en cas de progrès à qui attribuer les mérites : à la plasticité cérébrale associée à l'activité générale du sujet ou aux exercices particuliers réalisés par les professionnels de la revalidation ?

Il existe à présent dans la littérature des données qui indiquent que certains traitements sont dans divers domaines (langage, mémoire, négligence spatiale, atten-

tion...) efficaces. Le chapitre 4 consacré à l'évaluation des effets de la revalidation traite en détail de cette question qui a trouvé un nouvel essor dans le cadre du développement du courant de *Evidence Based Medicine*, qui propose un ensemble de critères visant à établir les conditions à remplir pour pouvoir garantir l'efficacité des traitements.

Mais, au-delà de l'observation des effets de la rééducation, les méthodes d'imagerie doivent permettre d'identifier les structures cérébrales engagées lorsqu'un patient fait des progrès au terme d'un travail rééducatif précis. La question est cependant complexe car il convient de dissocier les progrès dus à la revalidation de ceux réalisés en dehors de celle-ci. Une stratégie qui a été utilisée par certains auteurs a consisté à proposer une rééducation intensive à une date éloignée de l'accident et alors que le tableau fonctionnel est devenu quasi non évolutif. Cette stratégie est intéressante, mais elle ne garantit pas que les réorganisations cérébrales observées après un délai long sont identiques à celles qui se produisent lorsque la revalidation est commencée à proximité de l'accident. Sur le plan éthique, il paraît également bien discutable d'attendre deux ans ou plus avant de s'occuper d'un patient !

L'apport de l'imagerie dans cette matière peut également consister à comparer des stratégies de revalidation différentes afin de voir si le contenu et les modalités de la revalidation ont un effet spécifique au niveau des activations observées. Il est également important de déterminer quels sont les paramètres de la revalidation qui sont importants et dans quelle mesure ce qui est proposé en rééducation diffère ou pas des réorganisations résultant des usages « spontanés » de la fonction. Il est évident que les contextes et les modalités d'apprentissage « spontané » versus « contrôlé » diffèrent sur de nombreuses dimensions : les modalités implicites ou explicites de l'apprentissage, le caractère étalé ou massé des exercices, la nature, la quantité et les conditions temporelles de délivrance des feedback, la possibilité ou pas de commettre des erreurs. On peut penser que plus les conditions et les contextes de revalidation seront différents de l'usage habituel des fonctions et plus il sera aisé d'identifier au plan neuro-fonctionnel les effets spécifiques de la revalidation. Mais, même lorsqu'une rééducation paraît très différente de l'usage habituel de la fonction, les problèmes méthodologiques restent complexes à surmonter. Les recherches accomplies sur les structures cérébrales impliquées dans la MIT (Melodic Intonation Therapy) constituent un exemple particulièrement éclairant des difficultés actuelles dans la conduite de telles analyses.

Pour rappel, la MIT est une méthode de revalidation au sein de laquelle les patients sont entraînés à produire des énoncés en usant d'une accentuation mélodique et d'un rythme lent accompagné de mouvements de la main. Cette méthode est appliquée principalement aux aphasiques non fluents, elle vise à améliorer la production orale de patients qui présentent par ailleurs une compréhension auditive mieux préservée (Sparks, Helm & Albert, 1974 ; pour le français voir Van Eeckhout & Bhatt, 1984 ; Van Eeckhout, Pillon, Signoret, Deloche & Seron, 1982). Cette méthode a été développée suite à l'observation de patients victimes d'un déficit sévère de la production orale qui restaient cependant capables d'entonner des mélodies populaires. La MIT a été présentée comme un exemple typique de traitement utilisant les compétences résiduelles de l'hémisphère droit (Helm-Estabrooks, 1983). Il était en effet proposé que l'hémisphère droit intervenait dans le traitement des contours intonatoires (Blumstein & Cooper, 1974) et dans la production d'une prosodie appropriée (Ross & Mesulam, 1979). Certains travaux ont confirmé ces hypothèses. Schlaug, Marchina et Norton (2008) ont montré un accroissement de l'activation de l'hémisphère droit chez deux patients dont la production orale s'est améliorée après MIT. Le même groupe d'auteurs a montré un accroissement du volume du faisceau arqué à droite après une MIT intensive (Schlaug, Marchina & Norton, 2009 ; Zipse, Norton, Marchina & Schlaug, 2012). On a aussi montré un effet positif en combinant la MIT et des stimulations tDCS (Vines, Norton & Schlaug, 2011). Mais, à côté de ces données, d'autres indications vont en sens contraire. Ainsi dans un travail original, Belin et ses collaborateurs (Belin *et al.*, 1994 ; 1996 ; voir aussi Carlomagno, Van Eeckhout, Blasi, Belin, Samson & Deloche, 1997) ont montré que lorsque les patients répètent des mots au moyen de la MIT, il en résulte par rapport à une condition de répétition normale un accroissement significatif de l'activation dans l'hémisphère gauche au niveau de l'aire de Broca, du cortex préfrontal adjacent, du gyrus angulaire, du gyrus de Heschl et du pôle temporal. Une étude en Magnéto-encéphalographie relève également une augmentation des activations hémisphériques gauches sous MIT et une diminution d'activation au niveau de l'hémisphère droit chez le patient ayant progressé. Cette diminution hémisphérique droite sera retrouvée dans d'autres études (Al Janabi, Nickels, Sowman, Burianová, Merrett & Thompson, 2014). Ces disparités indiquent à nouveau qu'il convient de rester prudent tant qu'on n'a pas identifié plus précisément les variables responsables de ces observations divergentes.

3.3. Les connaissances acquises à propos de la plasticité cérébrale peuvent-elles inspirer les rééducateurs ?

3.3.1. L'usage de la neuromodulation

Les connaissances qui s'accumulent sur les facteurs intervenants dans les phénomènes de plasticité cérébrale post-lésionnelle ont un ensemble d'implications médicales que nous ne détaillerons pas ici. Il est clair

cependant qu'une meilleure connaissance des mécanismes neurophysiologiques et neurochimiques sous-tendant la plasticité cérébrale post-lésionnelle peut conduire à un ensemble de décisions utiles pour le sujet. Par exemple, l'étendue de la récupération fonctionnelle peut être modulée par l'administration de drogues neuro-protectrices juste après la lésion, d'autres se sont révélées efficaces à plus long terme comme la norepinephrine ou encore l'administration d'amphétamines qui pourrait être associée à des phénomènes de sprouting et de synaptogenèse. Mais, la question qui nous intéresse ici concerne les retombées concrètes pour les *pratiques* de rééducation : en quoi les connaissances relatives à la plasticité cérébrale peuvent-elles modifier le travail du rééducateur. Existe-t-il déjà des données suggérant que les connaissances acquises à propos de la plasticité peuvent être utiles pour les rééducateurs ?

Une démarche qui s'est progressivement développée consiste à associer certaines données issues de l'imagerie fonctionnelle à des techniques de neuromodulation (TMS et tDCS) visant à activer ou à inhiber certaines aires cérébrales en fonction des troubles présentés par les patients. C'est dans le domaine moteur et du traitement de l'hémiplégie que cette stratégie a en premier lieu fait son apparition en s'appuyant sur la logique de la compétition inter-hémisphérique, dont l'idée de base est que les régions motrices homologues des hémisphères gauche et droit entretiennent entre elles des relations de nature inhibitrice. Ainsi un mouvement de la main droite est le résultat non seulement d'une activation de l'aire motrice gauche (M1) mais également de l'inhibition qu'elle transmet à l'aire homologue motrice droite (M1) ; et, lorsqu'il y a lésion, la mobilisation de la main droite est rendue difficile non seulement suite de la sous activation de l'aire motrice gauche lésée, mais également suite à l'activité induite de l'aire motrice droite controlatérale qui ne reçoit plus de contrôle inhibiteur. Dans le cadre général de ce modèle, on a vu se développer des interventions visant soit à augmenter l'activation de l'aire motrice de l'hémisphère lésé, soit à inhiber l'activation de l'aire motrice homologue de l'hémisphère non lésé, soit encore on a couplé les deux interventions : activation de l'hémisphère sain et inhibition de l'hémisphère lésé. Cette logique et d'autres observations sur les activations/inhibitions post-lésionnelles observées au cours de la récupération post-lésionnelle ont par la suite été étendues au domaine cognitif surtout dans le domaine du langage et de la négligence. L'im-

portance de ces développements est telle qu'il nous a paru utile de consacrer un chapitre particulier à cette problématique (voir ce Tome 2 : chapitre 3 d'Andres et Vandermeeren : La stimulation cérébrale non-invasive en revalidation).

À ce stade, on retiendra seulement que ces interventions neuromodulatrices ne se présentent pas en remplacement des interventions comportementales, mais comme un complément et parfois comme un accompagnement.

3.3.2. Le sommeil : une variable négligée ?

Un domaine dans lequel les données de l'imagerie cérébrale couplée à des travaux de psychologie de l'apprentissage pourraient influencer nos pratiques de revalidation est celui du sommeil.

Il est en effet clairement démontré que le sommeil joue un rôle crucial dans l'apprentissage et la consolidation en mémoire des expériences acquises durant l'éveil et ce tout au long de la vie (Maquet, 2001). Trois grandes catégories de résultats expérimentaux supportent cette affirmation (Benington & Frank, 2003). Premièrement, la quantité de sommeil augmente la nuit suivant un apprentissage ou suite à une exposition à un environnement riche en stimulations. Deuxièmement, les performances liées à un apprentissage augmentent après certaines périodes de sommeil. Finalement, la privation de sommeil après apprentissage est délétère au développement de performances optimales. Cet impact du sommeil sur la capacité du cerveau à changer ses circuits pour consolider les apprentissages est soutenu par une vaste littérature animale et humaine sur la mémoire déclarative (p. ex., apprentissage de liste de mots) et non-déclarative (p. ex., apprentissage de séquences motrices). À notre connaissance, très peu de travaux ont tenté de déterminer le rôle que joue le sommeil dans la récupération post-lésionnelle et sur les effets de stratégies de réhabilitation. Il apparaît cependant évident au vu des connaissances accumulées ces dernières années que le sommeil doit jouer un rôle primordial sur la plasticité cérébrale accompagnant la récupération fonctionnelle. Cela est d'autant plus crucial étant donné qu'un facteur de comorbidité classique des patients ayant subi une lésion cérébrale est l'apparition de troubles du sommeil. L'étude de l'interaction entre la récupération fonctionnelle due à des mécanismes de plasticité cérébrale et le sommeil nous apparaît donc comme une avenue de recherche prometteuse et primordiale pour le futur.

3.4. Vers une approche neuronale de la revalidation ?

3.4.1. Dans le domaine de la motricité

À côté des interventions utilisant des techniques de neuromodulation, on a vu récemment apparaître un courant rééducatif également issu des travaux sur la motricité menés sur l'animal mais qui se veut davantage théorique. Pour rappel, Nudo a montré chez le singe que la récupération du membre paralysé est facilitée par le blocage du membre sain et l'entraînement systématique du membre lésé. Cette observation a généré une série de travaux chez l'homme qui ont globalement confirmé ce résultat. En particulier, en 2000, Liepert et ses collaborateurs de l'université de Hambourg ont montré chez les sujets hémiplegiques ré-entraînés sous contrainte induite non seulement que leur motricité s'améliorait après rééducation, mais également que cette amélioration s'accompagnait d'une modification de la représentation corticale de la fonction (Liepert, Bauder, Miltner, Taub & Weiller 2000). Ces observations donneront naissance dans le domaine de la revalidation motrice à de nouvelles pratiques thérapeutiques dont la CI « *Constraint induced movement therapy* ». Les premiers travaux chez l'humain portant sur des patients hémiplegiques atteints d'un AVC s'appuyaient sur un protocole original de trois éléments :

- une pratique intensive et graduelle du membre parétique en vue d'améliorer son usage dans des tâches spécifiques et ceci jusqu'à 6 heures par jour pendant 2 semaines ;
- l'immobilisation du membre non parétique pendant 90 % du temps d'éveil pour forcer l'usage du membre parétique ;
- l'application d'un protocole comportemental visant au transfert des acquis aux situations de la vie quotidienne.

Cette technique a ensuite été régulièrement pratiquée avec succès chez l'adulte surtout (mais aussi chez l'enfant). Dans la mesure où le sujet parvient à utiliser son membre hémiplegique lorsqu'il y est contraint, on a considéré qu'il possédait encore un potentiel de motricité mais qu'il se trouvait bloqué par le non usage. C'est le principe dit de la « *non utilisation apprise* » (Taub) qui postule que si un sujet n'utilise pas une fonction, il en résulte une suppression conditionnée des structures cérébrales concernées. Par la suite, diverses variantes de la méthode originale ont été proposées principalement en

modifiant la durée de l'immobilisation et du temps consacré aux exercices. Alors que la méthode originale correspondait à un apprentissage intensif et massé, les adaptations ont progressivement évolué vers un apprentissage davantage distribué et moins intensif. Plusieurs méta-analyses ont été effectuées (1) sur la méthode originale, (2) sur des formes d'entraînement moins intensives (*Modified Constraint Induced Therapy*) et (3) sur une condition dans laquelle on immobilise simplement le membre sain sans soumettre le membre hémiparétique à des exercices particuliers (*Forced Use Therapy*). Il a été montré que les deux premières méthodes donnent des résultats positifs pour les activités motrices du bras et de la main et pour les évaluations auto-rapportées par les patients dans les activités de la vie quotidienne. Il semble par ailleurs que le traitement soit surtout efficace chez les patients chez qui persistent après la lésion certaines capacités de mouvements volontaires du poignet et des doigts (Kwakkel, Verrbeek, van Wegen & Wolf, 2015).

Par ailleurs, des variantes de cette méthode ont été appliquées avec succès à des troubles fonctionnels plus spécifiques et parfois plus complexes comme par exemple les dystonies motrices spécifiques survenant chez les musiciens et pour lesquels le traitement consistait à porter pendant plusieurs semaines et en permanence une attelle bloquant les mouvements du poignet et des doigts et en phase post-immobilisation à ne pratiquer que progressivement les gestes générateurs des dystonies (Priori, Pesenti, Cappellari, Scarlato & Barbieri, 2001). On peut également imaginer une extension de cette technique aux cas d'a-spontanéité motrice et un effet positif de l'immobilisation d'un membre a été récemment rapporté dans un cas de dyspraxie diagonistique, l'idée des auteurs étant de désamorcer chez leur patiente le conflit d'intentionnalité consécutif à une lésion para-médiane du corps calleux et fronto-pariétale droite (Libois *et al.*, 2014).

3.4.2. Dans le domaine cognitif (l'approche de Pulvermuller)

Les résultats positifs obtenus dans le domaine de la motricité ont entraîné une extension de ces méthodes aux troubles de la cognition et en particulier du langage. Lors de la présentation théorique de cette extension, Pulvermuller et Berthier ont proposé une nouvelle manière d'envisager la revalidation neuropsychologique à partir de données issues de l'observation du fonctionnement cérébral en post-lésionnel et des phénomènes de plasticité observés en cours d'apprentissage (Pulvermuller et Berthier, 2008).

Dans un article phare: *Aphasia therapy on a neuroscience basis* » (Pulvermuller et Berthier, 2008) ces deux auteurs avancent un ensemble de principes théoriques issus de leur interprétation des données d'imagerie cérébrale fonctionnelle lorsqu'un sujet produit ou perçoit du langage et des données issues de l'observation de la plasticité fonctionnelle post-lésionnelle. Les auteurs proposent ainsi un fondement neuroscientifique pour l'organisation de la revalidation des aphasiques. Les principaux principes sous-tendant cette nouvelle approche » peuvent être résumés comme suit :

3.4.3. L'apprentissage Hebbien, l'importance de la coïncidence et de la corrélation

L'apprentissage se déroule à l'intérieur de réseaux de neurones dont la connectivité est sensible à certaines règles temporelles et spatiales. Ainsi, lorsque deux événements se produisent au même moment dans l'environnement, le sujet peut apprendre qu'ils sont liés l'un à l'autre car au niveau du cerveau les neurones activés par chacun de ces deux événements s'activent en même temps. L'activation simultanée de neurones différents entraîne un renforcement de leurs connexions : c'est l'apprentissage par coïncidence. Cette méthode est souvent résumée sous l'adage : « Les neurones qui s'activent ensemble, se lient ensemble¹ ». Au contraire, les cellules qui ne s'activent pas en même temps ne renforcent pas leurs liens lesquels ont en conséquence tendance à s'affaiblir. Ce jeu de renforcements temporels et d'inhibitions a pour résultat que c'est la corrélation des activités nerveuses qui détermine la force des liens inter-neuronaux. Ces liens de coïncidence et de corrélation sont par ailleurs sensibles aux événements se produisant au sein de fenêtres temporelles courtes, de telle sorte que les successions régulières de séquences temporelles sont également représentées par des forces de connexions.

3.4.4. Implications thérapeutiques

Apprendre c'est établir et renforcer des liens et en conséquence, lors d'exercices de langage il est possible de renforcer le lien entre par exemple l'orthographe, la signification et la prononciation d'un mot. Ces liens seront renforcés chaque fois que l'on aura activé en même temps l'orthographe, la prononciation, et la signification du mot. Mais, si en dehors des séances de revalidation, on laisse le patient faire ce qu'il veut, ces liens risquent de s'affaiblir faute d'être suffisamment réactivés ; ils risquent également de s'affaiblir par la sur-

venue non contrôlée d'activations concurrentes non pertinentes entre ce mot et par exemple d'autres significations (lors de paraphasies sémantiques ou phonologiques par exemple). L'apprentissage doit donc être massé pour renforcer les liens corrects et empêcher les mauvaises associations.

3.4.5. Le renforcement par la fréquence

Si lorsque deux neurones s'activent ensemble leur connectivité se trouve renforcée, alors plus souvent on propose cette co-activation et plus leur lien se trouvera renforcé. Il s'agit donc de présenter les associations utiles à très haute fréquence pour renforcer et tenter de stabiliser les connexions inter-neurales. L'apprentissage doit donc s'étaler sur de nombreuses heures avec la répétition fréquente des mêmes associations.

3.4.6. Implications thérapeutiques

La rééducation doit être *intensive*. Il est nécessaire de réaliser au moins 3 heures de thérapie par jour, tous les jours de la semaine et plus si le patient en est capable. La conséquence de ces deux principes tient dans la recommandation de conduire des thérapies intensives et massées « *massed practice principle* » sur quelques semaines et pas comme on le fait trop généralement selon les auteurs une heure par jour quelques jours seulement par semaine.

3.4.7. Les connections entre les processus langagiers et l'action

Au contraire des théories modulaires du fonctionnement langagier considéré comme le résultat de l'action de modules spécialisés et autonomes, la perspective développée par Pulvermuller et Berthier toujours à partir de leur interprétation du fonctionnement cérébral en imagerie fonctionnelle tient compte lorsqu'un sujet produit ou comprend des phrases de l'activation non seulement des aires classiques du langage mais également de l'activation de nombreuses autres aires cérébrales sensorielles ou motrices notamment lors de tâches sémantiques en rapport avec la signification des mots. L'idée avancée est alors que si les représentations linguistiques et les représentations motrices et sensorielles sont régulièrement activées ensemble alors l'activation des unes devrait faciliter l'activation des autres. Le point de vue s'articule ici sur les thèses de la cognition incarnée.

1. "Neurons that fire together, wire together"

3.4.8. Implications thérapeutiques

La revalidation du langage doit être réalisée dans des contextes d'action pertinents. L'approche proposée se place ainsi dans le cadre des approches pragmatiques en rééducation. Il convient de promouvoir des activités langagières dans des situations où les composantes sensorielles et motrices en rapport avec les contenus des énoncés sont également activées.

3.4.9. Le rôle négatif de la non utilisation acquise

Le principe est ici directement emprunté aux travaux qui ont montré qu'un sujet hémiparétique a tendance à sous utiliser son bras hémiparétique alors qu'il dispose de capacités résiduelles. La même interprétation est proposée pour le langage. Lorsqu'un sujet aphasique découvre qu'il éprouve des difficultés à produire certains énoncés, il peut adopter, selon les auteurs, une stratégie d'évitement afin de ne pas se trouver en difficulté ou encore simplifier ses énoncés, voire utiliser d'autres moyens de communication (dessins ou gestes). Pour appuyer cette interprétation Pulvermuller et Berthier réactualisent une ancienne théorie interprétative de l'agrammatisme qui a été considéré par certains auteurs comme le résultat d'une stratégie adaptative de patients aphasiques de Broca qui, ayant des difficultés à traiter les éléments fonctionnels des énoncés, simplifient leur production verbale en adoptant un style télégraphique (Kolk & Heschen, 1990). Il convient donc d'empêcher l'usage de ces stratégies adaptatives et pousser les patients hors de leur zone de confort en les faisant travailler à la limite extrême de leurs capacités.

3.4.10. Implications thérapeutiques

Il est important de contraindre les patients à utiliser le canal linguistique et veiller à empêcher l'usage de tout autre moyen de communication. Le recours aux procédés alternatifs constitue en effet un obstacle à l'usage des potentialités non utilisées, il participe donc au renforcement du « non usage construit ».

Bien que ce point ne soit pas directement abordé dans la présentation initiale de cette nouvelle méthode, le principe du non usage construit a également pour conséquence que plus tôt la thérapie est entreprise et moins des stratégies palliatives auront eu le temps de se mettre en place.

L'ensemble de ces principes a généré une méthode de rééducation des troubles du langage d'allure assez militaire sous la forme d'exercices massés et intensifs pla-

çant les patients à la limite supérieure de leurs capacités communicatives avec comme contrainte induite le non usage de tous les procédés non verbaux de communication. Dans ces dimensions pratiques la revalidation se réalise en petits groupes dans des situations actives d'échanges proches de la PACE (sauf l'interdiction du recours aux procédés de communication non verbaux).

Pour l'essentiel, le dispositif thérapeutique se laisse décrire comme suit : il s'agit de jeux de langage réalisés au sein d'un petit groupe de 3 à 4 personnes : un thérapeute et trois patients. Au début du jeu, des cartes représentant des mots, des dessins, des photographies ou des scènes plus complexes de la vie quotidienne sont distribuées entre les joueurs avec un dispositif qui fait que l'on ne voit pas les cartes des autres joueurs et qu'aucun joueur n'a deux fois la même carte. Le jeu consiste ensuite à tenter de deviner si d'autres joueurs ont une carte identique à celle que l'on a dans son jeu. Pour empêcher les expressions gestuelles lors des thérapies sous contrainte induite, les patients doivent s'asseoir sur leurs mains ; mais dans certaines versions on laisse la possibilité d'utiliser les canaux non verbaux de communication. Chaque patient est toujours encouragé par le thérapeute à utiliser son meilleur niveau de langage. Des aides sous forme d'indicateurs et des renforcements positifs sont largement distribués par le ou les thérapeutes.

Depuis lors, cette thérapie intensive et contrainte a été pratiquée à de nombreuses reprises. Pour en démontrer l'efficacité les premiers travaux ont surtout porté sur des patients en phase chronique avec une majorité d'aphasiques non fluents dont les déficits étaient stables. Les premières tentatives ont montré l'existence de progrès (Pulvermuller *et al.*, 2001 ; Meinzer *et al.* 2005 ; Maher *et al.*, 2006). Assez vite cependant il est apparu que telle qu'elle était proposée une pratique aussi intensive était difficilement applicable à proximité de la lésion. En moyenne ce type de traitement a été proposé aux patients au-delà de 2 ans après la lésion cérébrale (mais voir Denes *et al.*, 1996). Aux stades aigus ou sub-aigus, la fatigabilité des patients est trop importante et leur présence est souvent requise pour des problèmes sensori-moteurs auprès d'autres intervenants.

La thérapie initiale proposée par Pulvermuller et ses collaborateurs qui introduisait deux variables par rapport aux autres méthodes de rééducation en usage à savoir le caractère intensif et massé des traitements et l'interdiction du recours aux procédés non verbaux de communication a conduit à deux lignes distinctes de recherches testant dans un cas essentiellement le paramètre intensité/massé et dans l'autre l'exclusion des procédés non verbaux. Deux revues de la littérature récentes et conduites selon les principes de l'Evidence Based

Medecine (Cherney, Patterson, Raymer, Frymark & Schooling, 2008 ; 2010) et qui portent sur un peu plus de 36 études suggèrent qu'il y a un effet positif de la contrainte non verbale et dans certains cas également de l'intensité des traitements. Les auteurs soulignent cependant qu'il ne s'agit à ce stade que de données exploratoires et qu'il faudra attendre d'autres recherches pour en savoir davantage sur l'intérêt de cette approche.

On notera cependant qu'il y a d'importantes variations entre les études en ce qui concerne la nature des exercices effectivement réalisés avec les patients et, dans la grande majorité d'entre elles, la garantie sur ce qui est réellement fait au cours des exercices (Treatment fidelity) n'est pas établie. On est de plus confronté à une très grande diversité de troubles aphasiques de nature et de sévérité variables.

Par ailleurs, les arguments neuroscientifiques invoqués pour proposer ce traitement intensif mériteraient d'être discutés et nuancés par une prise en compte plus sérieuse de données issues de la recherche en psychologie.

Premièrement, l'application de cette méthode au cours de la période post-lésionnelle sub-aiguë (à un ou deux mois de l'accident) ne tient pas compte d'une donnée documentée dans la littérature et connue des cliniciens : l'importante fatigabilité des patients après un accident vasculaire ou un traumatisme cranio-cérébral (Staub & Bogousslavsky, 2001 ; Kutlubaev, Mead & Lerdal, 2015 ; Belmont, Agar, Hugeron, Gallais & Azouvi, 2006) et la présence selon la localisation et les lésions de troubles attentionnels plus ou moins sévères. Enfin, même sans recourir aux limitations en provenance de la pathologie, la conduite sur de longues durées des exercices intensifs peut poser des problèmes attentionnels et motivationnels chez de nombreux sujets.

Deuxièmement, l'idée que des exercices intensifs et répétés facilitent un ensemble diversifié d'apprentissages est établie depuis de nombreuses années par la recherche en psychologie dans différents domaines comme ceux des habiletés motrices, de l'apprentissage musical ou encore de l'apprentissage des langues. Mais, il existe aussi des indications soulignant l'existence d'apprentissages qui ne nécessitent guère de répétitions pour être fermement établis comme certains apprentissages perceptifs ou encore des peurs conditionnées qui peuvent s'installer en une seule occurrence. Il existe également des données indiquant pour certaines pathologies cognitives que des interventions intensives de type drill sont parfaitement inutiles (voir par exemple les exercices répétés de mémoire explicite chez des

sujets amnésiques dont l'inefficacité a été démontrée). La proposition de lois générales indépendante du domaine d'apprentissage paraît donc simplificatrice.

Troisièmement, la proposition d'empêcher le recours aux procédés de communication non verbaux paraît tout à fait discutable et néglige le fait que l'émission de signaux non verbaux accompagnant les productions verbales fait partie de l'usage *naturel* du langage (McNeill, 2000). Par ailleurs, on ne peut négliger la possibilité que dans certaines situations et pour certains patients l'usage de gestes ou de pantomimes ne puisse faciliter la production verbale (Rose et Sussmilch, 2008) et cela même si cette question n'a jusqu'à présent pas été suffisamment étudiée (Rose, Raymer, Lanyon & Attard, 2013). Il n'existe actuellement pas d'éléments convaincants suggérant que la contrainte induite constitue un élément clé garantissant le succès de la méthode. Dans un travail pilote récent, il n'a pas été observé de différence entre deux traitements intensifs l'un acceptant tous les modes de communication, l'autre forçant l'usage du seul langage oral avec cependant une meilleure performance dans les notes jugeant les capacités communicatives pour le groupe laissé libre de ses moyens de communication (mais l'échantillon de ce travail est petit et d'autres comparaisons seraient à entreprendre (Balaquer & De Boissezon, 2014).

Quatrièmement, on notera enfin que l'hypothèse générale qui voudrait que les aphasiques évitent les situations de production du langage manque de fondement empirique. L'expérience clinique indique plutôt que si certains patients évitent les contacts sociaux et craignent les situations de communication ; d'autres au contraire veulent à tout prix utiliser le langage comme véhicule de communication et résistent lorsqu'on leur propose d'utiliser d'autres moyens.

Au-delà d'un habillage théorique qui nous semble largement surfait, ces nouvelles pratiques ont toutefois le mérite de réactiver deux questions importantes et relativement peu abordées dans la littérature sur la revalidation : la durée de la période pendant laquelle des progrès peuvent se manifester et les modalités de délivrance des exercices de rééducation. Le fait qu'une majorité des essais thérapeutiques s'inspirant de l'« apprentissage intensif sous contrainte induite » a été conduite près de deux ans, voire encore plus tard après l'atteinte cérébrale a mis en évidence la possibilité d'encore obtenir des changements à distance de la lésion. Ce point soulève ainsi la question générale de la durée des traitements en neuropsychologie. De la même façon, la démarche adoptée pour la planification temporelle de

l'intervention soulève la double question de l'intensité des traitements et de leur distribution temporelle. À cet égard, il pourrait être utile d'élargir le débat et de se pencher sur l'importante littérature en psychologie de l'apprentissage qui a régulièrement comparé les mérites respectifs des apprentissages massés versus distribués. On se souviendra à ce propos que dans de nombreux domaines, les études suggèrent, au contraire des recommandations de Pulvermüller et Berthier, un avantage de l'apprentissage distribué sur l'apprentissage massé dans le domaine de l'apprentissage de vocabulaire (Bloom & Shuell 1981), de la résolution de problèmes mathématiques (Rohrer & Taylor, 2006) et de manière plus générale dans le fonctionnement de la mémoire à long terme (Seabrook, Brown & Solity, 2005).

On peut craindre par ailleurs que la mise en place de « thérapies intensives et ramassées sur une courte période » ne soit en fait surtout conditionnée par les objectifs de recherche des auteurs plutôt que conduite dans un but principalement thérapeutique. Les chercheurs concernés par l'étude de la plasticité cérébrale sont en effet intéressés par la possibilité d'observer les effets d'un traitement sur le fonctionnement cérébral sans être gênés par l'intervention de facteurs indépendants de l'apprentissage. La condensation temporelle du traitement et son caractère intensif présentent l'avantage de permettre la comparaison des activations cérébrales avant et après traitement dans une fenêtre temporelle courte et presque entièrement occupée par la revalidation. Ce type d'intervention, surtout si elle est entamée à distance de la lésion initiale et sur un patient réputé stable, permet de faire l'hypothèse que les changements fonctionnels observés au niveau cérébral résultent principalement du traitement et non de facteurs externes; ces facteurs étant bien sûr beaucoup plus difficiles à contrôler sur des périodes temporelles plus longues.

Enfin, une autre dérive négative possible de ce type de traitement, dont on voit par endroits poindre des signes annonciateurs, est de considérer que si les exercices placés au centre du traitement se confondent avec l'usage naturel du langage alors, les séances de rééducation pourraient être réalisées par des bénévoles, voire confiées aux proches des patients. À une époque où les pouvoirs publics s'appauvrissent de plus en plus suite à leur incapacité à contrôler l'économie libérale, il convient de se méfier de toutes les propositions laissant penser que des traitements brefs et donnés par des bénévoles pourraient remplacer des interventions scientifiquement fondées et tenant compte non seulement des données issues des neurosciences, mais également

des enseignements issus de théories de l'apprentissage et de l'expérience accumulée en revalidation neuropsychologique.

LECTURES CONSEILLÉES

Cramer, S.C. (2008). Repairing the human brain after stroke: I. Mechanisms of spontaneous recovery. *Annals of neurology*, 63(3), 272-287.

Jenkins, W.M. & Merzenich, M.M. (1987). Reorganization of neocortical representations after brain injury: a neurophysiological model of the bases of recovery from stroke. *Progress in brain research*, 71, 249-266.

Stein, D.G. & Hoffman, S.W. (2003). Concepts of CNS plasticity in the context of brain damage and repair. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 18(4), 317-341.

RÉFÉRENCES

Al-Janabi, S., Nickels, L. A., Sowman, P.F., Burianová, H., Merrett, D.L. & Thompson, W.F. (2014). Augmenting melodic intonation therapy with non-invasive brain stimulation to treat impaired left-hemisphere function: two case studies. *Frontiers in Psychology*, 5, 37.

Anderson, S.W., Damasio, H. & Tranel, D. (1990). Neuropsychological impairments caused by tumor or stroke. *Archives of Neurology*, 47, 397-405.

Balaguer, M. & De Boissezon, X. (2014). Contribution of constraint in communication therapy for persons with non-fluent chronic aphasia. *Annals of Physical Medicine*, 57S, e143.

Barlow, T. (1877). On a case of double hemiplegia, with cerebral symmetrical lesions. *British Medical Journal*, 2(865), 103-104.

Basso, A., Gardelli, M., Grassi, M.P. & Mariotti, M. (1989). The role of the right hemisphere in recovery from aphasia. Two case studies. *Cortex*, 25(4), 555-566.

Bavelier, D., Brozinsky, C., Tomann, A., Mitchell, T., Neville, H. & Liu, G. (2001). Impact of early deafness and early exposure to sign language on the cerebral organization for motion processing. *The Journal of Neuroscience*, 21(22), 8931-8942.

Belin, P., Van Eeckhout, P., Zilbovicius, M., Remy, P., François, C., Guillaume, S., Chain, F., Rancurel, G. & Samson, Y. (1996). Recovery from non fluent aphasia after melodic intonation therapy: a PET study. *Neurology*, 47, 1504-1511.

Belin, P., Zilbovicius, M., Remy, P., Van Eeckhout, P., François, C. & Samson, Y. (1994). Récupération post

- AVC: Apports de l'imagerie fonctionnelle. In M. Geney & P. Pradat-Diehl (Eds.), *Médecine de rééducation des hémipariés vasculaires* (pp. 11-26). Paris: Prison Rache Pbs.
- Belmont, A., Agar, N., Hugeron, C., Gallais, B. & Azouvi, P. (2006, July). Fatigue and traumatic brain injury. In *Annales de réadaptation et de médecine physique* (Vol. 49, No. 6, pp. 370-374). Elsevier Masson.
- Benington, J.H. & Frank, M.G. (2003). Cellular and molecular connections between sleep and synaptic plasticity. *Progress in neurobiology*, 69(2), 71-101.
- Bloom, K.C. & Shuell, T.J. (1981). Effects of massed and distributed practice on the learning and retention of second-language vocabulary. *The Journal of Educational Research*, 74(4), 245-248.
- Blumstein, S. & Cooper, W. (1974). Hemispheric processing of intonation contours. *Cortex*, 10, 146-158.
- Brown, J. & Grober, E. (1983). Age, sex, and aphasia type: Evidence for a regional cerebral growth process underlying lateralization. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 171, 431-434.
- Cao, Y., Vikingstad, E.M., George, K.P., Johnson, A.F. & Welch, K.M.A. (1999). Cortical language activation in stroke patients recovering from aphasia with functional MRI. *Stroke*, 30(11), 2331-2340.
- Carlomagno, S., Van Eeckhout, P., Blasi, V., Belin, P., Samson, Y. & Deloche, G. (1997). The Impact of functional neuroimaging methods on the development of a theory for cognitive remediation. *Neuropsychological Rehabilitation*, 7, 311-326.
- Carreiras, M., Seghier, M.L., Baquero, S., Estévez, A., Lozano, A., Devlin, J. T. & Price, C. J. (2009). An anatomical signature for literacy. *Nature*, 461(7266), 983-986.
- Carroll, L., Cassidy, J. D., Peloso, P., Borg, J., Von Holst, H., Holm, L., ... & Pépin, M. (2004). Prognosis for mild traumatic brain injury: results of the WHO Collaborating Centre Task Force on Mild Traumatic Brain Injury. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 36(0), 84-105.
- Cherney, L.R., Patterson, J.P., Raymer, A., Frymark, T. & Schooling, T. (2008). Evidence-based systematic review: Effects of intensity of treatment and constraint-induced language therapy for individuals with stroke-induced aphasia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51(5), 1282-1299.
- Cherney, L.R., Patterson, J., Raymer, A., Frymark, T. & Schooling, T. (2010). Updated evidence-based systematic review: Effects of intensity of treatment and constraint-induced language therapy for individuals with stroke-induced aphasia. *Rockville Pike, MD: American Speech-Language-Hearing Association*.
- Cohen, L.G., Weeks, R. A., Sadato, N., Celnik, P., Ishii, K. & Hallett, M. (1999). Period of susceptibility for cross-modal plasticity in the blind. *Annals of neurology*, 45(4), 451-460.
- Collignon, O., Dormal, G., Albouy, G., Vandewalle, G., Voss, P., Phillips, C. & Lepore, F. (2013). Impact of blindness onset on the functional organization and the connectivity of the occipital cortex. *Brain*, 136(9), 2769-2783.
- Collignon, O., Vandewalle, G., Voss, P., Albouy, G., Charbonneau, G., Lassonde, M. & Lepore, F. (2011). Functional specialization for auditory-spatial processing in the occipital cortex of congenitally blind humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(11), 4435-4440.
- Collignon, O., Voss, P., Lassonde, M. & Lepore, F. (2009). Cross-modal plasticity for the spatial processing of sounds in visually deprived subjects. *Experimental brain research*, 192(3), 343-358.
- Collignon, O., Voss, P., Lassonde, M. & Lepore, F. (2009). Cross-modal plasticity for the spatial processing of sounds in visually deprived subjects. *Experimental brain research*, 192(3), 343-358.
- Cramer, S.C. (2008). Repairing the human brain after stroke: I. Mechanisms of spontaneous recovery. *Annals of neurology*, 63(3), 272-287.
- Crinion, J. & Price, C.J. (2005). Right anterior superior temporal activation predicts auditory sentence comprehension following aphasic stroke. *Brain*, 128(12), 2858-2871.
- Crosson, B. & Warren, R.L. (1981). Dichotic ear preference for CVC words in Wernicke's and Broca's aphasia. *Cortex*, 17(2), 249-258.
- Crosson, B., McGregor, K., Gopinath, K. S., Conway, T.W., Benjamin, M., Chang, Y.L., ... & Wierenga, C.E. (2007). Functional MRI of language in aphasia: a review of the literature and the methodological challenges. *Neuropsychology review*, 17(2), 157-177.
- Dehaene, S., Cohen, L., Morais, J. & Kolinsky, R. (2015). Illiterate to literate: behavioural and cerebral changes induced by reading acquisition. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(4), 234-244.
- Demeurisse, G., Demol, O., Derouck, M., Beuckelaer, R., Coeckaerts, M.J. & Capon, A. (1980). Quantitative study

of the rate of recovery from aphasia due to ischemic stroke. *Stroke*, 11, 455-458.

Denes, G., Perazzolo, C., Piani, A. & Piccione, F. (1996). Intensive versus regular speech therapy in global aphasia: A controlled study. *Aphasiology*, 10(4), 385-394.

Desmurget, M., Bonnetblanc, F. & Duffau, H. (2007). Contrasting acute and slow-growing lesions: a new door to brain plasticity. *Brain*, 130(4), 898-914.

Dormal, G. & Collignon, O. (2011). Functional selectivity in sensory-deprived cortices. *Journal of Neurophysiology*, 105(6), 2627-2630.

Dormal, G., Rezk, M., Yakobov, E., Lepore, F. & Collignon, O. (2016). Auditory motion in the sighted and blind: Early visual deprivation triggers a large-scale imbalance between auditory and "visual" brain regions. *NeuroImage*, 134, 630-644.

Duffau, H. (2006). Brain plasticity: from pathophysiological mechanisms to therapeutic applications. *Journal of clinical neuroscience*, 13(9), 885-897.

Duffau, H., Gatignol, P., Mandonnet, E., Capelle, L. & Taillandier, L. (2008). Intraoperative subcortical stimulation mapping of language pathways in a consecutive series of 115 patients with Grade II glioma in the left dominant hemisphere. *Journal of Neurosurgery*, 109(3), 461-471.

Elbert, T., Pantev, C., Wienbruch, C., Rockstroh, B. & Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, 270 (5234), 305-307.

Gargan, M.F. & Bannister, G.C. (1994). The rate of recovery following whiplash injury. *European Spine Journal*, 3(3), 162-164.

Gennarelli, T.A., Spielman, G. M., Langfitt, T.W., Gildenberg, P.L., Harrington, T., Jane, J.A., ... & Pitts, L.H. (1982). Influence of the type of intracranial lesion on outcome from severe head injury: a multicenter study using a new classification system. *Journal of neurosurgery*, 56(1), 26-32.

Gougoux, F., Lepore, F., Lassonde, M., Voss, P., Zatorre, R.J. & Belin, P. (2004). Neuropsychology: pitch discrimination in the early blind. *Nature*, 430(6997), 309-309.

Gowers, W.R. *Lectures on the Diagnosis of Diseases of the Brain*. London: Churchill; 1887.

Han, Y., Yang, H., Lv, Y. T., Zhu, C. Z., He, Y., Tang, H.H., ... & Dong, Q. (2009). Gray matter density and white matter integrity in pianists' brain: a combined structural and diffusion tensor MRI study. *Neuroscience letters*, 459(1), 3-6.

Hanson, W.R. & Ciciarelli, A.W. (1978). The time, amount, and pattern of language improvement in adult aphasics. *British Journal of Disorders of Communication*, 13, 59-63.

Harasymiw, S.J., Halper, A. & Sutherland, B. (1981). Sex, age and aphasia type. *Brain and Language*, 12, 190-198.

Hartman, J. (1981). Measurement of early spontaneous recovery from aphasia with stroke. *Annals of Neurology*, 9, 89-91.

Hashimoto, I., Suzuki, A., Kimura, T., Iguchi, Y., Tanosaki, M., Takino, R., ... & Taira, M. (2004). Is there training-dependent reorganization of digit representations in area 3b of string players?. *Clinical neurophysiology*, 115(2), 435-447.

Heiss, W.D., Karbe, H., Weber-Luxemburger, G., Herholz, K., Kessler, J., Pietrzyk, U. & Pawlik, G. (1997). Speech-induced cerebral metabolic activation reflects recovery from aphasia. *Journal of the neurological sciences*, 145(2), 213-217.

Heiss, W.D., Kessler, J., Thiel, A., Ghaemi, M. & Karbe, H. (1999). Differential capacity of left and right hemispheric areas for compensation of poststroke aphasia. *Annals of neurology*, 45(4), 430-438.

Helm-Estabrooks, N. (1983). Exploiting the right hemisphere for language rehabilitation: Melodic intonation therapy. In E. Perecman (Ed.), *Cognitive processing in the right hemisphere* (pp. 229-240). New York: Academic Press.

Holland, A.L., Greenhouse, J., Fromm, D. & Swindell, C.S. (1989). Predictors of language restitution following stroke: A multivariate analysis. *Journal of Speech and Hearing Research*, 32, 232-238.

Jackson, J.H. (1958). *Selected writings of John Hughlings Jackson* (Vol. 1). Staples Press.

Jenkins, W.M. & Merzenich, M.M. (1987). Reorganization of neocortical representations after brain injury: a neurophysiological model of the bases of recovery from stroke. *Progress in brain research*, 71, 249-266.

Jourdan, C. (2015) Traumatisme crânien: épidémiologie, physiopathologie, pronostic, parcours de soins. In P. Azouvi, C. Vallat Azouvi & G.Aubin (eds). *Traumatismes crânio-cérébraux*. Paris: De Boeck/Solal.

Karbe, H., Thiel, A., Weber-Luxemburger, G., Herholz, K., Kessler, J. & Heiss, W.D. (1998). Brain plasticity in poststroke aphasia: what is the contribution of the right hemisphere?. *Brain and language*, 64(2), 215-230.

Kempermann, G., Kuhn, H.G. & Gage, F.H. (1997). More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment. *Nature*, 386(6624), 493-495.

- Kertesz, A. & McCabe, P. (1977). Recovery patterns and prognosis in aphasia. *Brain*, 100, 1-18.
- Kolk, H. & Heeschen, C. (1990). Adaptation symptoms and impairment symptoms in Broca's aphasia. *Aphasiology*, 4(3), 221-231.
- Kutlubaev, M.A., Mead, G.E. & Lerdal, A. (2015). Fatigue after stroke—perspectives and future directions. *International Journal of Stroke*, 10(3), 280-281.
- Kwakkel, G., Veerbeek, J.M., van Wegen, E.E. & Wolf, S.L. (2015). Constraint-induced movement therapy after stroke. *The Lancet Neurology*, 14(2), 224-234.
- Lashley, K.S. (1929). *Brain mechanisms and Intelligence*. Chicago; University of Chicago Press.
- Leger, A., Demonet, J. F., Ruff, S., Aithamon, B., Touyeras, B., Puel, M., ... & Cardebat, D. (2002). Neural substrates of spoken language rehabilitation in an aphasic patient: an fMRI study. *Neuroimage*, 17(1), 174-183.
- Lendrem, W. & Lincoln, N.B. (1985). Spontaneous recovery of language in patients with aphasia between 4 and 34 weeks after stroke. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 48, 743-748.
- Libois, P.Y., Collin, A., Papier, S., Ezzenfari, M., J. Godefroid & Urbain, R. (2014) Intérêt de la thérapie par contraintes induites dans la dyspraxie diagonistique, *Revue Neurologique*, 170 s, A97.
- Liepert, J., Bauder, H., Miltner, W. H., Taub, E. & Weiller, C. (2000). Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke*, 31(6), 1210-1216.
- Liu, Y. & Rouiller, E.M. (1999). Mechanisms of recovery of dexterity following unilateral lesion of the sensorimotor cortex in adult monkeys. *Experimental Brain Research*, 128(1-2), 149-159.
- Lomber, S.G., Meredith, M.A. & Kral, A. (2010). Cross-modal plasticity in specific auditory cortices underlies visual compensations in the deaf. *Nature neuroscience*, 13(11), 1421-1427.
- Luria, A.R., Naydin, V.L., Tsvetkova, L.S. & Vinarskaya, E.N. (1969). Restoration of higher cortical function following local brain damage.
- Maas, A.I., Marmarou, A., Murray, G.D., Teasdale, S.G.M. & Steyerberg, E.W. (2007). Prognosis and clinical trial design in traumatic brain injury: the IMPACT study. *Journal of neurotrauma*, 24(2), 232-238.
- Maguire, E.A., Frackowiak, R. S. & Frith, C.D. (1997). Recalling routes around London: activation of the right hippocampus in taxi drivers. *The Journal of Neuroscience*, 17(18), 7103-7110.
- Maguire, E. A., Gadian, D.G., Johnsrude, I. S., Good, C.D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. & Frith, C.D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(8), 4398-4403.
- Maguire, E.A., Spiers, H.J., Good, C. D., Hartley, T., Frackowiak, R.S. & Burgess, N. (2003). Navigation expertise and the human hippocampus: a structural brain imaging analysis. *Hippocampus*, 13(2), 250-259..
- Maher, L.M., Kendall, D., Swearingin, J.A., Rodriguez, A., Leon, S.A., Pingel, K., ... & Rothi, L.J. G. (2006). A pilot study of use-dependent learning in the context of constraint induced language therapy. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12(06), 843-852.
- Maquet, P. (2001). The role of sleep in learning and memory. *Science*, 294(5544), 1048-1052.
- McNeill, D. (2000). *Language and gesture* (Vol. 2). Cambridge University Press.
- Meinzer, M., Elbert, T., Wienbruch, C., Djundja, D., Barthel, G. & Rockstroh, B. (2004). Intensive language training enhances brain plasticity in chronic aphasia. *BMC biology*, 2(1), 1.
- Merzenich, M.M. & Jenkins, W.M. (1993). Reorganization of cortical representations of the hand following alterations of skin inputs induced by nerve injury, skin island transfers, and experience. *Journal of Hand Therapy*, 6(2), 89-104.
- Miller, M.B. & Van Horn, J.D. (2007). Individual variability in brain activations associated with episodic retrieval: a role for large-scale databases. *International journal of psychophysiology*, 63(2), 205-213.
- Millis, S.R., Rosenthal, M., Novack, T.A., Sherer, M., Nick, T.G., Kreutzer, J.S., ... & Ricker, J.H. (2001). Long-term neuropsychological outcome after traumatic brain injury. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 16(4), 343-355.
- Munoz-Cespedes, J.M., Rios-Lago, M., Paul, N. & Maestu, F. (2005). Functional neuroimaging studies of cognitive recovery after acquired brain damage in adults. *Neuropsychology review*, 15(4), 169-183.
- Murray, G.D., Butcher, I., McHugh, G.S., Lu, J., Mushkudiani, N.A., Maas, A.I., ... & Steyerberg, E.W. (2007). Multivariable prognostic analysis in traumatic brain injury: results from the IMPACT study. *Journal of neurotrauma*, 24(2), 329-337.
- Nakase-Richardson R., Sherer M., Seel R.T., Hart T., Hanks R., Arango-Lasprilla J.C., Yablon S., Sander A., Barnett S., Walker W. & Hammond F. Utility of post-

traumatic amnesia in predicting 1-year productivity following traumatic brain injury: comparison of the Russell and Mississippi PTA classification intervals. *Journal of Neurology Neurosurgery Psychiatry* 2011; 82: 494-9.

Nudo, R.J., Wise, B.M., SiFuentes, F. & Milliken, G.W. (1996). Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct. *Science*, 272(5269), 1791-1794.

Obler, L.K., Albert, M.L., Goodglass, H. & Benson, D.F. (1978). Aphasia type and aging. *Brain and Language*, 6, 318-322.

Pantev, C., Roberts, L.E., Schulz, M., Engelien, A. & Ross, B. (2001). Timbre-specific enhancement of auditory cortical representations in musicians. *Neuroreport*, 12(1), 169-174.

Pascual-Leone, A. & Torres, F. (1993). Plasticity of the sensorimotor cortex representation of the reading finger in Braille readers. *Brain*, 116(1), 39-52.

Pascual-Leone, A., Wassermann, E.M., Sadato, N. & Hallett, M. (1995). The role of reading activity on the modulation of motor cortical outputs to the reading hand in Braille readers. *Annals of neurology*, 38(6), 910-915.

Pascual-Leone, A., Cammarota, A., Wassermann, E.M., Brasil-Neto, J.P., Cohen, L.G. & Hallett, M. (1993). Modulation of motor cortical outputs to the reading hand of braille readers. *Annals of neurology*, 34(1), 33-37.

Perani, D., Cappa, S.F., Tettamanti, M., Rosa, M., Scifo, P., Miozzo, A., ... & Fazio, F. (2003). A fMRI study of word retrieval in aphasia. *Brain and language*, 85(3), 357-368.

Petersson, K.M., Silva, C., Castro-Caldas, A., Ingvar, M. & Reis, A. (2007). Literacy: a cultural influence on functional left-right differences in the inferior parietal cortex. *European Journal of Neuroscience*, 26(3), 791-799.

Povlishock, J.T. & Katz, D.I. (2005). Update of neuropathology and neurological recovery after traumatic brain injury. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 20(1), 76-94.

Pradat-Diehl, P., Tessier, C. & Chounlamountry, A. (2001, November). Évolution à long terme d'une aphasie non fluente sévère. Intérêt d'une rééducation prolongée. In *Annales de réadaptation et de médecine physique* (Vol. 44, No. 8, pp. 525-532). Elsevier Masson.

Price, C.J., Seghier, M.L. & Leff, A.P. (2010). Predicting language outcome and recovery after stroke: the PLO-RAS system. *Nature Reviews Neurology*, 6(4), 202-210.

Priori, A., Pesenti, A., Cappellari, A., Scarlato, G. & Barbieri, S. (2001). Limb immobilization for the treatment

of focal occupational dystonia. *Neurology*, 57(3), 405-409.

Pulvermüller, F. & Berthier, M.L. (2008). Aphasia therapy on a neuroscience basis. *Aphasiology*, 22(6), 563-599.

Pulvermüller, F., Neininger, B., Elbert, T., Mohr, B., Rockstroh, B., Koebbel, P. & Taub, E. (2001). Constraint-induced therapy of chronic aphasia after stroke. *Stroke*, 32(7), 1621-1626.

Rauschecker, J.P. (1995). Compensatory plasticity and sensory substitution in the cerebral cortex. *Trends in neurosciences*, 18(1), 36-43.

Reich, L., Szwed, M., Cohen, L. & Amedi, A. (2011). A ventral visual stream reading center independent of visual experience. *Current Biology*, 21(5), 363-368.

Robey, R.R. (1998). A meta-Analysis of clinical outcomes in the treatment of aphasia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 41, 172-187.

Rohrer, D. & Taylor, K. (2006). The effects of overlearning and distributed practise on the retention of mathematics knowledge. *Applied Cognitive Psychology*, 20(9), 1209-1224.

Rose, M.L., Raymer, A.M., Lanyon, L.E. & Attard, M.C. (2013). A systematic review of gesture treatments for post-stroke aphasia. *Aphasiology*, 27(9), 1090-1127.

Rose, M. & Sussmitch, G. (2008). The effects of semantic and gesture treatments on verb retrieval and verb use in aphasia. *Aphasiology*, 22(7-8), 691-706.

Rosen, H.J., Petersen, S.E., Linenweber, M.R., Snyder, A.Z., White, D.A., Chapman, L., ... & Corbetta, M. (2000). Neural correlates of recovery from aphasia after damage to left inferior frontal cortex. *Neurology*, 55(12), 1883-1894.

Rosenzweig, M.R. & Bennett, E.L. (1996). Psychobiology of plasticity: effects of training and experience on brain and behavior. *Behavioural brain research*, 78(1), 57-65.

Rosenzweig, M.R., Krech, D., Bennett, E.L. & Diamond, M.C. (1962). Effects of environmental complexity and training on brain chemistry and anatomy: a replication and extension. *Journal of comparative and physiological psychology*, 55(4), 429 -437.

Ross, E.D. & Mesulam, M. (1979). Dominant language function of the right hemisphere, *Archives of Neurology*, 36, 144-148.

Rouiller, E.M., Yu, X. H., Moret, V., Tempini, A., Wiesendanger, M. & Liang, F. (1998). Dexterity in adult monkeys following early lesion of the motor cortical hand area: the role of cortex adjacent to the lesion. *European Journal of Neuroscience*, 10(2), 729-740.

- Saatman, K.E., Duhaime, A.C., Bullock, R., Maas, A.I., Valadka, A. & Manley, G.T. (2008). Classification of traumatic brain injury for targeted therapies. *Journal of neurotrauma*, 25(7), 719-738.
- Sadato, N., Pascual-Leone, A., Grafman, J., Ibañez, V., Deiber, M.P., Dold, G. & Hallett, M. (1996). Activation of the primary visual cortex by Braille reading in blind subjects. *Nature*, 380(6574), 526-528.
- Sanes, J.N. & Donoghue, J.P. (2000). Plasticity and primary motor cortex. *Annual review of neuroscience*, 23(1), 393-415.
- Sarno, M.T. & Levita, E. (1971). Natural course of recovery in severe aphasia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 52, 175-179.
- Scale, Abbreviated Injury (1990). *Association for the Advancement of Automotive Medicine*. Des Plaines, Illinois.
- Schlaug, G., Jäncke, L., Huang, Y., Staiger, J.F. & Steinmetz, H. (1995). Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia*, 33(8), 1047-1055.
- Schlaug, G., Marchina, S. & Norton, A. (2008). From singing to speaking: why singing may lead to recovery of expressive language function in patients with Broca's aphasia. *Music perception: An interdisciplinary journal*, 25(4), 315-323.
- Schlaug, G., Marchina, S. & Norton, A. (2009). Evidence for plasticity in white-matter tracts of patients with chronic broca's aphasia undergoing intense intonation-based speech therapy. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169(1), 385-394.
- Seabrook, R., Brown, G.D. & Solity, J.E. (2005). Distributed and massed practice: From laboratory to classroom. *Applied Cognitive Psychology*, 19(1), 107-122.
- Seghier, M.L., Patel, E., Prejawa, S., Ramsden, S., Selmer, A., Lim, L., ... & Hope, T.M. (2016). The PLORAS Database: A data repository for predicting language outcome and recovery after stroke. *NeuroImage*, 124, 1208-1212.
- Shanks, J. & Ryan, W. (1976). A comparison of aphasic and non-brain-injured adults on a dichotic CV-syllable listening task. *Cortex*, 12(2), 100-112.
- Siuda-Krzywicka, K., Bola, ŁPapińska, M., Sumera, E., Jednoróg, K., Marchewka, A., ... & Szwed, M. (2016). Massive cortical reorganization in sighted Braille readers. *eLife*, 5, e10762.
- Smania, N., Gandolfi, M., Aglioti, S. M., Girardi, P., Fiaschi, A. & Girardi, F. (2010). How long is the recovery of global aphasia? Twenty-five years of follow-up in a patient with left hemisphere stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 24(9), 871-875.
- Sparks, R.W., Helm, N. & Albert, M. (1974). Aphasia rehabilitation resulting from Melodic Intonation Therapy, *Cortex*, 10, 303-316.
- Staub, F. & Bogousslavsky, J. (2001). Fatigue after stroke: a major but neglected issue. *Cerebrovascular Diseases*, 12(2), 75-81.
- Stein, D.G. & Hoffman, S.W. (2003). Concepts of CNS plasticity in the context of brain damage and repair. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 18(4), 317-341.
- Stein, D.G., Rosen, J.J. & Butters, N. (Eds.). (1974). *Plasticity and recovery of function in the central nervous system: proceedings of a conference held at Clark University, Worcester, Massachusetts, September 24-September 26, 1973*. Academic Press.
- Swinburn, K., Porter, G. & Howard, D. (2004). *Comprehensive Aphasia Test*. Psychology Press.
- Tactile spatial acuity enhancement in blindness: evidence for experience-dependent mechanisms. *The Journal of Neuroscience*, 31(19), 7028-7037.
- Teasdale, G. & Jennett, B. (1974). Assessment of coma and impaired consciousness: a practical scale. *The Lancet*, 304(7872), 81-84.
- Valaki, C. E., Maestu, F., Simos, P.G., Zhang, W., Fernandez, A., Amo, C.M., ... & Papanicolaou, A.C. (2004). Cortical organization for receptive language functions in Chinese, English, and Spanish: a cross-linguistic MEG study. *Neuropsychologia*, 42(7), 967-979.
- Van der Naalt, J., Van Zomeren, A.H., Sluiter, W.J. & Minderhoud, J.M. (1999). One year outcome in mild to moderate head injury: the predictive value of acute injury characteristics related to complaints and return to work. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 66(2), 207-213.
- Van Eeckhout, P. & Bhatt, P. (1984). Rhythme, intonation, accentuation,: La rééducation des aphasiques non fluents sévères. *Rééducation Orthophonique*, 138, 311-328.
- Van Eeckhout, P., Pillon, B., Signoret, J.L., Deloche, G. & Seron, X. (1982). Rééducation des réductions sévères de l'expression orale: La thérapie mélodique et rythmée. In X. Seron & C. Laterre (eds), *Rééduquer le cerveau*. Bruxelles: Mardaga.
- Van Horn, J.D., Grafton, S.T. & Miller, M.B. (2008). Individual variability in brain activity: a nuisance or an opportunity?. *Brain imaging and behavior*, 2(4), 327-334.
- Veraart, C., De Volder, A.G., Wanet-Defalque, M.C., Bol, A., Michel, C. & Goffinet, A.M. (1990). Glucose

utilization in human visual cortex is abnormally elevated in blindness of early onset but decreased in blindness of late onset. *Brain research*, 510(1), 115-121.

Vines, B.W., Norton, A.C. & Schlaug, G. (2011). Non-invasive brain stimulation enhances the effects of melodic intonation therapy. *The relationship between music and language*, 124.

Von Monakov C. (1914). *Die Lokalisation im Grosshirn und der Abbau der Funktion durch Kortikale Herde*. Wiesbaden: Verlag Bergmann

Voss, P., Collignon, O., Lassonde, M. & Lepore, F. (2010). Adaptation to sensory loss. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(3), 308-328.

Voss, P., Gougoux, F., Zatorre, R.J., Lassonde, M. & Lepore, F. (2008). Differential occipital responses in early-and late-blind individuals during a sound-source discrimination task. *Neuroimage*, 40(2), 746-758.

Warburton, E., Price, C.J., Swinburn, K. & Wise, R.J. (1999). Mechanisms of recovery from aphasia: evidence from positron emission tomography studies. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 66(2), 155-161.

Ward, N.S. & Frackowiak, R.S. (2006). The functional anatomy of cerebral reorganisation after focal brain injury. *Journal of Physiology-Paris*, 99(4), 425-436.

Weaver, L.K., Hopkins, R.O. & Larson-Lohr, V. (1996). Neuropsychologic and functional recovery from severe

carbon monoxide poisoning without hyperbaric oxygen therapy. *Annals of emergency medicine*, 27(6), 736-740.

Weiller, C., Isensee, C., Rijntjes, M., Huber, W., Müller, S., Bier, D., ... & Diener, H.C. (1995). Recovery from Wernicke's aphasia: a positron emission tomographic study. *Annals of neurology*, 37(6), 723-732.

Winhuisen, L., Thiel, A., Schumacher, B., Kessler, J., Rudolf, J., Haupt, W.F. & Heiss, W.D. (2005). Role of the contralateral inferior frontal gyrus in recovery of language function in poststroke aphasia A combined repetitive transcranial magnetic stimulation and positron emission tomography Study. *Stroke*, 36(8), 1759-1763.

Winhuisen, L., Thiel, A., Schumacher, B., Kessler, J., Rudolf, J., Haupt, W.F. & Heiss, W.D. (2007). The right inferior frontal gyrus and poststroke aphasia a follow-up investigation. *Stroke*, 38(4), 1286-1292.

Wong, M., Gnanakumaran, V. & Goldreich, D. (2011). Tactile spatial acuity enhancement in blindness: evidence for experience-dependent mechanisms. *The Journal of Neuroscience*, 31(19), 7028-7037.

Zipse, L., Norton, A., Marchina, S. & Schlaug, G. (2012). When right is all that is left: plasticity of right-hemisphere tracts in a young aphasic patient. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1252(1), 237-245.

Une vingtaine de spécialistes se sont réunis pour écrire le deuxième tome de la nouvelle édition du *Traité de neuropsychologie clinique de l'adulte* qui porte sur la revalidation des troubles cognitifs et comportementaux consécutifs à une atteinte cérébrale.

Un complément évident du tome 1 sur l'évaluation

Écrit avec un égal souci de clarté dans l'exposé, le tome 2 réaffirme l'importance de maintenir un lien fort et explicite entre les cadres théoriques et les pratiques cliniques. Sensibles à l'évolution des pratiques, les auteurs ont pris soin de présenter les pistes nouvelles ouvertes par la recherche et les initiatives de terrain.

L'ouvrage n'a pas d'équivalent en langue française

Par son ampleur, par la richesse de sa documentation et par le nombre de domaines couverts, cet ouvrage est unique en langue française. Il aborde l'ensemble des domaines de la revalidation avec une double préoccupation : l'analyse critique et sans complaisance des méthodes de revalidation conjuguée au souci d'interroger la finalité des pratiques rééducatives, avec une centration sur la qualité de vie des patients.

Une deuxième édition sensiblement augmentée par rapport à la précédente

Cet accroissement reflète le développement considérable des pratiques de revalidation. Sur le plan des méthodes, une ouverture est faite aux méthodes d'activation directe du cerveau et aux techniques de réalité virtuelle. Une attention particulière est également apportée aux travaux des neurosciences sur la plasticité cérébrale tandis que la plupart des chapitres font écho aux études qui tentent de valider les interventions en s'inspirant des critères fondés sur des données probantes. Une place importante est enfin accordée au vieillissement cognitif et à la démence en insistant sur l'urgence qu'il y a à développer des prises en charge intégrant toutes les dimensions de la personne : ses ressources cognitives bien entendu, mais aussi sa vie affective et son insertion sociale.

Ce livre et les travaux qu'il présente rappelleront aux cliniciens que la revalidation neuropsychologique n'est pas qu'une enfant des neurosciences, elle relève aussi de la psychologie et des sciences sociales.

Les coordinateurs



Xavier Seron est docteur en psychologie et professeur ordinaire émérite à l'Université Catholique de Louvain. Il y a dirigé pendant plusieurs années une équipe de recherche en neuropsychologie cognitive (NECO) et a codirigé le Centre de Revalidation des Cliniques Universitaires Saint-Luc à Bruxelles. Auteur de nombreuses publications et ouvrages scientifiques, il a axé ses recherches sur la revalidation cognitive et les troubles de la cognition numérique. Il a été membre fondateur et président de la Société de Neuropsychologie de Langue Française.



Martial Van der Linden est professeur à l'Université de Genève, où il dirige l'unité de psychopathologie et neuropsychologie cognitive. Il est également professeur honoraire à l'Université de Liège. Auteur de nombreuses publications et ouvrages scientifiques, ses recherches portent sur l'exploration et la revalidation des troubles mnésiques, exécutifs et socio-émotionnels en neuropsychologie, en psychopathologie et dans le vieillissement. Il a été président de la Société de Neuropsychologie de Langue Française.



<http://noto.deboecksuperieur.com> : la version numérique de votre ouvrage

- 24h/24, 7 jours/7
- Offline ou online, enregistrement synchronisé
- Sur PC et tablette
- Personnalisation et partage

ISBN 978-2-35327-315-7



deboeck
SUPÉRIEUR

www.deboecksuperieur.com

Publics

Professionnels et étudiants en :

- | | |
|-----------------------------|------------------|
| ■ Neuropsychologie clinique | ■ Neurologie |
| ■ Psychologie | ■ Psychiatrie |
| ■ Neurolinguistique | ■ Gériatrie |
| ■ Orthophonie | ■ Ergothérapie |
| | ■ Kinésithérapie |