



Perspectives de rééducation du langage d'adultes aphasiques cérébrolésés post AVC par la cognition mathématique : revue de littérature

Sophie Podetti

► To cite this version:

Sophie Podetti. Perspectives de rééducation du langage d'adultes aphasiques cérébrolésés post AVC par la cognition mathématique : revue de littérature. Sciences cognitives. 2019. dumas-02176455v2

HAL Id: dumas-02176455

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02176455v2>

Submitted on 9 Jul 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



MEMOIRE

Pour l'obtention du Certificat de Capacité en Orthophonie

Préparé au sein du Département d'Orthophonie,

UFR Santé, Université de Rouen Normandie

**Perspectives de rééducation du langage d'adultes aphasiques cérébrolésés
post AVC par la cognition mathématique : revue de littérature**

Présenté et soutenu par

Sophie PODETTI

Revue de littérature

**Mémoire soutenu publiquement le 28 juin 2019
devant le jury composé de**

Marie-Christel HELLOIN	Orthophoniste	Président jury
Bettina DUVAL	Orthophoniste	Directeur de Mémoire
Maud LOUBEYRE	Neuropsychologue	Membre jury

Mémoire dirigé par Bettina Duval du SSR Neurologie (CHU de Rouen)

REMERCIEMENTS

Merci à ma Directrice de Mémoire et maître de stage, Bettina Duval, pour son soutien, ses apports professionnels et scientifiques, sa bienveillance et ses encouragements.

Merci à Catherine Lohou, maître de stage en cinquième année, pour sa bienveillance, son soutien et sa rigueur.

Merci à ma famille et mes proches, pour leur soutien et leurs encouragements durant ces cinq années d'études.

Merci à toutes les personnes rencontrées au cours de ces cinq années de formation, pour avoir transmis leurs connaissances, présenté leurs expériences, avec beaucoup de rigueur et de bienveillance.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	II
Table des Tableaux.....	IV
LISTE DES ABREVIATIONS	IV
1 INTRODUCTION	1
2 LA COGNITION MATHEMATIQUE	3
2.1 Définitions.....	3
2.1.1 La cognition mathématique	3
2.1.2 Les dimensions cognitives impliquées	4
2.1.3 Les données actuelles en imagerie cérébrale	6
3 LES PATIENTS APHASIQUES POST AVC ET LEUR PRISE EN SOINS.....	8
3.1 Les séquelles de l'AVC	8
3.2 La prise en charge orthophonique des patients aphasiques	11
3.3 Les principes généraux de prises en charge adaptées aux patients	12
3.4 Objectifs de la revue de littérature	14
4 METHODE.....	15
4.1 Sélection des ressources	15
4.2 Qualité des études.....	17
4.3 Caractéristiques des études	17
5 RESULTATS.....	18
5.1 Les évaluations et rééducations orthophoniques.....	18
5.1.1 Les évaluations orthophoniques	18
5.1.2 Le cas d'un patient aphasique rééduqué par la cognition mathématique	21
5.2 Les apports de la neuro imagerie	24
5.2.1 L'implication des réseaux neuronaux lors de stimulation dans des domaines d'expertise.....	25

5.2.2	Multifonctionnalité neuronale et aphasie	27
6	DISCUSSION	28
6.1	Limites de la cognition mathématique dans le traitement de l'aphasie.....	28
6.1.1	La rééducation de patients aphasiques	28
6.1.2	Les recommandations de la rééducation des patients aphasiques	30
6.1.3	Les limites de cette revue	31
6.2	Perspectives : La connectomique	32
7	CONCLUSION	34
8	BIBLIOGRAPHIE.....	35
9	ANNEXES.....	39

Table des Tableaux

Tableau 1 : Types de déficiences post AVC	9
Tableau 2 : Performance on mathematical tasks by patients.....	22
Tableau 3 : Number and type of errors produced by SO	23
Tableau 4 : SO'scores pre- and post- therapy and maintenance	23

LISTE DES ABREVIATIONS

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

IRMf : Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle

DTI : Image du Tenseur de Diffusion (IRM de Diffusion)

SED : Stimulations Électriques Directes

SLF : Faisceau Longitudinal Supérieur

AF : Faisceau Arqué

IFOF : Faisceau Fronto-Occipital Inférieur

ILF : Faisceau Longitudinal Inférieur

UF : Faisceau Unciné

DENO 100 : Test Neuropsychologique de dénomination (Kremin et al., 2000)

DO 80 : Test de dénomination d'images DO80 (Deloche, 1997)

EEC : Entraînement Exécutif Cognitif

MoCA : Montréal Cognitive Assessment, évaluation des dysfonctions cognitives légères (Nasreddine et al., 2005)

MMSE : Mini-Mental State Evaluation, test d'évaluation des fonctions cognitives et de la capacité mnésique du patient (Folstein, Folstein & McHugh, 1975)

CASP : Cognitive Assessment for Stroke Patients

EEG : Electro-Encéphalo-Graphie

MEG : Magnéto-Encéphalo-Graphie

SAN : Système Approximatif Numérique

SSR : Soins de Suite et de Réadaptation

UNV : Unité Neuro Vasculaire

TMS : Transcranial Magnetic Stimulation

1 INTRODUCTION

Selon l'OMS, dans le monde, l'accident vasculaire cérébral est la première cause de handicap acquis chez l'adulte : plus de 130 000 nouveaux cas d'AVC sont recensés par an en France. La prévalence est d'environ 800 000 personnes ayant déjà fait un AVC, dont plus de la moitié souffre de séquelles. Le Plan d'actions national AVC 2010-2014 a été mis en œuvre face au taux de mortalité élevé, au poids des séquelles engendrées par les AVC et également face à l'inquiétante augmentation de l'incidence parmi les individus de moins de 65 ans. Ce plan a eu pour objectif le développement d'unités spécialisées dans les établissements de santé : les UNV, unités neuro-vasculaires. Ces unités visent à diminuer le taux de décès et à améliorer la prise en charge afin d'augmenter les possibilités de récupération des patients (Com-Ruelle, Nestrigue, Le Guen et al., 2018). Selon ces mêmes auteurs, « une proportion inquiétante d'AVC constitués » de 23 % est observée chez les hommes de 50 à 64 ans. Les séquelles suite à un AVC nécessitant une rééducation spécialisée concernent 30% des patients, ces derniers sont hospitalisés dans des unités de soins de suite et réadaptation (SSR) selon les recommandations du plan AVC (Haute Autorité de Santé. (H.A.S.), 2017).

L'orthophonie est préconisée dans la prise en charge de patients aphasiques post AVC afin d'améliorer le trouble du langage lui-même ou de réduire l'impact du trouble du langage, ou de le compenser. L'objectif est de permettre à la personne d'avoir une communication fonctionnelle avec ses proches et ses interlocuteurs, dans différents environnements, et ainsi lui permettre de participer aux activités quotidiennes. Les thérapies proposées sont actuellement essentiellement élaborées pour améliorer les compétences linguistiques ou mettre en place de nouveaux modes de communication, suite à une évaluation précisant le type d'aphasie. Or, à date, seuls 40 % des patients bénéficiant de rééducation orthophonique récupèrent complètement ou presque complètement l'année suivant l'AVC (Faiz, 2016). Une question se pose concernant l'efficacité de la rééducation dans l'aphasie de l'AVC : celle-ci pourrait dépendre des instruments de dépistage utilisés pour le diagnostic selon Poslawsky & Schuurmans (2010), (cités par Faiz, 2016). D'autres mesures de dépistage cognitif appropriées pourraient contribuer à préciser ce taux de rétablissement des personnes atteintes d'aphasie. En effet, il semble indispensable d'indiquer quelles autres difficultés peuvent être associées

au trouble langagier, mais aussi quelles capacités sont conservées. Ces outils de mesure des capacités cognitives doivent être écologiques, et à visée thérapeutique fonctionnelle.

Au quotidien, l'homme parle pour communiquer, il réfléchit en permanence, il raisonne. Il est également constamment confronté à des données chiffrées : dates, heures, numéros de rue, tickets de caisse, numéros de téléphone, mesures, règlements de facture, etc. Au cours des quinze dernières années, des études portant sur des patients aphasiques ont révélé que ceux-ci avaient des troubles langagiers impactant leur communication, mais que leurs capacités en mathématique semblaient préservées. A l'aide des moyens d'imagerie fonctionnelle récents, il s'avère que la théorie de la spécificité des aires cérébrales dédiées à une fonction est très nettement remise en cause. Des études actuelles participent à l'élaboration de la connectomique, c'est-à-dire l'étude de l'ensemble des connexions des neurones du cerveau, leur fonctionnement. L'imbrication des réseaux neuronaux dans les fonctions supérieures du cerveau fait actuellement l'objet d'analyses scientifiques en neurosciences et neurochirurgie.

Cette revue de littérature expose des rééducations orthophoniques du langage par la cognition mathématique auprès d'adultes cérébrolésés aphasiques post AVC. Cet état des lieux permettra d'avoir une vision à la fois qualitative et quantitative de l'état de la recherche dans ce domaine. En effet, les prises en charge précoces, multidisciplinaires et intensives sont actuellement proposées dans les établissements de soins de suite et réadaptation (Haute Autorité de Santé. (H.A.S.), 2017). Des études récentes en imagerie cérébrale ont montré que le traitement des expressions ou des concepts mathématiques ne présentent que peu ou pas de chevauchement avec les zones cérébrales traitant le langage (Amalric et Dehaene, 2016). D'autres découvertes en neurochirurgie apportent de nouvelles perspectives dans la rééducation des patients cérébrolésés.

Une première partie de ce travail est dédiée à la théorie, définissant la cognition mathématique, présentant l'AVC et ses séquelles les plus fréquentes, les remédiations orthophoniques actuelles et les découvertes récentes sur la plasticité cérébrale. La deuxième partie précise la méthode utilisée pour cette revue de littérature. Enfin, les résultats sont décrits et les conclusions discutées. Des perspectives cliniques et de recherche sont proposées.

2 LA COGNITION MATHÉMATIQUE

2.1 DEFINITIONS

2.1.1 La cognition mathématique

La cognition mathématique comprend « l'ensemble des états mentaux et les mécanismes par lesquels les nombres sont utilisés pour représenter, organiser, comprendre, prédire et transformer notre environnement ». De ce fait, cela englobe une grande variété de processus impliquant plusieurs systèmes. Certains sont dits « automatiques » comme l'identification de chiffres, l'activation de faits arithmétiques. D'autres sont « plus contrôlés » comme la résolution de problèmes, les opérations à plusieurs chiffres ou encore la manipulation de fractions (Camos et Barrouillet, 2014).

Quatre grands domaines sont analysés dans les études consultées : l'arithmétique, l'algèbre, la géométrie et la topologie.

L'arithmétique est l'étude des propriétés de l'ensemble des nombres rationnels (*Le Robert illustré & son dictionnaire internet*, 2013). Elle est caractérisée par un ensemble défini d'opérations réalisées sur des nombres, présentés sous leur forme symbolique et/ou verbale. Les opérations arithmétiques peuvent être basiques ou élaborées, ces dernières impliquent la mise en œuvre de stratégies appropriées. Si ces stratégies font l'objet d'un apprentissage explicite de procédures de traitement, certains principes sous-jacents à ces opérations ne nécessitent pas d'apprentissage formel. En fait, l'être humain dispose naturellement d'une sensibilité précoce à certains principes arithmétiques innés, par exemple l'intuition des additions et soustractions de nombres entiers, qui influence nos jugements numériques (Thevenot et Fayol, 2018).

Dans sa partie classique, l'algèbre se consacre à la résolution d'opérations par des formules explicites des équations, par des substitutions de lettres aux valeurs numériques et de la formule générale au calcul numérique particulier. Dans sa partie moderne, elle étudie des structures abstraites (groupes, anneaux, corps) définies sur des ensembles et des lois de composition (*Le Robert illustré & son dictionnaire internet*, 2013). En effet, depuis le XXe siècle,

l'algèbre est considérée comme le domaine mathématique étudiant des structures algébriques telles que des groupes, des champs, des espaces vectoriels, ou des structures composées d'ensemble doté de lois de composition et satisfaisant certains axiomes. L'algèbre est réalisée à l'aide de structures imbriquées semblables à la syntaxe du langage.

La géométrie est la science des figures de l'espace (*Le Robert illustré & son dictionnaire internet*, 2013).

La topologie est l'étude des propriétés invariantes dans la déformation géométrique des objets et dans les transformations continues appliquées à des êtres mathématiques (*Le Robert illustré & son dictionnaire internet*, 2013).

Les évaluations des compétences mathématiques, les batteries de tests, sont élaborées et réalisées selon les connaissances actuelles de la cognition mathématique. Celle-ci est définie comme un ensemble de systèmes, contenant chacun plusieurs variables, dépendantes ou indépendantes. Ces composants recouvrent un large éventail de compétences, qui se répartit selon deux tendances. La première position comprend les capacités cognitives générales : attention, mémoire de travail, la vitesse de traitement et récemment, attitudes et émotions. La seconde position se concentre sur les performances spécifiquement arithmétiques ou mathématiques, telles la comparaison de collections ou de nombres, la dénomination de chiffres, qui portent parfois sur des domaines très restreints (le traitement de l'addition) ou au contraire sur l'ensemble des apprentissages arithmétiques (transcodage, opérations, résolution de problèmes).

2.1.2 Les dimensions cognitives impliquées

D'après Luis Radford et Mélanie André, « quelques fonctions cognitives particulièrement importantes en mathématiques sont l'attention, la planification, le raisonnement spatial et la production de symboles. Ces fonctions sont reliées à ce qui est appelé : les régions corticales du cerveau. [...] Les régions du cerveau qui se sont le plus développées sont précisément celles reliées à la pensée, à la planification, à l'organisation et à la communication » (Radford et André, 2008).

Les études réalisées sur le développement des compétences arithmétiques ou mathématiques ne permettent pas de déterminer de manière certaine les corrélations ou les

effets des différentes variables impliquées dans les systèmes neuronaux lors des tâches arithmétiques.

Selon Michel Fayol, les travaux de Siegler et Lemaire « s'inscrivent dans le cadre théorique des "vagues qui se chevauchent" : à un moment donné de leur développement, les individus disposent de plusieurs stratégies qu'ils mobilisent de manière probabiliste en fonction des situations et dont la distribution évolue avec l'expérience. [...] Avec le temps et l'expérience, la distribution des stratégies se modifie : la récupération en mémoire devient plus fréquente et le recours au comptage verbal diminue mais subsiste en certaines circonstances » (Siegler, 1999). Les différences inter- et intra-individuelles doivent être prises en considération. Par conséquent, il est nécessaire d'examiner les dimensions générales comme la mémoire de travail et les fonctions exécutives.

La mémoire de travail est une variable cognitive générale ayant un impact sur les performances des activités complexes. La cognition mathématique nécessite d'encoder les informations perceptives, de les transformer en représentations internes, dans les actions telles que comparer, calculer, transcrire. Cela implique un maintien temporaire des informations sous différents formats, tout en exerçant un ou plusieurs traitements cognitifs sur celles-ci, mis en œuvre et contrôlés par le système exécutif. « Comme toute activité complexe, l'arithmétique exige la mobilisation de concepts, de faits et de procédures dont la méthode doit être orchestrée dans les limites des capacités caractéristiques des êtres humains » (Fayol, 2013).

D'autres variables comme la vitesse de traitement, l'attention et d'autres fonctions exécutives (inhibition, flexibilité et mise à jour) sont également sollicitées lors de tâches complexes. La vitesse de traitement serait un facteur de base conditionnant le fonctionnement de toutes les autres variables : encodage, maintien temporaire (par autorépétition et articulation), manipulation des données, récupération des informations en mémoire, etc. L'attention peut apparaître comme une variable de base, au même titre que la vitesse de traitement (Geary, 2013). Cependant, peu de recherches expérimentales aussi poussées que celles concernant la vitesse de traitement ou la mémoire de travail ont été réalisées. Il est par conséquent difficile de conclure sur l'impact de cette fonction sur les activités arithmétiques.

Quant aux fonctions exécutives, « elles spécifient les procédures et concepts » devant être acquis et mis en œuvre pour passer du savoir à l'action. Elles contribuent à l'élaboration d'un plan de réalisation, au contrôle de ce plan et aux ajustements des actions planifiées, si nécessaire. « Elles redistribuent les fonctions cognitives en trois catégories : l'inhibition destinée à supprimer les pensées et actions non pertinentes pour l'exécution d'une tâche ; la flexibilité mentale permettant de passer d'une composante de l'activité à une autre en se désengageant mentalement de la première ; l'actualisation ou la mise à jour des contenus ou procédures en cours de la mémoire de travail » (Fayol, 2013).

En somme, les épreuves utilisées et les études actuelles ne permettent pas d'établir des liens déterminés entre ces fonctions cognitives et les activités mathématiques. Les résultats sont encore trop complexes et peuvent être variables selon les situations d'expériences. Si l'existence de corrélations est confirmée, les composantes distinguées par la théorie ne sont pas toujours retrouvées dans les recherches. En effet, certaines ne portent que sur un domaine délimité, quand d'autres recouvrent un large éventail d'habiletés.

2.1.3 Les données actuelles en imagerie cérébrale

Depuis les années 80, des analyses sur les liens entre le langage et le traitement des numéros ou les faits arithmétiques se sont développées. Leurs principaux auteurs sont Caramazza, McCloskey, Deloche, Seron, Butterworth, Dehaene et leurs collaborateurs.

Le fait que chaque humain possède dès sa naissance une intuition proto-mathématique fondée sur des circuits cérébraux dédiés est maintenant bien admis. Ces aptitudes dites proto-mathématiques correspondent à la discrimination des petites quantités, possible par le subitizing perceptif, le comptage préverbal ou un mécanisme d'individuation des unités perçues, soit l'estimation globale et perceptive des quantités. Selon Dehaene (1997), les « bébés disposent très rapidement après la naissance d'un système cognitif dédié au traitement des informations sur les quantités : le système numérique approximatif (SNA) » (Dehaene et Cohen, 1997). Ce système permet d'ordonner spatialement les quantités sur une ligne numérique mentale, de la gauche vers la droite. Selon Feigenson, Dehaene et Spelke (2004), « l'habileté à se représenter et à manipuler les grandeurs non symboliques sur cette ligne mentale serait à l'origine du sens du nombre » (Thevenot et Fayol, 2018).

Des travaux récents ont suggéré que les mathématiques formelles s'appuient sur les capacités proto-mathématiques non-verbales dont tous les humains sont dotés dès la naissance. En effet, même les nourrissons et des adultes non instruits avec une langue radicalement appauvrie pour les mathématiques peuvent posséder des intuitions proto-mathématiques abstraites de nombre, d'espace et de temps (Dehaene et coll, 2006 ; Pica et coll, 2004 ; cités par Amalric, 2017). Ces connaissances de base peuvent servir de fondation à la construction de concepts mathématiques abstraits (Elke, 2003 ; cité par Amalric, 2017). Les mathématiques avancées découleraient de représentations fondamentales du nombre et de l'espace par le dessin d'une série de liens systématiques, d'analogies et de généralisations inductives (Dehaene et coll, 2008 ; Lakoff et Núñez, 2000 ; Piaget, 1952 ; cités par Amalric, 2017).

Comparativement à l'abondant corpus de données probantes sur le traitement des nombres et l'arithmétique élémentaire, les processus cognitifs impliqués dans des capacités mathématiques plus complexes et avancées, comme la résolution de fractions ou d'expressions algébriques, sont relativement peu documentés (Butterworth, 1999 ; Dehaene, 1997 ; cités par Amalric, 2017). De même, le rôle du langage dans ces processus reste à déterminer (Campbell et Epp, 2004 ; cités par Amalric, 2017). A ce jour, peu d'études neuropsychologiques font état de fonctions mathématiques supérieures chez les patients atteints de lésions cérébrales. En revanche, une thèse en neurosciences cognitives, réalisée en 2017, sous la Direction de Stanislas Dehaene, a étudié « les mécanismes cérébraux d'apprentissage et de traitement des concepts mathématiques de haut niveau » chez des experts en mathématique appariés à un groupe de non-experts en mathématique. Celle-ci a montré que le « traitement des expressions ou des concepts arithmétiques ne présentent que peu ou pas de chevauchement avec les zones linguistiques. Ainsi, la compréhension et le traitement de l'arithmétique, au moins chez les adultes, semblent indépendants du langage » (Amalric, 2017).

Selon Amalric et Dehaene, deux ensembles de zones cérébrales ont été associées au traitement des nombres : les aires intrapariétales bilatérales et les aires préfrontales ; celles-ci sont systématiquement activées pendant la perception et le calcul du nombre (Dehaene, et coll, 1999). Ce circuit est déjà actif chez les nourrissons et les singes non entraînés (Nieder et Dehaene, 2009 ; cités par Amalric, 2017). Les compétences numériques précoces chez le bébé sont la discrimination de quantités au sein de collections, l'appariement de collection selon leur taille et la manipulation de quantités.

Les mathématiques de haut niveau chez l'homme recrutent le même circuit cérébral non linguistique traitant l'arithmétique de base. Toutefois, dans les études présentées par Amalric et Dehaene (2017), il est « confirmé que la réflexion mathématique sur les concepts avancés ne fait pas appel aux aires cérébrales traitant la sémantique : la partie antérieure du sillon temporal supérieur et moyen, ainsi que la jonction temporo-pariétale du gyrus angulaire. Alors que le lobe temporal antérieur bilatéral a été systématiquement impliqué dans le traitement sémantique général des expériences antérieures et actuelles. [...] Les résultats tendent à confirmer que la sémantique mathématique se dissocie de la sémantique générale dans le cerveau » (Amalric et Dehaene, 2016).

Dans le cadre de la recherche en neurosciences, l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle permet la réalisation de cartographie du fonctionnement cérébral. La difficulté réside encore dans l'observation des connexions cérébrales, des faisceaux sous-jacents, propres à chaque individu. Par conséquent, la généralisation de ces résultats est complexe.

En effet, des réseaux neuronaux spécialisés pour les activités cognitives interagissent constamment et dynamiquement avec les réseaux neuronaux spécialisés dans la langue.

En conclusion, dès qu'une activité mentale complexe est en jeu, il paraît évident que le sujet doit simultanément retenir des informations tout en réalisant sur une partie d'entre elles, des opérations mentales plus ou moins compliquées. La mémoire de travail intervient dans les activités mentales complexes. Elle est alors considérée comme un facteur prédictif des activités humaines supérieures et elle est reliée à d'autres concepts utilisés pour décrire les activités cognitives de niveau élevé, comme l'intelligence fluide ou les capacités de raisonnement.

3 LES PATIENTS APHASIQUES POST AVC ET LEUR PRISE EN SOINS

3.1 LES SEQUELLES DE L'AVC

Selon l'OMS, « un accident vasculaire cérébral résulte de l'interruption de la circulation sanguine dans le cerveau, en général quand un vaisseau sanguin éclate ou est bloqué par un

caillot. L'apport en oxygène et en nutriments est stoppé, ce qui endommage les tissus cérébraux ».

Les répercussions de l'AVC sont nombreuses et multiples, elles touchent différentes sphères parmi lesquelles le fonctionnement cognitif. En France, l'âge moyen est de 73 ans, cependant 25 % des patients ont moins de 65 ans. Par ailleurs, le taux de reprise au travail est de 44%, pour les sujets en âge d'être encore actifs (Schnitzler, 2015).

La sévérité d'un AVC est variable, différents degrés sont observés de l'accident transitoire ne laissant pas de séquelles à l'AVC mortel en quelques heures ou quelques jours. En 2013, le taux de mortalité dû à un AVC est de 6% (Lecoffre, Olie, Bejot et al., 2017). Si le patient ne décède pas de son accident cérébral, l'AVC handicape le sujet par des séquelles définitives plus ou moins invalidantes. La plupart des données documentées dans la littérature sur les déficiences séquellaires dues à l'AVC concernent essentiellement les phases aiguës et subaiguës. Le tableau 1 rassemble les données à la phase chronique, à titre informatif (Schnitzler, 2015).

Tableau 1 : Types de déficiences post AVC

SCHNITZLER et Université de Versailles Saint Quentin en Yvelines.															
Déficence	Troubles de la sensibilité	Déficit visuel	Difficultés pour marcher	Syndrome dysexécutif	Troubles de la déglutition	Déficit du membre supérieur	Dépression	Aphasie	Spasticité	Incontinence	Hémiplégie massive	Démence	Héminégligence	Etat de conscience minimale	Troubles du comportement
Pourcentage à la phase chronique	80%	66%	48 à 60 %	30-50%	40%	40%	26 à 48%	23 à 33%	17 à 46%	15 à 30%	27%	20%	18%	11%	10%
PEC Orthophonique					oui			oui				oui *			

* dans le cas d'APP

Tableau 1 Prévalence des déficiences suite à un AVC

Selon la zone cérébrale touchée par l'AVC, les conséquences sont différentes. Rappelons qu'un hémisphère cérébral commande l'hémichamp opposé.

Un accident vasculaire cérébral affectant le tissu cérébral dans la région frontale gauche ou dans la région temporale supérieure gauche entraîne habituellement une aphasie. Cela est généralement établi pour des personnes ayant une latéralité à droite. Les troubles du langage, regroupés sous le nom « aphasie », peuvent être soit sur le versant compréhension ou celui de la production, dans la modalité orale et/ou écrite, soit sur les deux versants et les deux modalités. D'autres troubles peuvent apparaître suite à un AVC : des troubles praxiques, une négligence spatiale unilatérale, une hémianopsie latérale homonyme, des troubles de la

mémoire, des fonctions exécutives et/ou des troubles de la parole avec une dysarthrie ou une dysphonie.

Les capacités cognitives sont les plus susceptibles d'être affectées après un AVC, comme la mémoire, l'orientation, l'attention et le langage, et ont été associées à une diminution du niveau de fonctionnement dans la vie quotidienne (Diamond et coll., 1996 ; cité par Faiz, 2016). La concordance de l'aphasie avec des déficits cognitifs (fonctions visuospatiales, attention, mémoire, raisonnement, etc) a été observée et confirmée dans différentes études (Basso, 1997 ; Beeson et coll., 1993 ; Helm, 2002 ; cités par Faiz, 2016). Par conséquent, pour la mise en œuvre d'une réadaptation réussie chez les patients aphasiques post AVC, il est important d'examiner tous les domaines de la cognition.

Les patients atteints d'aphasie sévère ne sont pas capables d'apprendre ou de "se souvenir" d'une information verbale dans les mesures de dépistage neuropsychologique couramment utilisées. En effet, leurs déficits langagiers peuvent altérer la compréhension des énoncés sémantiques oraux et/ou écrits, ce qui affecte leurs capacités d'apprentissage ou de réapprentissage. En particulier, ils sont confrontés à leurs difficultés à se rappeler des informations dans des tâches de rappel immédiat ou différé (Ween et al., 1996 ; cités par Faiz, 2016). Luria (1996), un des neuropsychologues célèbres engagés dans la réadaptation des aphasiques, insiste sur le développement des approches d'évaluation au-delà du langage (Faiz, 2016). La principale difficulté de l'évaluation réside dans les problèmes cognitifs associés à l'aphasie. Or, la majorité des études antérieures sur l'aphasie se sont appuyées sur des mesures de dépistage traditionnelles avec des caractéristiques seulement linguistiques (Basso, Derenzi, & Spinnler, 1973 ; cités par Faiz, 2016). Le Mini Mental Status Examination, une des mesures cliniques fréquemment utilisées pour accéder au fonctionnement cognitif, a été critiqué par plusieurs chercheurs pour l'exclusion des problèmes visuospatiaux, exécutifs et langagiers liés (Matwiranath, Nestor, Berrios, Rakowicz et Hodges, 2000 ; cités par Faiz, 2016)

3.2 LA PRISE EN CHARGE ORTHOPHONIQUE DES PATIENTS APHASIQUES

L'aphasie est une conséquence courante de l'AVC, mais elle peut aussi résulter d'autres affections neurologiques comme une tumeur cérébrale, une infection, une blessure à la tête ou une démence qui endommage le cerveau.

L'objectif du traitement est d'optimiser les capacités langagières et de réduire les impacts de l'aphasie pour le patient et son entourage.

« Ce traitement peut cibler une composante précise du langage et/ou de la communication de façon plus générale afin de la rendre la plus fonctionnelle possible » (National Aphasia Association, 2011). Les preuves de l'efficacité du traitement orthophonique de l'aphasie sont de plus en plus solides. Ainsi, Brady et ses collaborateurs concluent que, comparativement à l'absence de traitement, la thérapie orthophonique permet l'amélioration de la communication fonctionnelle, de la lecture, de l'écriture et du langage expressif (Brady, Kelly et Godwin, 2016).

Tout patient admis en UNV est évalué selon une batterie normée de mesures linguistiques, dès la phase aiguë, de nouvelles évaluations sont pratiquées lors de son séjour en SSR, permettant d'observer l'évolution des aptitudes de la personne. En fonction des résultats aux tests, la prise en charge orthophonique privilégiera la rééducation langagière de la compréhension, de l'expression ou des deux. Malgré un nombre grandissant de données scientifiques sur le sujet, il est difficile et laborieux d'établir des traitements orthophoniques précis en raison de l'hétérogénéité des méthodes utilisées et des résultats obtenus.

En fait, l'intervention orthophonique auprès du patient aphasique ne peut se résumer à la seule considération des symptômes langagiers, car l'utilisation des fonctions linguistiques implique nécessairement l'activation d'un réseau à la fois cognitif et neuro-anatomique. Selon l'orthophoniste Moritz-Gasser, la prise en compte des mécanismes cognitifs sous-jacents au traitement du langage s'avère aussi indispensable à l'établissement de thérapies personnalisées et efficaces (Moritz-Gasser, Herbet, Maldonado et al., 2012).

Si actuellement la rééducation des patients aphasiques est principalement élaborée sur des fonctions langagières, il s'avère que la majeure partie de la compréhension des nombres et

même des manipulations algébriques peut demeurer préservée chez les patients atteints d'aphasie globale ou de démence sémantique (Cappelletti, Klessinger, Varley, cités par Amalric, 2017).

3.3 LES PRINCIPES GENERAUX DE PRISES EN CHARGE ADAPTEES AUX PATIENTS

La prise en charge de patients atteints de pathologies neurologiques s'appuie sur la faculté du cerveau à se réorganiser après une lésion. Celle-ci est dépendante d'un ensemble de paramètres, en 2008, Kleim et Jones ont défini dix critères influençant cette plasticité chez ces patients (Kleim et Jones, 2008a).

Le premier est d'impliquer les circuits neuronaux lors de tâches cognitives dès que possible. En effet, la non-sollicitation de ces circuits sur un laps de temps plus ou moins long risque de détériorer leur fonctionnement. Une aptitude cognitive stimulée peut activer l'aire résiduelle, suite à la lésion, ou une autre zone cérébrale pouvant compenser. Le bilan permet de définir les déficits séquellaires aux lésions, mais également les fonctions préservées. Les stimulations cognitives contribuent à la remédiation.

Le deuxième point est de solliciter les capacités résiduelles qui participent à l'optimisation de la plasticité régénératrice du cerveau. Des modifications neuronales profondes peuvent se produire grâce à la rééducation et améliorer la récupération fonctionnelle du patient sur les plans sensoriel, moteur ou cognitif.

Le troisième principe est de choisir des outils spécifiques permettant de travailler la composante évaluée de la manière la plus uni-modale possible. Dans ce cadre : toute activité proposée doit être évaluée par une ligne de base afin de contrôler leur spécificité et ainsi permettre la mise en œuvre de la neuro plasticité.

Le quatrième point est la répétition. Pour obtenir un changement durable sur le plan neuronal, à la fois une amélioration sur le long terme et une généralisation à d'autres items, le patient doit être régulièrement et fréquemment exposé aux exercices. L'orthophoniste peut prendre appui sur des protocoles de rééducation afin d'obtenir une automatisation. D'autant plus, que ces patients peuvent également avoir des déficits des fonctions exécutives et par conséquent des difficultés dans la mise en place de stratégies.

L'intensité de la prise en charge arrive en cinquième position. Un entraînement de plus haute intensité permettrait un renforcement persistant des synapses, appelé potentialisation à long terme. Dans ce contexte, une évaluation cognitive du patient doit permettre d'identifier les capacités réelles du sujet et de proposer des tâches adaptées.

En sixième place vient la question du temps. Deux courants s'opposent : l'un préconisant une prise en charge précoce, qui serait bénéfique pour les patients, selon Glize et al. (2017) ; l'autre considère que cela n'est pas généralisable à tous les patients aphasiques. En effet, selon Watila (2015), « l'efficacité d'une prise en charge orthophonique précoce est dépendante d'un grand nombre de facteurs : la taille et la localisation de la lésion, le type et la sévérité de l'aphasie, le type d'AVC, l'âge et le sexe du patient » (Watila et Balarabe, 2015). En ce qui concerne la phase chronique de l'aphasie, l'idée qu'un effet-plafond de la récupération serait atteint à distance de l'AVC est répandue. Cependant, Marcotte et al. (2012) ont montré qu'une récupération est encore possible, même au-delà de cette phase chronique (Marcotte et al., 2012).

D'après Kleim et al., dans un contexte d'aphasie, l'installation de mécanismes compensatoires pour compenser des déficits langagiers est possible à la phase aiguë, par l'utilisation de gestes ou encore la mise en place de carnet de communication. Or, dans un premier temps, il est préconisé de solliciter la fonction langage avant d'installer des moyens de compensations afin que ceux-ci n'entravent pas la réhabilitation de la fonction.

En septième principe, se pose la question de la motivation pour ces patients atteints, pour lesquels certaines capacités sont altérées. Si le projet thérapeutique s'élabore à partir des résultats de l'évaluation, il faut nécessairement tenir compte de la plainte cognitive du patient, qui est un paramètre essentiel de sa motivation. L'orthophoniste proposera des activités variées et en lien avec les objectifs de la rééducation de la fonction cognitive déficitaire. L'investissement du patient peut être soutenu par la réalisation de lignes de bases matérialisant les progrès observés et ce qui peut encore être amélioré.

Le huitième principe recommande une rééducation orthophonique auprès de patient aphasique, quel que soit l'âge de celui-ci. Même si les effets sur un sujet âgé seront moins profonds et plus lents que chez le sujet jeune.

Un neuvième point est celui du transfert des compétences acquises en rééducation dans des situations de vie quotidienne. Pour cela, l'utilisation de matériel plus écologique pourra être mise en œuvre dans la rééducation.

Le dernier principe est celui de l'interférence. La plasticité neuronale peut être un élément favorable dans la réhabilitation, cependant elle peut aussi être un frein au changement à l'intérieur d'un circuit neuronal déjà existant : par la non utilisation acquise d'une fonction développée (Taub, et al, 2006 ; cités par Kleim et Jones, 2008).

Dans le cas de neuropathologies, il semble difficile d'obtenir un consensus applicable à tous les patients, vu le nombre de paramètres qui contribue à l'efficacité de la prise en charge. Le thérapeute doit tenir compte des caractéristiques intra-individuelles de chaque patient, de ses intérêts, ses ressources, sa plainte et son état de santé global.

3.4 OBJECTIFS DE LA REVUE DE LITTÉRATURE

Dans ce contexte évolutif de la neuroscience, possible grâce aux nouvelles technologies, les fonctions cérébrales supérieures du langage et des mathématiques seraient en partie indépendantes fonctionnellement. Des études récentes en neuro-imagerie ont montré que le traitement des expressions arithmétiques imbriquées ne présente que peu ou pas de chevauchement avec les zones linguistiques (Friedrich et Friederici, 2009; Maruyama et coll., 2012; Nakai et Sakai, 2014 ; cités par Amalric, 2017). Ainsi, la compréhension conceptuelle de l'arithmétique, au moins chez les adultes, semble indépendante du langage.

D'après ces conclusions, la construction d'un modèle contemporain complet des relations cerveau-langage s'élabore sur le concept de multifonctionnalité neuronale. Précisément, les réseaux neuronaux spécialisés pour les activités cognitives, affectives et praxiques interagissent constamment et dynamiquement avec les réseaux neuronaux spécialisés dans la langue pour soutenir et finalement constituer la langue telle qu'elle est. L'introduction d'approches multifonctionnelles émergentes à la neurobiologie du langage propose l'intégration des fonctions cognitives non linguistiques dans les modèles linguistiques du cerveau de patients sains, comme fondement théorique, pour comprendre les différents

aspects des neurones, leur évolution avec l'âge et les mécanismes de rétablissement dans le cas de l'aphasie (Cahana-Amitay et Albert, 2014).

Le domaine de la cognition mathématique étant autant sollicité que celui du langage dans le quotidien : la question d'une stimulation précoce des compétences mathématiques auprès de patients aphasiques post AVC au cours de la rééducation orthophonique se pose. Dans les recommandations scientifiques, les patients aphasiques post-AVC doivent être rééduqués le plus précocement possible, après une évaluation la plus globale possible. D'autre part, la stimulation des différentes fonctions cérébrales et motrices contribuent à l'amélioration du patient et de ses capacités résiduelles et altérées.

La première hypothèse est que des patients aphasiques cérébrolésés post AVC peuvent améliorer leurs déficits linguistiques grâce à une stimulation en cognition mathématique.

La deuxième hypothèse est que la stimulation cognitive par les mathématiques est adaptée à tout patient aphasique, quel que soit son niveau antérieur à l'AVC.

4 METHODE

4.1 SELECTION DES RESSOURCES

La recherche bibliographique a été réalisée sur plusieurs bases de données bibliographiques : en santé sur PubMed (littérature dans le domaine de la médecine) et sur EBSCO (principal fournisseur de bases de données de recherche, de revues électroniques, d'abonnements à des magazines, de livres électroniques et de services de recherche aux bibliothèques depuis plus de 70 ans). A cela s'ajoute une recherche sur des sites d'actualité en médecine comme ceux de la Banque de Santé Publique (BDSP), réseau documentaire d'informations en santé publique ; du site de la Haute Autorité de santé (HAS), un organisme public indépendant d'expertise scientifique.

Une récente thèse en neurosciences a étudié « les mécanismes cérébraux impliqués dans l'apprentissage et le traitement des notions mathématiques de haut niveau ». Elle a été

réalisée par Marie Amalric sous la direction de Stanislas Dehaene, neuroscientifique et Professeur au Collège de France sur la Chaire de Psychologie cognitive expérimentale. Celle-ci démontre que les aires cérébrales activées lors de tâches mathématiques sont distinctes de celles du langage (Amalric, 2017).

Cela a permis de vérifier l'existence d'articles scientifiques sur le sujet, la pertinence des mots-clés et de se documenter à partir de la bibliographie.

Trois critères ont été retenus pour la recherche : la population devenue aphasique suite à un AVC ; la rééducation orthophonique ; le domaine de la cognition mathématique (voir en annexe A).

Les types de publications recherchées étaient des études de cas (narratives et expérimentales), les études de groupe (expérimentales), les revues de littérature et méta-analyses, les thèses et mémoires de recherche.

A partir de la combinaison des mots-clés 265 ressources sont obtenues et ce sans limitation de période concernant les dates de publication, la recherche étant encore récente sur le sujet.

L'analyse des articles issus des recherches par mots-clés n'a permis d'isoler qu'un seul article. Car les autres ressources ne correspondaient pas complètement à l'objet de la revue de littérature (voir annexe B).

Les articles exclus portaient sur :

- D'autres rééducations et technologies (TMS) pour 31 %,
- D'autres pathologies et populations pour 26 %,
- Des pratiques médicales et des documents de réunions plénières pour 24 %,
- 19 % concernent la rééducation orthophonique, en partie du langage, mais sans prendre en compte la cognition mathématique.

La recherche bibliographique a sélectionné trois publications extraites des bases de données, dont une seule par les mots-clés, les deux autres par les noms d'auteurs et complétées par cinq publications issues de l'analyse de bibliographies.

Cette revue de littérature porte sur quatre études de cas unique ou avec maximum trois participants, un article de synthèse, une méta-analyse et deux études de groupe.

4.2 QUALITE DES ETUDES

Chaque étude a fait l'objet d'une lecture critique établie selon les critères décrits par Salmi (Salmi et Salamon, 2012). Cet auteur propose les prérequis et les objectifs à la lecture suivants (voir le détail en annexe C) :

Prérequis :

- Avoir en tête les critères les plus importants à considérer pour juger de la qualité et de la pertinence potentielle d'un article.
- Les algorithmes, définis comme des suites finies de questions élémentaires permettant la résolution d'un problème, sont des outils organisant les critères dans un ordre logique, optimisant ainsi le processus de décision de rejeter l'article ou de continuer sa lecture.

Objectifs :

- Utiliser les listes de contrôle et les grilles de lecture critique.
- La liste de contrôle permet de vérifier l'exhaustivité des items nécessaires à la rédaction d'un article.
- Les grilles permettent une analyse fine des méthodes utilisées dans les études critiquées.

Les revues internationales ont adopté une forme standard pour le contenu des articles.

Une liste de contrôle renseignée dans une grille de lecture permet de vérifier la cohérence de l'article avec le sujet étudié. Les principaux indicateurs de qualité retenus sont : la description des patients, l'appariement des participants, les outils de mesures et l'existence de lignes de bases. La grille de lecture est complétée par un résumé de l'étude permettant la rédaction de cette revue. En somme, la grille de lecture permet une analyse précise des méthodes d'un article (voir annexe D).

4.3 CARACTERISTIQUES DES ETUDES

Les principales caractéristiques retenues pour cette revue de littérature sont (voir annexe E) :

- La population : des patients aphasiques suite à un accident vasculaire cérébral,
- Le mode d'intervention orthophonique établie sur la remédiation en cognition mathématique.

Le critère du nombre de participants n'est pas retenu, car la pratique de la rééducation orthophonique du langage par la cognition mathématique auprès d'adultes cérébrolésés post-AVC est encore peu documentée.

Une attention particulière a été portée à la description des patients et la présence des données d'imagerie correspondant à celui-ci.

Seule une méta-analyse expose les différents modèles contemporains des relations cérébrales du langage et des autres fonctions cognitives. Cela sera présenté dans la partie résultats de cette revue.

5 RESULTATS

Cette revue de littérature porte sur huit articles, dont une revue de littérature, une méta-analyse, une expérimentation d'évaluation d'un outil de mesures cognitives, trois expérimentations d'évaluation des aptitudes langagières et mathématiques, une expérimentation de rééducation orthophonique du langage par des capacités mathématiques préservées et une expérimentation auprès d'experts en mathématique sains. Trois ont été obtenus par une recherche au sein des bases de données, cinq par l'analyse des bibliographies.

5.1 LES EVALUATIONS ET REEDUCATIONS ORTHOPHONIQUES

Peu d'études font référence à un modèle théorique, mais la plupart documente les résultats des expérimentations en neuro-imagerie et/ou les scores obtenus à des évaluations normées des capacités des patients dans leur publication.

5.1.1 Les évaluations orthophoniques

Les troubles cognitifs sont connus et étudiés dans les pathologies neurologiques et neurodégénératives de l'adulte. En revanche, leurs impacts dans le cadre de l'aphasie font récemment l'objet d'analyses. Pourtant ceux-ci sont source de handicap et ont des conséquences sur l'autonomie et le quotidien du patient, notamment sur sa récupération post

AVC. Dans la pratique, si les orthophonistes prennent en compte les troubles cognitifs des patients aphasiques, l'évaluation de ces déficits est encore peu pratiquée.

Les principaux outils actuels sont :

- Le MMSE : Mini-Mental State Evaluation : en première intention pour évaluer globalement les déficits cognitifs, essentiellement utilisé dans le cadre de démences ;
- La MoCA : Montréal Cognitive Assessment : pour évaluer les déficits cognitifs légers, également développée pour l'évaluation de la démence. Cependant, Pendlebury et al. (2012), a montré une bonne sensibilité et spécificité pour la détection des déficits cognitifs modérés chez des patients atteints de pathologies neuro-vasculaires. A nuancer toutefois dans le cas de l'aphasie, car certaines épreuves nécessitent des productions orales. Puis, les épreuves langagières sont limitées à la dénomination de 3 images, une répétition de phrases, une épreuve de fluence et une épreuve de conceptualisation.
- Le CASP : Cognitive Assessment for Stroke Patient : actuellement utilisé dans un protocole hospitalier de Recherche Clinique pour établir sa validité, sa fiabilité et sa sensibilité (Benaim, Barnay, Wauquiez et al., 2015).

Une étude a été de tester une nouvelle mesure non linguistique élaborée par des orthophonistes, des ergothérapeutes et des neuropsychologues cliniques de Lothian au Royaume-Uni, nommée LASCA : Lothian Assessment for Screening Cognition in Aphasia. Cette batterie a été proposée à un échantillon de 35 personnes en bonne santé, âgées de 50 à 92 ans. Ce groupe a été associé à l'échantillon de 35 sujets, de la précédente analyse relative à LASCA de Warren en 2011, soit une étude combinée sur une population de 70 individus sains (Faiz, 2016). Toutefois, des compléments d'analyse doivent enrichir ces premiers résultats, car des éléments ont dû être retirés suite aux tests statistiques de validité, ce qui pourrait apporter une conclusion erronée.

Par ailleurs, peu d'articles présentent des patients aphasiques évalués à la fois sur les capacités langagières et sur le traitement du calcul des nombres. De plus, la plupart de ces études ont été réalisées plusieurs années après l'AVC.

Dans un article, deux patients JCB et PR¹, respectivement âgés de 60 et 64 ans, atteints d'aphasie sévère chronique à distance de leur AVC, quatre ans après pour le premier et neuf ans plus tard pour le second, ont participé à une étude explorant les activations neuronales provoquées par le calcul. Ces patients avaient des compétences en mathématiques simples. Lors de leur participation à l'étude, ils conservent des capacités de compréhension et de calcul pour les quatre opérations. Ils sont comparés à un groupe témoin de onze hommes sains âgés de 57 à 79 ans. « Les patients ont montré un niveau élevé de précision dans l'addition et la soustraction avec des scores supérieurs ou proches de la moyenne du groupe contrôle. » (Benn, Wilkinson, Zheng et al., 2013). En somme, les différences sur les deux opérations, addition et soustraction, entre les patients et les sujets sains n'ont pas été significatives, à l'exception du temps de réalisation pour le patient JCB et des temps de vérification pour les deux patients. Des IRMf ont été effectuées sur les deux sujets aphasiques et les témoins lors des épreuves. Les zones d'activation n'ont pas été très différentes entre celles du groupe sain et les patients, soit peu de changement post-lésionnel. Par conséquent, dans cette étude, les résultats ne permettent pas d'affirmer qu'il y ait eu une réorganisation neuro-fonctionnelle significative concernant le traitement du calcul. En revanche, l'étude suggère que les variations individuelles correspondent à des activations neuronales des zones voisines non endommagées, garantissant une utilisation efficace des fonctions cérébrales. « Cela indique qu'une fonction cognitive plus élevée, comme le calcul, n'est pas différente d'autres domaines cognitifs, comme le langage, dans la mesure où les différences individuelles dans les substrats neuronaux du traitement peuvent être identifiées » (Fedorenko, Hsieh, Nieto-Castañón, Whitfield-Gabrieli, & Kanwisher, 2010 ; Fedorenko, Nieto-Castañón, & Kanwisher, 2012 ; Nieto-Castañón & Fedorenko, 2012, cités par Benn et al., 2013).

Actuellement, des approches multifonctionnelles émergentes à la neurobiologie du langage proposent la stimulation de fonctions cognitives non linguistiques, principalement mathématiques, dans des études de cas de patients aphasiques non fluents afin de rétablir un langage fonctionnel.

¹ Le patient PR est également l'un des participants de l'étude « Agrammatic but numerate » de Varley, et al., 2005

5.1.2 Le cas d'un patient aphasique rééduqué par la cognition mathématique

Peu de cas de patients aphasiques ayant bénéficié d'une rééducation orthophonique conçue sur la cognition mathématique sont documentés. Cependant, un même patient a fait l'objet de plusieurs articles référencés. Les auteurs sont Varley, Klessinger, Romanowski, Siegal, Szczerbinsli, et Byrne. Les résultats sont présentés dans l'ordre chronologique de réalisation.

Le premier article présente trois patients atteints d'aphasie sévère, désignés par les initiales : SA, SO et PR, qui sont évalués trois ans après leur accident vasculaire cérébral, avec des épreuves langagières, numériques et d'autres comprenant des calculs (Varley, Klessinger, Romanowski et al., 2005). Tous ont au moins dix ans d'éducation, et sont âgés entre 56 et 59 ans. Un seul, SO, a une compétence mathématique qualifiée d'avancée, il est professeur à l'université. Les trois sujets conservent des aptitudes de compréhension lexicale résiduelle, cependant des troubles grammaticaux sévères sont observables. Les résultats montrent une conservation significative des compétences mathématiques : l'estimation analogique est précise, les compétences mathématiques supérieures à la représentation non linguistique des quantités et des procédures de calculs sur les quatre opérations sont intactes (Tableau 2). Tous les patients ont été en mesure de produire des résultats corrects à un problème grâce à la juste manipulation de la structure entre parenthèses. Par conséquent, les capacités mathématiques semblent préservées comparativement aux compétences langagières, notamment en ce qui concerne les processus syntaxiques. Si les sujets sont dans l'incapacité de comprendre une phrase simple de type sujet-verbe-objet, ils sont sensibles à la structure des expressions mathématiques et capables de résoudre les problèmes proposés. De même, ils ne peuvent pas former des structures propositionnelles en langage, mais ils sont en mesure d'utiliser des principes récurifs dans des tâches mathématiques.

Tableau 2 : Performance on mathematical tasks by patients

Test	S.A.	S.O.	P.R.
Estimation test (maximum 20)	20	19	20
Calculation tests (maximum 20)			
Addition	19	16	20
Subtraction	19	19	19
Multiplication	19	13	17
Division	19	11	16
Adding and subtracting fractions (maximum 30)	27	27	20
Multiplication (maximum 36)			
Easy known tables (time, sec)	36 (115)	36 (158)	36 (74)
Hard known tables (time, sec)	35 (208)	23 (537)	31 (127)
Novel tables (time, sec) Reversibility (maximum 40)	36 (508)	32 (967)	33 (313)
Subtraction	40	35	37
Division	37	34	38
Number infinity (maximum 30)	30	29	19
Bracket expressions			
Calculation accuracy	4564	5264	4364
Serial order errors	4	1	2
Bracket generation and calculation	45	45	25

Selon Klessinger et al., certains traitements mathématiques peuvent être maintenus malgré de graves perturbations linguistiques. Dans le cas de ce patient, SO, déjà présenté dans le précédent article, la capacité de calculer des expressions algébriques ne contenant que des variables abstraites démontre l'autonomie relative des manipulations symboliques face à une aphasie sévère et démontre l'indépendance fonctionnelle considérable de certaines fonctions linguistiques et mathématiques supérieures dans le système cognitif (Klessinger, Szczerbinski et Varley, 2007).

Bien que les scores du patient SO se situaient souvent à l'extérieur de l'éventail des cinq témoins sains appariés, le sujet a produit un bon rendement global sur les tâches algébriques, et son efficacité était en grande partie intacte en ce qui concerne le jugement de l'équivalence des équations algébriques et la transformation des expressions algébriques avec parenthèses dans les cas d'additions, soustractions, et divisions. En revanche, il a montré une plus faible performance sur les expressions algébriques impliquant la multiplication, des fractions et des combinaisons de ces opérations (Tableau 3). Pour l'ensemble des tâches, toutes les transformations nécessaires ont été effectuées mentalement par le patient et ont permis d'obtenir directement la solution : très peu d'étapes intermédiaires écrites pendant les calculs, même pour la résolution d'expressions longues. Il a montré son intérêt à la structure intégrée des équations grâce à son aptitude à résoudre des expressions algébriques comprenant jusqu'à deux structures de parenthèses.

Tableau 3 : Number and type of errors produced by SO

Table 3
Number and type of errors produced by SO in sets of abstract algebraic vs. numeric expressions

Type of error	Abstract expressions (<i>n</i> = 40)	Numeric expressions (<i>n</i> = 40)
Rule errors		
False application of correct rule	5	6
Correct application of false rule	5	2
Calculation errors	1	3
No response/error not specified	3	1
Syntactic errors (out of possible 23)	1	1

Dans l'article suivant, six ans après son AVC, le même patient aphasique SO bénéficie d'une rééducation orthophonique utilisant le système algébrique et le principe de réversibilité maîtrisés par le sujet. La méthode a consisté à mettre en place un principe similaire avec des structures langagières. Après la thérapie, les scores de SO s'améliorèrent pour les deux modalités, orale et écrite (Tableau 4) (Byrne et Varley, 2011).

Tableau 4 : SO'scores pre- and post- therapy and maintenance

Table 1
Total scores for combined word sets (treated, partially treated and untreated controls) across the four therapy components.

Test	Pre-therapy	Post-therapy	Maintenance
Component one: written-spoken sentence matching	43/48	47/48	44/48
Component two: written grammaticality judgement	167/192	177/192	172/192
Component three: spoken sentence-picture matching	30/40	38/40	37/40
Component three: written sentence-picture matching	27/40	36/40	36/40
Component four: spoken sentence-picture matching	44/80	68/80	66/80
Component four: written sentence-picture matching	53/80	63/80	62/80

Les phrases traitées se sont améliorées avec l'intervention, atteignant un niveau de performance satisfaisant, et ces performances ont été maintenues après une période sans thérapie de 8 semaines. Il y a eu une généralisation des gains pour les ensembles de verbes non traités et les ensembles de phrases avec des verbes préalablement identifiés et ces gains ont été maintenus. Cependant, les phrases comprenant des noms déjà connus ont obtenu l'effet de traitement le plus faible et ont affiché une certaine baisse de la précision pendant la période d'entretien.

En somme le patient aphasique a bénéficié de manière satisfaisante de la thérapie élaborée sur des mathématiques pour améliorer ses compétences langagières altérées depuis plusieurs années. Par conséquent, une évolution, même à distance de l'AVC, est possible. Toutefois, un patient unique a reçu cette remédiation. Le patient SO se distingue des deux autres individus, par sa formation professionnelle : il est professeur. Ce qui induit que cet homme est sensible aux apprentissages. Peut-être SO a fait preuve d'une plus forte motivation pour cette forme de rééducation.

D'après la littérature scientifique disponible, le nombre restreint de cas de patients aphasiques ayant pu tirer avantage d'une rééducation orthophonique en cognition mathématique ne permet ni d'infirmer ou confirmer la première hypothèse de cette revue. Un seul patient ne permet pas de conclure sur l'efficacité d'une thérapie basée sur des mathématiques pour améliorer le langage. En revanche, les recommandations actuelles préconisent l'évaluation précoce des capacités des patients aphasiques dans les différents domaines cognitifs, ainsi qu'une prise en charge favorisant des stimulations multimodales et multifonctionnelles. En effet, le projet thérapeutique prend en compte les difficultés du patient, mais également les capacités résiduelles de celui-ci. Enfin, selon les dix principes de rééducation proposés par Kleim et Jones (2008), la neuro-plasticité est privilégiée, dans une thérapie adaptée et bienveillante.

5.2 LES APPORTS DE LA NEURO IMAGERIE

Le modèle classique de l'aphasie des auteurs Broca-Wernicke-Lichtheim-Geschwind a contribué à la classification des syndromes aphasiques, à la recherche et à la pratique clinique. Cependant, des observations cliniques ne correspondaient pas à cette classification. Effectivement, une lésion dans une aire cérébrale précise peut engendrer un comportement non prévu dans la classification. En fait, l'innovation technologique améliore la compréhension des réseaux neuronaux. Les rencontres de la neurologie et la psycholinguistique proposent plusieurs modèles (Cahana-Amitay et Albert, 2014):

- Le modèle de Price (2009), qui a identifié un réseau complexe, comprenant différents processus impliqués dans la compréhension et la production du langage ;
- Le modèle dorsal/ventral (2004) de Hickok et Poeppel, qui a recours à une architecture neuro-anatomique à deux voies : une correspondant au traitement visuel et l'autre au traitement auditif ;

- Le modèle de Hagoort (2005) implique des réseaux de neurones distribués, qui plaide pour une synchronisation neuronale soutenant l'interdépendance fonctionnelle, plus que des domaines spécifiques.

Les travaux actuels tendent vers un modèle d'intégration cérébrale du langage en tenant compte de la multifonctionnalité des réseaux neuronaux partagés. D'autres domaines cognitifs sont également étudiés, notamment les mathématiques.

5.2.1 L'implication des réseaux neuronaux lors de stimulation dans des domaines d'expertise

La neuro plasticité est largement évoquée dans la littérature scientifique, mais également dans le grand public. Les capacités du cerveau intriguent : comment nos neurones fonctionnent-ils ? Par spécialité ? Par réseau ? L'hémisphère gauche est-il spécifique au langage ? Le droit aux mathématiques ? Les réponses sont en cours d'élaboration, les connaissances à ce propos se développent, mais le sujet est vaste.

Cependant, des premiers éléments semblent s'avérer. En effet, Amalric (2016) confirme que les traitements d'analyse mathématique et d'algèbre, permettant d'établir des formules et des lois, sollicitent des aires cérébrales distinctes de celles du langage (Amalric et Dehaene, 2016).

Les neurosciences cognitives contemporaines ne font que commencer à étudier les origines des concepts mathématiques, principalement par l'étude de l'arithmétique de base. Seuls le sens du nombre et le langage activent des zones cérébrales identiques. Or, de nombreux mathématiciens argumentent que les concepts de nombres sont bien trop simples pour être représentatifs des mathématiques. Dans ce cadre, une étude des représentations cérébrales de concepts mathématiques de haut niveau chez des mathématiciens experts a été réalisée auprès de 15 sujets appariés à 15 témoins non mathématiciens, mais avec un niveau d'études similaire dans d'autres domaines. L'épreuve était d'effectuer des jugements sémantiques rapides sur des énoncés mathématiques et non mathématiques. Des IRMf ont été pratiquées sur les sujets au cours des exercices proposés. Une attention particulière a été portée au niveau de difficulté quelles que soient les tâches présentées. Globalement, les résultats de chaque groupe ont été plus performants dans les domaines d'expertises respectifs. Les zones cérébrales activées lors d'exercices mathématiques sont les sillons intra pariétal bilatéraux

(IPS), les régions temporales inférieures (IT), le cortex préfrontal bilatéral dorsolatéral, supérieur et mésial (PFC) et le cervelet, qui composent un vaste réseau, différent de celui du langage. Les activations associées à la réflexion mathématique ont fortement impliqué ce réseau cérébral chez les mathématiciens et se sont maintenues dans le temps. En revanche, la réflexion sur les énoncés non mathématiques n'a pas activé ce réseau chez les mathématiciens. Chez les sujets témoins, les régions cérébrales activées restaient celles du langage (Amalric et Dehaene, 2016).

Les activations observées lors de la réflexion mathématique se recoupent avec un ensemble de domaines appelé « le système de demande multiple », également observées dans des tâches cognitives demandant un contrôle exécutif et un traitement de la difficulté (Duncan, 2010).

En revanche, aucune différence d'activation n'est notée lors de la réflexion sur des énoncés non mathématiques : que ce soient les aires cérébrales impliquées ou les sujets sollicités.

La question de la contribution des aires linguistiques lors d'exercices mathématiques a également été traitée dans cette étude : l'imagerie du cerveau a confirmé une distinction spatiale significative des zones activées pendant le traitement des items mathématiques et celui des items sémantiques que sont les phrases. Seule une infime partie de la zone de Brodman dorsale gauche a été activée dans les deux types de stimulation. D'autre part, une différence substantielle est apparue dans la tête bilatérale du noyau caudé. En effet, l'engagement de cette zone sous-corticale, impliquée dans la motivation et l'attention dirigée, s'est observé pleinement lors de la sollicitation du domaine d'expertise de chaque groupe. Par ailleurs, une particularité de l'expertise mathématique permet au gyrus angulaire gauche, engagé dans l'intégration sémantique au niveau de la phrase d'étendre cette fonction aux énoncés mathématiques, ce uniquement pour le traitement de la phrase. Enfin, tout comme l'expertise en lecture améliore la réponse visuelle ventrale gauche aux chaînes de lettres écrites, l'expertise en mathématiques conduit à une amélioration bilatérale de la représentation visuelle des symboles mathématiques (Amalric et Dehaene, 2016).

Cette première étude exposant les activations des différentes aires cérébrales selon le type de tâches présentées à des sujets ayant un niveau d'éducation supérieur ne permet pas de valider la seconde hypothèse de cette revue. En effet, si le cerveau des experts

mathématiciens active des zones également sollicitées lors de tâches langagières, de manière temporaire, l'inverse n'a pas été démontré dans cette étude. Un sujet non expert en mathématique n'activera pas par principe le réseau IPS-IT-PFC-cervelet lors d'énoncés mathématiques. Toutefois, dans cette étude il s'agit de concepts mathématiques de haut niveau, une prochaine recherche serait à développer sur des énoncés moins complexes et avec d'autres populations, par exemple des items d'arithmétiques auprès de sujets tout-venants.

5.2.2 Multifonctionnalité neuronale et aphasie

Un seul cas clinique décrit précédemment peut présenter une amélioration du langage conséquente à une prise en charge rééducative des fonctions mathématiques. Un patient aphasique a bénéficié de cette prise en charge, de manière intensive (plusieurs séances hebdomadaires), plusieurs mois voire plusieurs années après son AVC, et a récupéré un langage plus fonctionnel.

Un article de synthèse présente des preuves convergentes issues d'études sur les lésions cérébrales et d'études longitudinales sur le langage dans le vieillissement qui appuient la thèse suivante : la base neuronale du langage peut être mieux comprise par le concept de la multifonctionnalité neuronale. Dans ce contexte, les termes "multifonctionnalité neuronale" font référence à l'incorporation de fonctions non linguistiques dans des modèles de gestion du langage dans le cerveau intact. A titre d'exemple, les effets des fonctions du système exécutif sur les aspects du traitement sémantique chez les personnes aphasiques et non aphasiques sont considérés, ainsi que l'interaction des fonctions exécutives et linguistiques chez les personnes âgées. La conclusion indique comment cette vision multifonctionnelle des relations cerveau-langue s'étend au domaine de la récupération du langage, altéré par l'aphasie, où l'influence de facteurs non linguistiques sur la formation des circuits neuronaux pour la rééducation de l'aphasie est clairement démontrée (Cahana-Amitay et Albert, 2014).

En synthèse, les fonctions supérieures, dont dispose l'homme, semblent être imbriquées les unes aux autres. Toute sollicitation cognitive implique plusieurs réseaux de neurones. Lorsqu'une fonction est altérée, la stimulation de la capacité déficiente est préconisée, mais l'activation d'autres fonctions peut contribuer à la restauration ou l'amélioration de la première.

6 DISCUSSION

6.1 LIMITES DE LA COGNITION MATHÉMATIQUE DANS LE TRAITEMENT DE L'APHASIE

Cette revue de littérature a étudié la rééducation orthophonique de l'aphasie post-AVC chez des patients adultes, or les séquelles perçues initialement comme les plus invalidantes sont les troubles langagiers, avant les troubles de la cognition mathématique.

6.1.1 La rééducation de patients aphasiques

Une rééducation orthophonique commence par une évaluation des capacités du patient, à ce jour celle-ci est essentiellement réalisée sur le langage. Or, les récentes analyses montrent l'imbrication des différentes fonctions cognitives : le langage, les mathématiques pour certains aspects, la mémoire, l'attention, la vitesse de traitement, les fonctions exécutives.

Des batteries de tests existent, comme le MMSE, la MoCA, et sont utilisées auprès de patients aphasiques. D'autres outils se développent comme le LASCA, en Ecosse, mis au point par des orthophonistes, des ergothérapeutes et des neuropsychologues cliniques. Ce dernier a fait l'objet d'études pour vérifier sa fiabilité. Or, les tests statistiques ont conduit à une réduction des éléments de l'échantillon, ce qui invalide temporairement cet outil. Une prochaine analyse sur une population plus large permettra de valider la fiabilité de cette nouvelle batterie de mesures cognitives et son utilisation auprès de patients (Faiz, 2016). Cela permet de constater que l'élaboration et le développement d'un outil de dépistage s'effectuent en plusieurs étapes et nécessitent des validations à chaque fois.

Une comparaison de deux patients aphasiques avec des sujets sains lors de tests en calculs a mis en évidence l'autonomie entre les processus de calcul et ceux du langage. En effet, les capacités de calcul étaient préservées dans le cas d'aphasie sévère, sans qu'il y ait eu une adaptation massive d'un réseau neuronal. Le traitement des opérations a pu se faire grâce aux inférences des mécanismes de base sans participation du langage (Benn et al., 2013).

D'autres patients aphasiques ont pu montrer leurs compétences préservées en mathématiques. Bien que leur lobe pariétal inférieur gauche soit fortement lésé, les calculs ont été exacts, quelle que soit l'opération demandée. Lors de l'acquisition des concepts numériques, les mots nombres peuvent être indispensables, ainsi que la syntaxe de la langue. Toutefois, lorsque ces connaissances sont acquises, les connaissances numériques semblent être conservées, malgré un déficit grammatical (Varley et al., 2005).

Un des patients aphasiques avait conservé les faits et procédures arithmétiques et des connaissances conceptuelles intactes, tout en étant atteint d'aphasie sévère. Cependant, des faiblesses ont été repérées sur certaines expressions algébriques contenant des multiplications ou des fractions. La présence de cette déficience, malgré ses capacités à résoudre des expressions algébriques numériques et alpha numériques, interroge sur l'interaction de la fonction calcul avec d'autres plus générales de traitement, comme l'attention, la mémoire, les fonctions exécutives. Pour ce patient, l'aphasie n'est pas associée à une asymbolie, puisqu'il a maintenu ses compétences à manipuler des représentations symboliques très abstraites. Ce cas démontre l'indépendance fonctionnelle de certaines fonctions supérieures linguistiques et d'autres mathématiques dans le système cognitif adulte (Byrne et Varley, 2011).

Le traitement mathématique engage des aires cérébrales comprenant le codage numérique, dont disposent les humains et les animaux. Cependant, le nombre ne paraît pas être le seul ou le principal fondement des habiletés mathématiques supérieures. Toutefois, il s'intègre dans les concepts numériques, ordinaux, logiques et spatiaux.

Cette étude a relevé qu'un réseau de type général pouvait être engagé dans des tâches cognitives exigeantes. Le réseau IPS-IT-PFC-cervelet serait activé lors de processus de raisonnement souples, abstraits et novateurs, fortement impliqués dans la pensée mathématique, il contribuerait peu aux autres formes de raisonnement ou de résolution de problèmes fondées sur des connaissances linguistiques ou sémantiques stockées. Ce point demande à être étudié ultérieurement. Par ailleurs, la syntaxe du langage ne semble pas jouer un rôle spécifique dans les capacités algébriques des adultes experts. Cela est probablement différent dans la phase d'acquisition des principes mathématiques où le langage peut être nécessaire de manière transitoire (Amalric et Dehaene, 2016).

L'observation des zones cérébrales a mis en évidence une augmentation de la matière grise chez les mathématiciens experts par rapport aux non mathématiciens. Dans l'ensemble, les variations interindividuelles du système « demande multiple » correspondraient aux variations de l'intelligence des fluides et seraient corrélées aux compétences mathématiques indépendamment des autres compétences linguistiques (Amalric et Dehaene, 2016).

Les adultes souffrant d'aphasie ne sont pas tous nécessairement des mathématiciens experts. L'AVC étant brutal, il est important de prendre en compte leur vie précédant l'accident, leurs expériences et leurs centres d'intérêts ayant eu des effets sur leur fonctionnement cognitif. Actuellement, divers traitements de l'aphasie établis sur des interactions constantes et dynamiques avec des fonctions non linguistiques sont en cours d'élaboration. En considérant que toute fonction cognitive et neurologique interagit avec le langage, ces thérapies permettraient une réorganisation cérébrale. Cependant, ces fonctions doivent être liées à l'une des fonctions linguistiques spécifiques, comme par exemple la capacité de sélectionner et d'initier. L'intention nécessite une sélection, puis une initiation, or l'aphasie peut contraindre la sélection d'un mot et l'initiation de la production. Par conséquent, l'entraînement de l'intention pourrait favoriser l'amélioration de ce type d'aphasie. Toutefois, les réponses des patients sont différentes. En effet, la plasticité neuronale peut engendrer des mécanismes distincts en fonction des différences neuro anatomiques des sujets. En somme, les approches de neuro adaptations pour l'aphasie, basées sur le principe de multifonctionnalité neuronale, impliquent l'emploi des fonctions exécutives ou d'autres fonctions non linguistiques pour remédier aux déficits linguistiques. Dans ce cadre, le langage est possible grâce à un système neuronal de processus « constitutifs » : des aires restreintes du cerveau sont recrutées temporairement pour accomplir une tâche cognitive, avec des exigences spécifiques (Cahana-Amitay et Albert, 2014). Les contraintes de cette forme de thérapie seront liées au patient et ses systèmes neuronaux préservés. Par conséquent, la généralisation auprès de plusieurs patients semble complexe.

6.1.2 Les recommandations de la rééducation des patients aphasiques

Pour améliorer les performances fonctionnelles post-AVC, afin de normaliser une réorganisation cérébrale, les nouvelles connaissances des neuroscientifiques doivent être accompagnées de l'expérience clinique. La neuro plasticité soulève de nombreuses questions, notamment comment s'effectuent les réactions neuronales aux entraînements de

rééducation ? Certains troubles cognitifs restent difficiles à modéliser. Kleim et Jones recommandent de privilégier des activités de rééducation les plus uni-modales possibles adaptées à la composante déficiente ciblée : travail de la communication pour améliorer la communication, ou les mathématiques pour fortifier les mathématiques. Ils préconisent également de solliciter prioritairement la fonction déficitaire avant d'apporter un moyen de compensation (Kleim et Jones, 2008b).

6.1.3 Les limites de cette revue

La cognition mathématique est un domaine de compétence en orthophonie, cependant peu de cas de patients aphasiques rééduqués en orthophonie sont documentés dans la littérature scientifique.

Ce qui définit une première limite de type méthodologique : la sélection de ressources a été principalement réalisée par l'analyse des bibliographies des études et thèses en doctorat issues des bases de données. Néanmoins, le choix des mots-clés est conforté par les articles obtenus par un autre canal. Des articles intéressants d'un point de vue rééducation orthophonique, comme celui de Moritz-Gasser et Foureix « Association of Anomia Therapy with a cognitive executive training in post-stroke aphasia : a pilot study » paru dans la revue « Rééducation Orthophonique » n°275, en septembre 2018, n'est pas disponible dans les bases de données. Or celui-ci présente la mise en place d'une thérapie cognitive associée à une thérapie de l'anomie auprès de vingt patients, comparée à une rééducation classique et une rééducation unique de l'anomie. Les résultats de cette étude pilote montrent que la double thérapie, de la cognition et de l'anomie, ont été significativement meilleurs et que l'évolution obtenue a été maintenue dans le temps.

Concernant l'évaluation de la qualité des études, la plupart des études comprennent une population de taille non significative et la méthode de rééducation auprès du patient aphasique n'a pas fait l'objet d'un protocole.

Par ailleurs, la recherche en cognition mathématique reste récente et s'est principalement intéressée aux apprentissages, par conséquent, à une population de jeunes individus.

De même, les ressources en publications orthophoniques à propos de rééducation en cognition mathématique auprès d'adultes restent très limitées. Elles proviennent

essentiellement de pays anglophones. Enfin, l'intervention réalisée auprès du patient SO a décrit le type d'activités proposées, mais manque de précision quant aux détails des items proposés.

Finalement, le format « revue de littérature » pour un mémoire d'orthophonie est relativement nouveau, celui-ci présente quelques avantages :

- L'orthophonie est au carrefour de plusieurs disciplines et comprend différents domaines : la pratique clinique doit par conséquent s'appuyer sur plusieurs types de sources documentaires ;
- Il est souvent difficile de recenser une population de taille significative pour la réalisation d'un mémoire de type professionnel, pouvant conduire à des conclusions probantes.

Pour finir, comme évoqué précédemment, les modèles du fonctionnement cérébral neuropsycholinguistique évoluent, cela peut être complété par des données issues d'autres domaines comme la neurochirurgie.

6.2 PERSPECTIVES : LA CONNECTOMIQUE

Selon le Pr Duffau, un nouveau courant scientifique s'élabore : la connectomique.

La connectomique propose une anatomie dynamique et connectomique des circuits neuronaux sous-jacents, qui explique une importante variabilité anatomo-fonctionnelle inter-individuelle et qui permet des phénomènes adaptatifs cérébraux post-lésionnels capables de maintenir les fonctions neurologiques et cognitives (Duffau, 2018).

L'expertise professionnelle du Pr Duffau permet d'écrire que le langage est possible avec une aire cérébrale de « Broca » lésée. D'après les récentes découvertes, l'utilisation du langage en expression ou en réception, par la modalité orale ou écrite, revient à mobiliser des fonctions linguistiques impliquant nécessairement l'activation d'un réseau à la fois cognitif et neuro-anatomique. Les technologies innovantes ont permis ces trente dernières années d'investiguer et affiner les connaissances sur le cerveau et son fonctionnement. Les différents niveaux formels de traitement du langage, incluant plusieurs structures cérébrales : frontales temporales et pariétales inférieures, impliquent un vaste réseau de distribution dans les aires

corticales de l'hémisphère gauche. Ce réseau de traitement suit une double voie : l'une dorsale garantissant le traitement phono-articulatoire et l'autre ventrale assurant le traitement sémantique. Le DTI met en évidence la connectivité sous-tendant cette double voie de traitement grâce à la visualisation des faisceaux de la substance blanche interconnectant les différentes zones corticales constituant les réseaux de traitement.

La cartographie préopératoire contribue à l'observation de l'organisation connexionniste dynamique du fonctionnement cérébral, par opposition à la vision antérieure localisationniste. Par conséquent, aujourd'hui, l'imagerie et la SED permettent d'identifier un réseau neuro-anatomique cortico-sous-cortical essentiel dans la production de la parole. La prépondérance de l'implication dans l'hémisphère gauche est actuellement constatée dans le traitement du langage. Cependant, l'hémisphère droit est impliqué dans le traitement pragmatique, participant au langage et à la communication, incluant également les processus de mentalisation et la cognition sémantique non verbale. Le modèle de double voie de traitement dans l'hémisphère droit est également établi. A noter que la latéralisation des hémisphères n'exclut pas une nécessaire interaction inter-hémisphérique, notamment dans les traitements de haut niveau.

La SED est la seule technique qui permet d'étudier en temps réel la fonction des sites corticaux ainsi que des fibres sous-corticales chez les humains (Duffau, 2015a). Actuellement, elle est principalement mise en œuvre dans le cas d'intervention chirurgicale neuro-oncologique, pour des tumeurs cérébrales infiltrantes et évolutives, également en cas d'épilepsie. Ces opérations se réalisent en condition éveillée et nécessitent un temps de préparation thérapeutique préopératoire au sein d'une équipe pluridisciplinaire. De ce fait, la SED n'est pas envisageable sur des sujets sains et n'est pas possible dans le cas de lésions vasculaires cérébrales, qui par nature sont brutales et non prévisibles. De plus, les lésions d'AVC peuvent être de taille importante et avec une distribution spatiale non homogène. Effectivement, les cas cliniques des patients aphasiques post-AVC ne permettent pas d'interpréter qu'un épicode de la lésion commun à plusieurs patients entraîne le même déficit neurologique chez ces mêmes patients. Dans ce cadre connectomale, les fonctions neuronales sont conçues comme résultant de processus délocalisés parallèles réalisés par sous-groupes distribués de neurones connectés plutôt que des épicoes discrets. En conséquence, le traitement du cerveau ne doit pas être considéré comme la somme de plusieurs sous-fonctions. La fonction

neuronale résulte plutôt de l'intégration et de la potentialisation de sous-réseaux parallèles, bien que partiellement chevauchés (Duffau, 2018).

Cette technique établissant des corrélations structurales-fonctionnelles en temps réel chez des patients éveillés fournit des cartes de connectivité fonctionnelle soutenant les sous-systèmes sensorimoteur, visuospatial, langagier et socio-cognitif, soit une meilleure compréhension des mécanismes sous-jacents à la neuro-plasticité. Cependant, elle met également en évidence une limite significative : la connectivité axonale sous-corticale. Les faisceaux axonaux ont un rôle clé dans le remodelage post-lésionnel. En d'autres termes, la plasticité neuronale ne peut être efficace que si la connectivité sous-corticale est épargnée, pour permettre la communication spatiale et la synchronisation temporelle entre grands réseaux interconnectés (Duffau, 2018).

7 CONCLUSION

Bien qu'il y ait peu d'articles relatifs à la rééducation du langage par une intervention orthophonique en cognition mathématique auprès d'adultes aphasiques suite à un accident vasculaire cérébral, la tendance des cliniciens est d'élargir l'évaluation diagnostique et, de ce fait, les pistes de rééducation. L'expérience documentée favorable pour un patient atteste cette orientation. Cette thérapie intensive et brève basée sur les mathématiques pour rééduquer son aphasie a été bénéfique six ans après son AVC. D'autres études pilotes, non disponibles dans les bases de données scientifiques, sont en cours de réalisation et apportent des garanties concernant l'efficacité de thérapies du langage associées à des thérapies cognitives stimulant d'autres fonctions. En parallèle, le développement de tests des fonctions cognitives complémentaires au langage et leur application permettront de préciser le profil du patient et d'adapter les axes thérapeutiques les plus fonctionnels et écologiques. Par ailleurs, dans les perspectives cliniques de l'orthophonie, l'application des recommandations de pratique liée à la neuro-plasticité sera un appui pour accroître la documentation des méthodes rééducatives mises en place et bénéfiques. Aujourd'hui, la recherche et la littérature proposent plus d'éléments concernant l'évaluation de la cognition mathématique, ce qui permet d'envisager de nouveaux axes à travailler en rééducation. La mesure initiale des

aptitudes des patients adultes aphasiques en cognition mathématique reste limitée dans la pratique et doit à terme se développer. Toute stimulation rééducative orthophonique est tenue d’être adaptée au projet thérapeutique construit en collaboration avec le patient pour les fonctions altérées. En considérant l’imbrication des différents réseaux de neurones, tout patient aphasique peut bénéficier de sollicitations cognitives ciblées, celles-ci auront un impact sur d’autres fonctions cérébrales. Les récentes connaissances des fonctions neurologiques et cognitives ouvrent la voie à de nouvelles stratégies thérapeutiques chez les patients atteints de lésions cérébrales.

8 BIBLIOGRAPHIE

Les articles sélectionnés pour cette revue de littérature sont précédés d’une étoile (*).

Amalric, M. (2017). *Etude des mécanismes cérébraux d’apprentissage et de traitement des concepts mathématiques de haut niveau* (Thèse de doctorat : neurosciences cognitives. Paris IV : Université Pierre et Marie Curie). Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01636137/file/2017PA066143.pdf>.

*Amalric, M. et Dehaene, S. (2016). Origins of the brain networks for advanced mathematics in expert mathematicians. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(18), 4909-4917. doi:10.1073/pnas.1603205113

Benaim, C., Barnay, J. L., Wauquiez, G. et al. (2015). The Cognitive Assessment scale for Stroke Patients (CASP) vs. MMSE and MoCA in non-aphasic hemispheric stroke patients. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 58(2), 78-85. doi:10.1016/j.rehab.2014.12.001

*Benn, Y., Wilkinson, I. D., Zheng, Y. et al.,. (2013). Differentiating core and co-opted mechanisms in calculation: The neuroimaging of calculation in aphasia. *Brain and Cognition*, 82(3), 254-264. doi:10.1016/j.bandc.2013.04.012

- Brady, M. C., Kelly, H. et Godwin, J. (2016). Speech and language therapy for aphasia following stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (6).
doi:10.1002/14651858.CD000425.pub4
- *Byrne, C. et Varley, R. (2011). From mathematics to language: A novel intervention for sentence comprehension difficulties in aphasia. *Clinical Speech and Language Studies in Honour of Susan Edwards*, 24(2), 173-182. doi:10.1016/j.jneuroling.2010.02.007
- *Cahana-Amitay, D. et Albert, M. L. (2014). Brain and language: evidence for neural multifunctionality. *Behavioural Neurology*, 2014, 260381-260381.
doi:10.1155/2014/260381
- Camos, V. et Barrouillet, P. (2014). Le développement de la mémoire de travail : perspectives dans le cadre du modèle de partage temporel des ressources. *Psychologie Française*, 59(1), 21-39. doi:https://doi.org/10.1016/j.psfr.2012.12.003
- Com-Ruelle, L., Nestrigue, C., Le Guen, N. et al. (2018). Parcours de soins des personnes hospitalisées pour un accident vasculaire cérébral. Premiers résultats. *QUESTIONS D'ECONOMIE DE LA SANTE*, (234), 8p.
- Dehaene, S. et Cohen, L. (1997). Cerebral Pathways for Calculation: Double Dissociation between Rote Verbal and Quantitative Knowledge of Arithmetic. *Cortex*, 33(2), 219-250. doi:10.1016/S0010-9452(08)70002-9
- Duffau, H. (2018). The error of Broca: From the traditional localizationist concept to a connectomal anatomy of human brain. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 89, 73-81.
doi:10.1016/j.jchemneu.2017.04.003
- Duncan, J. (2010). The multiple-demand (MD) system of the primate brain: mental programs for intelligent behaviour. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(4), 172-179.
doi:10.1016/j.tics.2010.01.004

- *Faiz, A. (2016). Lothian Assessment for Screening Cognition in Aphasia (LASCA): A New Non Verbal Assessment of Cognition. *Future Academy Multidisciplinary Conference 13–17 October 2015 Istanbul*, 217, 1052-1062. doi:10.1016/j.sbspro.2016.02.106
- Fayol, M. (2013). *L'acquisition du nombre* (2^e éd.). Paris : Presses Universitaires de France.
- Geary, D. C. (2013). Early Foundations for Mathematics Learning and Their Relations to Learning Disabilities. *Current Directions in Psychological Science*, 22(1), 23-27. doi:10.1177/0963721412469398
- Haute Autorité de Santé. (H.A.S.). (2017). *Prise en charge initiale de l'accident vasculaire cérébral. Campagne 2017 - Données 2016*. (p. 82p.). Saint-Denis.
- Glize, B., Mazaux J., et De Boissezon, X. (2017). L'aphasie vasculaire: prédiction de la récupération, innovations en rééducation et au-delà. *Troubles neurocognitifs vasculaires et post-AVC : De l'évaluation à la prise en charge*, p. 61.
- *Kleim, J. A. et Jones, T. A. (2008). Principles of Experience-Dependent Neural Plasticity: Implications for Rehabilitation After Brain Damage. *Journal of Speech, Language & Hearing Research*, 51(1), S225-S239.
- *Klessinger, N., Szczerbinski, M. et Varley, R. (2007). Algebra in a man with severe aphasia. *Neuropsychologia*, 45(8), 1642-1648. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.01.005
- Le Robert illustré & son dictionnaire internet*. (2013) (Nouvelle édition). Le Robert.
- Lecoffre, C., Olie, V., Bejot, Y. et et al. (2017). L'accident vasculaire cérébral en France : patients hospitalisés pour AVC en 2014 et évolutions 2008-2014. *BULLETIN EPIDEMIOLOGIQUE HEBDOMADAIRE*, (5), 84-94.
- Marcotte, K., Adrover-Roig, D., Damien, B., d et al. (2012). Therapy-induced neuroplasticity in chronic aphasia. *Neuropsychologia*, 50(8), 1776-1786. Doi:10.1016/j.neuropsychologia.2012.04.001

Moritz-Gasser, S., Herbet, G., Maldonado, I. L. et al. (2012). Lexical access speed is significantly correlated with the return to professional activities after awake surgery for low-grade gliomas. *Springer US*, 107, 633-641. doi:10.1007/s11060-011-0789-9

National Aphasia Association. Aphasia Therapy Guide (2011).
<http://www.aphasia.org/aphasia-ressources/aphasia-therapy-guide>

Radford, L. et André, M. (2008). *Cerveau, Cognition et Mathématiques* (Rapport de recherche soumis au Ministère de l'éducation de l'Ontario. Le Passage à l'abstrait dans l'apprentissage des mathématiques. n° 2) (p. 35). Sudbury, Ontario : Université Laurentienne, Sudbury.

Salmi, L.-R. et Salamon, R. (2012). *Lecture critique et communication médicale scientifique : comment lire, présenter, rédiger et publier une étude clinique ou épidémiologique* (3e éd.). Elsevier-Masson.

Schnitzler, A. (2015). *Handicap dans les suites d'un accident vasculaire cérébral : étude de prévalence et impact des filières de soins*. Banque de données en santé publique. (Thèse de doctorat : Génomes Aux Organismes. Paris IV : Université de Versailles) (BDSP/IRDES)

Siegler, R. (1999). *Intelligences et développement de l'enfant: variations, évolution, modalités* (De Boeck Université, vol. 1). Paris, Bruxelles.

Thevenot, C. et Fayol, M. (2018). L'arithmétique cognitive : de la recherche aux interventions, *A.N.A.E.* 30(156), 513-660.

*Varley, R. A., Klessinger, N. J. C., Romanowski, C. A. J. et al. (2005). Agrammatic but numerate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(9), 3519-3524. doi:10.1073/pnas.0407470102

Watila, M. M. et Balarabe, S. A. (2015). Factors predicting post-stroke aphasia recovery.

Journal of the Neurological Sciences, 352(1), 12-18. doi:10.1016/j.jns.2015.03.020

9 ANNEXES

Annexe A : mots-clés et critères utilisés dans la recherche

Annexe B : synthèse des résultats de la recherche bibliographique

Annexe C : algorithmes des questions

Annexe D : grille de lecture

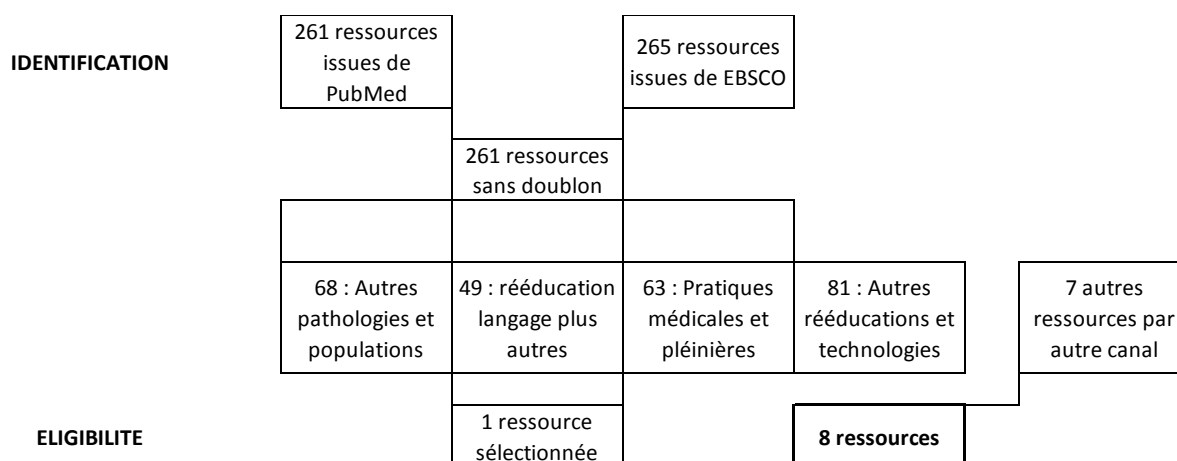
Annexe E : indicateurs de qualité

ANNEXE A : MOTS-CLES ET CRITERES UTILISES DANS LA RECHERCHE

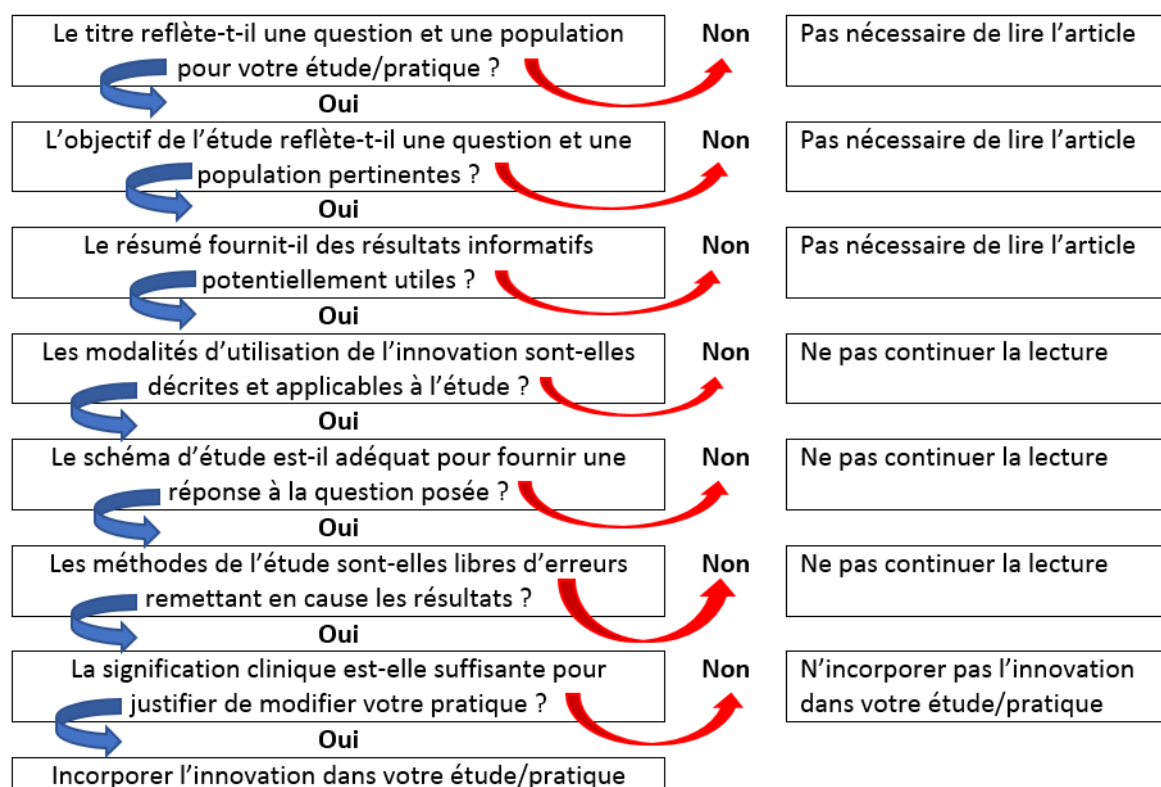
	Anglais	Français
Mots-clés	Mathematical rehabilitation ; speech language therapy ; stroke aphasia	Rééducation en mathématique ; rééducation orthophonique ; aphasie post AVC

Bases	NHI-PubMed	EBSCO
Critères de recherches	Mathematical Rehabilitation in stroke aphasia	Mathematical Rehabilitation AND Speech Language Therapy AND Stroke Aphasia
Sélections		SubjectEDS : Cognitive Psychology Speech Disorders Neuroplasticity Speech Therapy Rehabilitation Language Disorders Stroke Aphasia
Résultats	261	265

ANNEXE B : SYNTHÈSE DES RESULTATS DE LA RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE



ANNEXE C : ALGORITHMES DES QUESTIONS



ANNEXE D : GRILLE DE LECTURE

GRILLE GÉNÉRIQUE DE LECTURE CRITIQUE ARTICLE

REFERENCES
Auteurs :
Titre :
Revue :
Année :
Volume (n°) :
Pages :
RESUME
Objectif et Justification :
Schéma d'étude ; groupes comparés :
Population étudiée et nombre de sujets :
Conduite de l'étude :
Principaux résultats :
Conclusion :

ANNEXE E : INDICATEURS DE QUALITE DES ETUDE

Auteurs	Descriptions participants	Appariement participants	Lignes de Base	Tests normés
Amalric, M. et Dehaene S. (2016)	+	+	na	+
Benn, et al., (2013)	+	+		+
Byrne, C. et Varley, R. (2011)	+	+	+	+
Cahana-Amitay, D., et al., (2014)	+	na	na	+
Faiz, A. (2016)	+	na	na	+
Kleim, J.A., et Jones, T.A. (2008)	+	+	+	+
Klessinger, N., et al., (2007)	+	+	+	+
Varley, R., et al., (2005)	+	+	+	na

**Perspectives on language rehabilitation through mathematical cognition in adult aphasic post-stroke patients :
a literature review / Summary-Abstract**

This literature review focuses on language rehabilitation through mathematical cognition in adult aphasic post-stroke patients in Speech-Language Therapy.

In recent years, multidisciplinary therapies for aphasic patients have evolved, including through innovative technologies to improve understanding of the impact of neurological and cognitive damage following stroke. The development of special care units has also help greatly. Scientists are more precisely analysing the neural links between language and mathematical skills. A growing interest in early multidisciplinary assessments of post-stroke impairments and residual skills increases the prospects for aphasia rehabilitation. While the therapeutic lines in speech therapy essentially focus on the improvement of language and communication, the question is to consider that other preserved non-linguistic skills can contribute to a positive evolution of language impairments. Higher cognitive functions, such as language and mathematics, are in constant interaction for the execution of complex tasks, requiring the implementation of several neural functions. A report of current knowledge and available tools provides answers, in complying with current recommendations for the assessment and management of aphasic stroke patients. Evidence from neuroscience and neurosurgery suggests new speech and language therapeutic prospects.

Key words :

mathematical rehabilitation ; speech language therapy ; stroke aphasia

**Perspectives de rééducation du langage d'adultes aphasiques cérébrolésés
post AVC par la cognition mathématique : revue de littérature**

Présenté et soutenu par Sophie PODETTI

Résumé en français

Cette revue de littérature s'intéresse à la rééducation du langage par la cognition mathématique auprès de patients adultes aphasiques post AVC, en orthophonie.

Ces dernières années, les thérapies pluridisciplinaires des patients aphasiques évoluent, notamment grâce aux technologies récentes permettant de mieux comprendre l'impact des lésions neurologiques et cognitives post-AVC. Le développement des unités de soins spécialisées y contribue également. Les scientifiques analysent plus précisément les liens cérébraux entre les capacités langagières et les aptitudes mathématiques. Un intérêt croissant pour des évaluations pluridisciplinaires précoces des déficits séquellaires à l'accident vasculaire cérébral et des compétences résiduelles augmente les perspectives de rééducation de l'aphasie. Quand les axes thérapeutiques en orthophonie sont essentiellement l'amélioration du langage et de la communication, la question est de considérer que d'autres compétences préservées non linguistiques peuvent contribuer à une évolution favorable des déficiences langagières. Les fonctions cognitives supérieures, que sont le langage et les mathématiques, seraient en constante interaction pour l'exécution de tâches dites complexes, nécessitant la mise en œuvre de plusieurs fonctions cérébrales. Un exposé des connaissances actuelles et des outils disponibles apporte des éléments de réponse, respectant les recommandations en vigueur d'évaluation et de prise en charge des patients aphasiques post-AVC. Les données probantes issues de la neuroscience et neurochirurgie suggèrent des perspectives thérapeutiques orthophoniques nouvelles.

Mots clés :

Rééducation en mathématique ; rééducation orthophonique ; aphasie post AVC