

Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme d'État de Psychomotricienne

Effets des pathologies chez l'adulte et la personne âgée sur l'apprentissage procédural moteur :

Revue systématique de littérature et implications
pour la pratique en psychomotricité



Mémoire encadré par Élodie Martin et Jessica Tallet.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Élodie Martin', with a large, sweeping initial 'E'.A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Jessica Tallet', with a large, sweeping initial 'J'.

**« Pendant toute ta vie, vis et apprends
: vis pour apprendre ; apprends pour
vivre »**

Proverbe allemand

Et, il paraît que ça ne se fait pas, mais je tenais tout de même à remercier mon ordinateur de ne pas être tombé trop malade durant ces trois années d'étude. Promis tu auras quelques jours de vacances !

Ce mémoire est l'aboutissement d'un projet construit depuis quatre ans, qui je l'espère va ouvrir la porte sur une nouvelle vie professionnelle.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

..... 7

Chapitre 1 – APPRENTISSAGE ET MEMOIRE, FONDEMENTS THEORIQUES

..... 8

1. L'apprentissage 8

1.1. Définition

..... 8

1.2. Rôle de la génétique et de l'épigénétique

..... 9

1.3. Mesure de l'apprentissage : la performance

..... 10

1.4. Apprentissage moteur : massé ou distribué

.....	11
1.5. Apprentissage explicite et implicite	12
.....	12
1.5.1. Apprentissage explicite	12
.....	12
1.5.2. Apprentissage implicite	12
.....	12
1.5.3. L'apprentissage moteur implicite et explicite	13
.....	13
1.6. Apprentissage et psychomotricité	14
.....	14
2. Le système mnésique	15
2.1. Définition et étapes de mémorisation	15
.....	15
2.2. Trois modèles du système mnésique	16
.....	16
2.2.1. Modèle structuraliste (Squire)	16
.....	16
2.2.2. Modèle ACT d'Anderson	17
.....	17
2.2.3. Modèle MNESIS : caractère interactif de la mémoire humaine	19
.....	19
3. La notion d'apprentissage procédural	20
3.1. Différence entre apprentissage déclaratif et procédural	20
.....	20
3.1.1. Définition d'apprentissage déclaratif	20
.....	20
3.1.2. Définition d'apprentissage procédural	21
.....	21
3.2. Différents types d'apprentissages procéduraux et leurs paradigmes expérimentaux	21
.....	21
3.2.1. Les tâches perceptivo-verbales	22
.....	22
3.2.2. Les tâches cognitives	22
.....	22
3.2.3. Les tâches perceptivo-motrices	23
.....	23

3.2.3.1. <i>Acquisition d'une habileté visuomotrice (adaptation motrice)</i>	23
3.2.3.2. <i>Acquisition d'une séquence motrice</i>	24
3.3. Focus sur le protocole de SRTT	25
3.4. Les étapes de l'apprentissage procédural et structures neurologiques impliquées	27
3.4.1. Modèle issu de l'ACT	27
3.4.1.1. <i>Phase 1, Cognitive</i>	27
3.4.1.2. <i>Phase 2, Associative</i>	28
3.4.1.3. <i>Phase 3, Autonome</i>	28
3.4.2. Modèle issu de Doyon (centré sur l'apprentissage moteur)	29
3.4.2.1. <i>Les trois étapes de l'apprentissage procédural perceptivo-moteur</i>	29
3.4.2.2. <i>Structures neurologiques spécifiques</i>	30
3.5. Apprentissage procédural : développement typique au cours de la vie	31
4. Conclusion	33

Chapitre 2 – METHODOLOGIE D'UNE REVUE SYSTEMATIQUE DE LITTERATURE
..... 34

1. La Revue de Littérature	34
2. La Revue Systématique de Littérature	35
3. Focus sur : déterminer un questionnement avec PICO(S)	36
4. Focus sur la sélection des articles	36
5. Focus sur les critères d'attribution	38

Chapitre 3 – LA REVUE SYSTEMATIQUE DE LITTERATURE

.....	38
1. Protocole.....	39
1.1. Etape 1 : Identification des critères PICO(S)	39
.....	39
1.2. Etape 2 : le choix des moteurs de recherche.....	39
.....	39
1.3. Etape 3 : Equation de recherche	40
.....	40
1.3.1. Pubmed	
.....	40
1.3.2. ScienceDirect	
.....	41
1.3.3. Résultats des équations	
.....	41
1.4. Etape 4 : La sélection, les ajouts et le Flow Chart	42
.....	42
1.5. Etape 5 : Attribution des critères qualité	44
.....	44
2. Analyse générale des 73 articles sélectionnés	45
.....	45
2.1. Répartition chronologique et sources des articles	45
.....	45
2.2. Les pathologies traitées par les articles	46
.....	46
3. Analyse spécifique des articles : focus sur la Maladie d'Alzheimer (MA) et la Maladie de Parkinson (MP)	48
.....	48
3.1. Brève présentation des deux pathologies	48
.....	48
3.1.1. Maladie d'Alzheimer	
.....	48
3.1.2. Maladie de Parkinson	
.....	50
3.2. Présentation générale des articles sélectionnés	51
.....	51
3.3. Design des protocoles : matériel et séquence	51
.....	51

3.4. Comparaison générale des capacités d'apprentissage (MA/MP)	60
3.5. Capacités d'apprentissage procédural dans la Maladie d'Alzheimer	61
3.6. Capacités d'apprentissage procédural dans la Maladie de Parkinson	61
3.6.1. Capacités liées aux caractéristiques de la Maladie Parkinson	62
3.6.1.1. <i>Influence du traitement médical</i>	62
3.6.1.2. <i>Influence de la gravité des symptômes moteurs</i>	63
3.6.2. Capacités liées aux caractéristiques de la tâche	64
3.6.2.1. <i>Influence des conditions d'apprentissage : explicite et implicite</i>	64
3.6.2.2. <i>Influence des particularités de la séquence : taille de la séquence</i>	65
3.6.2.3. <i>Selon les particularités de la séquence : prévisibilité du stimulus</i>	66
3.6.2.4. <i>Influence d'une double tâche : automatisation de la séquence motrice</i>	66
3.6.3. Les limites de la SRTT selon certains auteurs	67
3.6.4. Bilan de l'apprentissage procédural dans la Maladie de Parkinson	68
3.6.5. L'apport des méta-analyses	69
4. Discussion	70
CONCLUSION	72
BIBLIOGRAPHIE	74

ANNEXES 83

ANNEXE 1 : 12 protocoles de revue de littérature
..... 84

ANNEXE 2 : Liste des 17 items PRISMA-P 2015
..... 86

ANNEXE 3 : MeSH, détail du mot « Learning » (Pubmed)
..... 87

ANNEXE 4 : Récapitulatif des articles ajoutés par les méta-analyses 88

ANNEXE 5 : Exemple des critères qualité utilisés par Wilson 89

ANNEXE 6 : Tableau détaillant la répartition des articles par pathologie et famille de pathologie
..... 90

ANNEXE 7 : Détail de la note qualité des articles sélectionnés
..... 91

RESUME 92

FIGURES

Figure 1 : Effet de la pratique sur une tâche motivée 10

Figure 2 : Taxonomie des systèmes de mémoire à long-terme et leurs structures cérébrales principales 16

Figure 3 : Structure du système de production du modèle ACT 18

Figure 4 : Le modèle MNESIS 19

Figure 5 : Principe du protocole de SRTT 25

Figure 6 : Evolution de la performance dans une tâche de SRTT 26

Figure 7 : Evolution de la performance (&) et variabilité inter-individuelle (b) pour 12 sujets. 27

Figure 8a, b, c : Structures cérébrales impliquées dans l'apprentissage procédural 28/29

Figure 9 : Les étapes d'apprentissage perceptivo-moteur de Doyon	29
Figure 10 : Structures neurologiques de l'apprentissage moteur	31
Figure 11 : Représentation schématique des modèles de développement de l'apprentissage procédural	32
Figure 12 : Typographie du système neuronal pour les difficultés d'apprentissage	33
Figure 13 : Protocole PRIMA-P, la sélection des articles	37
Figure 14 : Répartition des articles selon leur année de publication – 2973 articles	42
Figure 15 : PRISMA Flow-chart, processus d'identification des articles	43
Figure 16 : Critères qualité de notre Revue systématique de littérature.....	44
Figure 17 : Répartition des articles sélectionnés par année de publication et source	46
Figure 18 : Répartition des articles sélectionnés par pathologie	47
Figure 19 : Progression des symptômes de la Maladie d'Alzheimer.....	49
Figure 20 : Régions cérébrales impactées dans la Maladie de Parkinson	50
Figure 21a, b : Tableaux des principaux résultats des articles sélectionnés	52/57
Figure 22 : Visuel du protocole de Jackson (1995)	58
Figure 23 : Proposition d'un visuel du protocole de Helmuth (2000)	58
Figure 24 : Visuel du protocole de Dominey (1997)	59
Figure 25 : Visuel du protocole de Ghilardi (2003) et Van Tilborg (2010)	59

INTRODUCTION

Le décret de compétence du 6 mai 1988 relatif au métier de psychomotricien, stipule que « l'éducation » et la « rééducation » sont au centre des prises en charge. Ces deux termes renvoient à la notion d'apprentissage. Ainsi, le psychomotricien propose des situations d'apprentissage dont les finalités visent notamment l'amélioration d'un comportement moteur. Ainsi, les parents d'un bébé prématuré vont être accompagnés pour réussir à regrouper leur enfant dans leurs bras, un enfant avec un Trouble Développemental de la Coordination pourra apprendre à lacer ses chaussures, une adolescente anorexique pourra avec la relaxation apprendre à gérer son anxiété, ou encore une personne âgée suite à un syndrome post-chute pourra apprendre des techniques pour éviter la rechute et se relever du sol. On constate ainsi que le psychomotricien va chercher à transmettre des procédures qui ont pour objectif de développer des compétences de la vie quotidienne, y compris des compétences de communication (Zwart & al., 2019). Le but est d'améliorer l'autonomie et l'adaptation du patient dans son quotidien.

Comme nous venons de le voir, l'apprentissage de comportements moteurs (procédures) est au cœur de la rééducation psychomotrice. Il nous semblerait donc que connaître la capacité d'un patient à apprendre une habileté soit un pré requis à toute rééducation.

Cependant aujourd'hui, il n'existe que des protocoles de recherches, mais pas d'outil de mesure clinique étalonné, standardisé et normé. Ainsi, le point de départ de ce travail est de déterminer **quelle est la nécessité de construire un outil d'évaluation des compétences d'apprentissage procédural, et plus particulièrement de l'apprentissage procédural de tâches séquentielles ?** Cet outil aurait comme objectif d'évaluer les capacités d'apprentissage procédural de tâches séquentielles du patient et d'en évaluer l'évolution (amélioration ou dégradation de la compétence) pour adapter la prise en charge (durée des séances, fréquence de répétition de l'apprentissage, ...), mais également repérer s'il existe des spécificités pathologiques (aide au diagnostic, particularité de prise en charge, ...).

Avant de pouvoir construire cet outil, il est important de faire un état des lieux des recherches faites dans ce domaine. C'est ce que nous proposons dans ce mémoire : l'objectif est d'essayer de répondre à la question, **comment les pathologies chez les**

adultes et les personnes âgées influencent-elles l'apprentissage procédural de tâches séquentielles ? Le protocole retenu pour répondre à cette question est une revue systématique de littérature. De plus, dans l'optique de couvrir toute la vie d'un individu, un second mémoire qui se centre sur les pathologies de l'enfance a été réalisé par une autre étudiante, Ysia Clausses.

Ainsi, la première partie est consacrée à la présentation des fondements théoriques de l'apprentissage et de la mémoire procédurale, en se centrant sur le développement normal d'un individu. Puis, la deuxième partie présente le protocole d'une revue systématique de littérature. Et enfin, la troisième partie expose les résultats de cette revue systématique de littérature en focalisant plus particulièrement sur deux maladies neurodégénératives : la

Maladie de Parkinson et la Maladie d'Alzheimer.

Chapitre 1 – APPRENTISSAGE ET MEMOIRE, FONDEMENTS THEORIQUES

1. L'apprentissage

1.1. Définition

L'apprentissage est un processus biologique qui existe chez tous les êtres vivants. Même un organisme unicellulaire est capable d'apprentissage (Vogel & Dussoutour, 2016). Schmidt (1975) le définit comme étant un processus relativement durable qui aboutit à l'acquisition d'un savoir ou d'un savoir-faire suite à l'expérimentation du sujet. Ce changement neurologique n'est dû ni à la croissance, ni à la fatigue (Fleishman, 1967). L'apprentissage est constitué de trois éléments : une situation (milieu, contrainte, objets nécessaires à l'apprentissage), un problème et un contexte (variabilité de la situation) (Albaret & Soppelsa, 2015).

Si on regarde plus précisément, il existe différents objectifs d'apprentissage : « *académiques (lire, compter, écrire, rédiger, composer), moteurs (monter les escaliers, ouvrir une porte, faire du vélo, nager), portant sur le contrôle (se relaxer, gérer son*

stress, faire face), sociaux (savoir qui est sympathique et qui il est sage d'éviter, qui est heureux et qui a besoin d'aide), spatiaux (se déplacer, retrouver son chemin), par inhibition (traverser seul quand le feu est rouge et les voitures arrêtées, ne pas manger la nourriture des autres, ne pas dire à voix haute [tout ce qu'on pense]) » (Albaret & Soppelsa, 2015, p75). A propos de l'apprentissage moteur, Schmidt précisera que c'est « *un ensemble d'opérations associées à la pratique ou à l'expérience, qui conduisent à des changements relativement permanents des compétences pour la performance des habiletés motrices* » (Schmidt, 1993, p. 169).

1.2. Rôle de la génétique et de l'épigénétique

D'un point de vue terminologique, il est important de distinguer « apprentissage » et « maturation ». La maturation est définie par Gesell (1943) comme étant « *un processus morphogénèse – construction et tissage constant d'une infinité de structures et sousstructures, assujetties aux mécanismes de la physiologie du développement* » (traduction française de 2003, p.34). C'est un processus inné qui est le résultat des programmes génétiques eux-mêmes. La maturation s'associe à « *l'héritage social culturel par un processus d'acculturation (acquisition de la culture)* » (Gesell, 1943, traduction française de 2003, p.38).

La maturation suit donc le principe des lois de développement déterminé par l'expression des gènes. Par exemple, un nouveau-né a son axe qui est hypotonique, puis avec la maturation, notamment cérébrale, il va devenir de plus en plus tonique (maintien de la tête vers 2 mois). Le développement de ce tonus suit la loi de développement céphalo-caudale, c'est-à-dire que le tonus va être plus élevé d'abord au niveau de la tête, puis va s'étendre vers le coccyx. Ces lois de développement peuvent suivre une continuité (changement quantitatif comme la croissance staturopondérale) ou au contraire une discontinuité (changement qualitatif comme les stades du développement infantile de Piaget). Lors d'un apprentissage, il est important de veiller à ce que le niveau de maturité soit suffisant pour une acquisition optimale. Ainsi, l'apprentissage de la propreté chez un enfant, implique une maturité physiologique suffisante pour pouvoir contrôler ses sphincters. Gesell (1943) a illustré cela avec l'étude d'un couple de jumelles monozygotes qui vont logiquement avoir leurs stades de maturité presque simultanément. L'une des jumelles va subir un entraînement intensif sur différentes tâches : monter les escaliers, faire des constructions à partir de

cubes, développer son vocabulaire, ou encore utiliser des coordinations manuelles. Le résultat est que lorsque la jumelle contrôle est arrivée au niveau de maturité requis, elle « *est arrivée au même degré d'adresse* » (Gesell, 1943, traduction française de 2003, p.40). En conséquent, la maturité va donc influencer nos capacités et vitesses d'apprentissage.

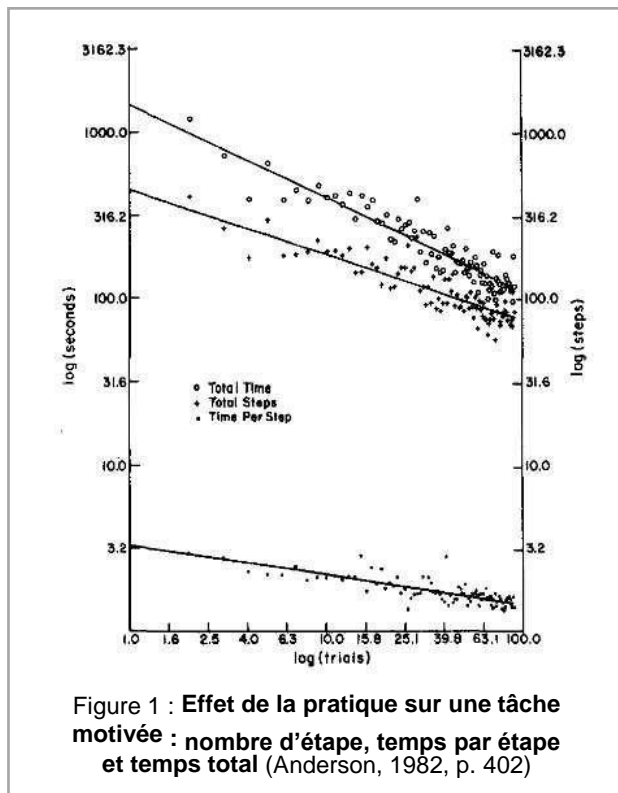
Cependant, on sait aujourd'hui que l'expression des gènes est également influencée par l'environnement. Il s'agit de l'étude de l'épigénétique. Alors que la génétique s'intéresse à l'étude des gènes, l'épigénétique va chercher à comprendre comment l'environnement va impacter et interagir avec l'expression de certains gènes, en dehors des changements liés aux mutations génétiques lors des divisions cellulaires. C'est l'épigénétique qui va expliquer en partie pourquoi certains jumeaux monozygotes vont, malgré un patrimoine génétique identique, être différents (Bourc'his, 2015). En conséquent, l'expression de certains gènes vont dépendre de l'environnement. Par exemple, si on impose à des chatons jusqu'à 3/4 mois (période critique) un environnement visuel constitué uniquement de lignes horizontales noires et blanches, au moment où ils seront confrontés à des lignes verticales, ils seront comme aveugles (Wiesel & Hubel, 1963).

Les différences inter-individuelles dans les capacités d'apprentissage peuvent donc être expliquées par des facteurs génétiques et épigénétiques en lien avec la maturation. D'autres facteurs influencent les capacités d'apprentissage, comme les facteurs pathologiques. Ceux-ci sont encore aujourd'hui mal connus. Voilà pourquoi ce mémoire s'y intéresse plus particulièrement.

1.3. Mesure de l'apprentissage : la performance

L'apprentissage se traduit donc par un changement. C'est la performance qui permet de le mesurer. Il s'agit du produit d'une tâche, d'une action ou d'un travail qui peut utiliser des unités de vitesse, de précision ou encore de fluidité. Plusieurs facteurs peuvent l'influencer : la motivation, les aptitudes motrices, sensorielles et cognitives (intention, attention, mémoire, métacognition, image motrice, ...) et les opportunités d'expérimentation (pratique répétée de la tâche, les modèles disponibles) (Cahill, McGaugh & Weinberger, 2001).

Lors de l'apprentissage, tous les changements ne peuvent s'actualiser immédiatement. On retrouve cela surtout pour les apprentissages par imitation. Par exemple, un enfant va débiter son apprentissage du langage verbal dès qu'il commence à entendre, et cela même si sa maturation physiologique et anatomique ne



lui permettent pas de réellement prononcer les mots (Jusczyk & Aslin, 1995).

L'apprentissage a pour objectif d'améliorer la performance ciblée : plus une tâche se répète, plus la performance doit s'améliorer (diminution du temps de réponse et du nombre d'erreurs). Par exemple la figure 1 montre les courbes

moyennes d'apprentissage de trois individus face à des problèmes logarithmiques. On constate que le temps de

réponse diminue au fur et à mesure des essais. Ainsi après environ dix heures de pratique, le

temps moyen est passé de 25 minutes (pour le premier bloc d'exercices) à 2 minutes (Anderson, 1982). La répétition a donc permis une amélioration de la performance au cours du temps.

1.4. Apprentissage moteur : massé ou distribué

Comme nous l'avons vu précédemment, pour apprendre une nouvelle connaissance il faut répéter la nouvelle future connaissance. Mais plusieurs facteurs influencent la qualité d'apprentissage : le nombre de répétitions de la tâche, le type de feedback, le moment du feedback, la durée de l'apprentissage, ... (Kwon & al., 2015).

Par exemple la fatigue a un effet péjoratif sur les performances de l'apprentissage. Il est donc primordial de savoir comment alterner les périodes de pratiques et de repos pour optimiser cet apprentissage. On dénombre deux types d'alternance. D'abord l'apprentissage massé où l'apprenant consacre une très longue durée à la répétition de

la tâche (apprendre pendant 2 heures d'affilées). Puis l'apprentissage distribué où l'apprenant alterne de courtes phases d'apprentissage et des phases de repos (quatre séances d'apprentissage de 15 minutes, entrecoupé de phases de repos de 20 minutes) (Schmidt & Wrisberg, 2008).

Plusieurs études ont montré que l'apprentissage distribué était à privilégier. Effectivement ces phases de repos sont considérées comme des phases de consolidation de la trace mnésique et donc d'apprentissage dit off-line. On parle alors « d'effet d'espacement » (*spacing effect*) qui peut se définir comme la supériorité des apprentissages par répétitions espacées plutôt que par répétitions qui s'enchainent (massées). Cet effet est présent à tout âge, de l'enfant jusqu'à la personne âgée (Balota, 1989).

Une étude récente a consisté à placer des sujets droitiers face à un écran où était affiché cinq chiffres (Bönstrup & al., 2019). Leur objectif était de les taper sur un clavier autant de fois que possible pendant dix secondes avec leur main gauche. Il y a eu 35 sessions d'apprentissage entrecoupées par des pauses de 10 secondes, soit un total de 12 minutes d'expérience. La vitesse d'exécution a augmenté de manière exponentielle jusqu'au onzième essai, puis se stabilisait. Cependant, elle n'augmentait pas pendant la réalisation de la tâche, mais s'améliorait après chaque phase de repos. Cela illustre le fait que la consolidation de l'apprentissage se fait dès quelques secondes de repos. Ces résultats ont été confirmés par l'imagerie cérébrale qui a montré une activité cérébrale plus élevée pendant les périodes de pauses, dans les zones responsables de l'apprentissage moteur.

Une autre étude a eu pour objectif de comparer, chez des sujets en bonne santé, les effets de l'apprentissage massé et distribué sur le temps de réponse et la précision de la réponse (nombre d'erreurs) lors d'une tâche de Serial Reaction Time Task (SRTT, voir point 3.3 de ce chapitre pour le détail du protocole) (Kwon & al., 2015). Chacun des sujets a réalisé trois sessions d'apprentissage, mais le groupe 1 avait droit à dix minutes de pause entre chaque session (apprentissage massé), alors que le groupe 2 avait droit à 12 heures de repos, sommeil inclus (apprentissage distribué). Chaque session comprenait 4 blocs de 72 essais, soit un total de 864 essais. Les résultats ont montré que les deux groupes ont amélioré leurs performances sur les deux mesures.

Cependant s'il n'y avait pas de différences significatives au niveau du temps de réponse, les sujets du groupe 2 (apprentissage distribué) ont été plus précis (moins d'erreurs) dans leurs réponses que le groupe 1 (apprentissage massé).

En conséquent, il semble important pour le psychomotricien d'organiser ses séances en alternant des phases d'apprentissage et des phases de pause. Mais est-ce que l'impact des pauses peut varier en fonction de la pathologie du patient : faut-il augmenter ou diminuer la fréquence et/ou la durée des pauses ? Ces critères sont à prendre en compte au moment de la conception d'un outil de mesure des capacités d'apprentissage.

1.5. Apprentissage explicite et implicite

L'apprentissage implicite repose sur « *l'intuition selon laquelle les structures qui orientent nos conduites les plus complexes n'ont jamais fait l'objet d'une prise de conscience explicite* »

(Perruchet, 1988, p.97). Ainsi, il existe deux types d'apprentissage qui se différencieraient selon leurs niveaux de connaissances concrètes : l'apprentissage explicite et l'apprentissage implicite.

1.5.1. Apprentissage explicite

Dans l'apprentissage explicite, l'instruction est exprimée et transmise clairement à l'apprenant. Ainsi, l'apprentissage explicite moteur peut être défini comme l'apprentissage qui génère la connaissance verbale de la performance du mouvement (par exemple, des faits et des règles). Il implique les étapes cognitives dans le processus d'apprentissage et dépend de l'implication de la mémoire de travail (Kleynen & al., 2015).

Cette forme d'apprentissage a un coût cognitif important, puisqu'il nécessite impérativement de l'attention et de l'effort de la part de l'apprenant (Musial, Pradère & Tricot, 2019). On peut donc dire que l'apprentissage explicite nécessite un traitement *top-down* dirigé vers l'objet d'apprentissage de la part de l'apprenant. L'apprentissage explicite dépend également d'autres facteurs individuels tels que l'âge, le QI et les habiletés verbales du sujet (Jongbloed-Pereboom & al., 2019). De plus, pour que cet apprentissage se passe dans les meilleures conditions, il faut définir un but qui doit avoir comme caractéristiques d'être précis, réaliste et choisi avec l'apprenant (Albaret & Soppelsa, 2015).

1.5.2. Apprentissage implicite

L'apprentissage implicite a été mis en exergue par Reber dès 1967 avec la grammaire artificielle de Miller. Ainsi, il le définit comme étant la « *manière dont on développe des connaissances intuitives sur la structure sous-jacente d'un environnement de stimulation complexe. Deux caractéristiques : processus nonconscient et qui produit des connaissances abstraites* » (Reber, 1967, p. 219, traduction). L'apprenant n'a pas connaissance du but ou du moyen de parvenir au but de l'apprentissage. Par exemple, un enfant de 14 mois apprend à marcher sans que le parent ait besoin de lui décrire explicitement le mécanisme.

Contrairement à l'apprentissage explicite, ici il s'agit d'un traitement *bottom-up*. L'apprenant est incité par des stimuli. Si on reprend l'exemple de la marche, ce sont les jouets éloignés et en hauteur, ou encore les bras accueillants mais éloignés des parents qui vont contribuer à l'apprentissage de la marche. Puis, il s'agit d'un apprentissage plus précoce que l'apprentissage explicite. Les différences de performance entre les enfants et les adultes sont plus liées à leurs compétences motrices qu'à leurs capacités d'apprentissage implicite. On retrouve des courbes d'apprentissage implicite similaires quelque-soit l'âge (JongbloedPereboom & al., 2019).

Enfin, c'est un apprentissage plus robuste dans le temps (Howard & Howard, 1992). Une fois que l'on sait faire du vélo, on arrive encore à en faire, même sans avoir pratiqué pendant 40 ans (hors pathologies particulières). Cependant, il est également rigide : l'adaptation à des situations un peu différentes, nécessite souvent un nouvel apprentissage.

Par exemple si l'on transforme un peu le vélo, en faisant en sorte que la roue se penche inversement au guidon, on ne sait plus faire de vélo.

1.5.3. L'apprentissage moteur implicite et explicite

Lors d'une grande enquête réalisée auprès de 40 experts internationaux, il n'est ressorti aucun consensus pour définir ces deux processus. Les tendances générales seraient que l'apprentissage moteur explicite se fait à l'aide d'instruction et divers types de retours d'informations (l'objectif de la tâche et/ou les étapes ou règles à suivre). Alors que l'apprentissage moteur implicite limite, voire évite, les instructions et le retour d'informations (Kleynen & al., 2015).

Pourtant, d'un point de vue expérimental, l'apprentissage explicite aboutit à une connaissance motrice (exemple : apprendre à écrire de nouvelles lettres) plus précise et plus rapide (Jongbloed-Pereboom & al., 2018). Mais on peut se demander si ces

différences de performance perdurent dans la durée ? Et quelles sont les performances en cas d'apprentissage mixte (implicite et explicite).

Effectivement, dans la réalité la distinction entre l'apprentissage implicite et explicite n'est pas si évidente que ça. D'ailleurs, pour Biotteau (2016), l'apprentissage de procédures motrices nécessiterait les deux processus qui se succéderaient, voire se chevaucheraient.

Ainsi, beaucoup d'apprentissages semblent être plutôt mixtes. Lorsqu'un enfant apprend à nager : il connaît le but de l'apprentissage et l'entourage donne même souvent des explications (tends tes jambes, lève les fesses, mets la tête dans l'eau, allonge tes bras et bats tes jambes). Mais ces consignes ne suffisent pas. C'est la répétition (essais-erreurs), qui souvent d'un seul coup va permettre l'acquisition. De la même manière, un enfant va apprendre les règles de politesse à la fois par imitation (apprentissage implicite par observation de ses parents), mais également de manière explicite lorsque les parents énumèrent les règles (à quel moment dire « *merci* » ou « *bonjour* »).

En rééducation, on rend parfois implicite l'objectif de l'apprentissage. Par exemple lorsqu'un psychomotricien prend en charge des personnes atteintes de la maladie de Parkinson dans l'optique de diminuer les chutes et améliorer la stabilité posturale, il peut mettre en place des séances en groupe de tai-chi-chuan (Martin, 2015). Ici, l'objectif de la prise en charge n'est pas nommé aux patients, l'objectif de travailler l'équilibre est donc implicite.

Cela montre que la distinction entre les procédés implicites et explicites est surtout théorique. Ils coexisteraient à des degrés différents selon le type de tâche apprise, les capacités de l'apprenant et le stade de l'apprentissage moteur (Kleynen & al., 2015).

1.6. Apprentissage et psychomotricité

Comme nous l'avons vu en introduction, l'apprentissage est au cœur du métier de psychomotricien. Il va par exemple pouvoir travailler les habiletés motrices, sociales ou cognitives. L'art du psychomotricien sera de réussir à adapter sa pédagogie au profil du patient (tempérament, histoire, pathologie, problématique, ...) pour faire apparaître, maintenir et généraliser le comportement souhaité.

Cet apprentissage peut se faire de façon plus implicite, notamment par l'utilisation du jeu (Désobeau, 2000). L'objectif sera alors que le patient ne se rende pas compte qu'il est en train de travailler et donc d'apprendre. Cela permet de maintenir de façon plus aisée la motivation du patient à s'impliquer dans les activités lors des séances. Winnicott ira même jusqu'à dire que « *là où le jeu n'est pas possible, le travail du thérapeute vise à amener le patient d'un état où il n'est pas capable de jouer à un état où il est capable de le faire* » (Winnicott, 1975, p. 11), c'est-à-dire amener le patient à un état d'apprenant. Il existe une infinité de médiations possibles pour l'apprentissage implicite. Par exemple pour la personne âgée on peut y retrouver le Tai-chi (équilibre), la broderie (coordination bimanuelle), la lecture du journal (se situer dans le temps), le jardinage (planification), ... Mais attention, il ne s'agit pas de simple animation. Il y a bien derrière tout ça un objectif thérapeutique et non occupationnel. Ces prises en charge doivent certes être réfléchies selon les centres d'intérêt du patient, mais surtout selon un axe de prise en charge. D'ailleurs, le psychomotricien devra veiller à ce que ces apprentissages se généralisent et se transfèrent dans le quotidien du patient.

Voilà pourquoi parfois le psychomotricien va utiliser des apprentissages plus explicites, avec l'utilisation du langage et de la démonstration pas à pas. Ils nécessitent plus d'efforts et de volonté de la part du patient. Ceux-ci seront souvent plus spécifiques. Ainsi, on va déterminer dès le départ un objectif précis, comme boutonner sa chemise, se déplacer de sa chambre jusqu'au réfectoire sans se perdre (en EHPAD) ou encore réussir à se relever après une chute (en réapprenant les étapes motrices allant du décubitus dorsal à la position debout qui s'appuient sur les Niveaux d'Evolution Motrices – NEM). Ces dernières années plusieurs outils, comme la CO-OP (Polatajko & al., 2001), se sont développés en ce sens. D'ailleurs pour certains troubles, comme le Trouble Développementale de la Coordination (TDC), qui ont du mal à généraliser, il est recommandé d'utiliser des méthodes centrées sur des habiletés spécifiques (Pless & Carlsson, 2000) et plus particulièrement sur l'apprentissage d'une activité et non d'une fonction (Albaret & al., 2015).

Le psychomotricien se doit donc d'être un bon pédagogue, capable de s'adapter à chaque situation, pour que le patient puisse apprendre et s'adapter au mieux à son environnement.

2. Le système mnésique

Pour réussir à apprendre, il faut être capable de mettre en mémoire, et pour mettre en mémoire il faut être capable d'apprendre. La mémoire, ou plutôt les mémoires sont des systèmes qui permettent le processus d'apprentissage. On ne peut donc pas parler d'apprentissage sans se pencher sur la mémoire.

2.1. Définition et étapes de mémorisation

La mémoire correspond à l'interaction entre trois mécanismes qui sont régis par des règles opérationnelles : acquisition, rétention et récupération (Sherry & Schacter, 1987). Ainsi on dénombre trois étapes successives pour la mémorisation (Robertson & Cohen, 2006) :

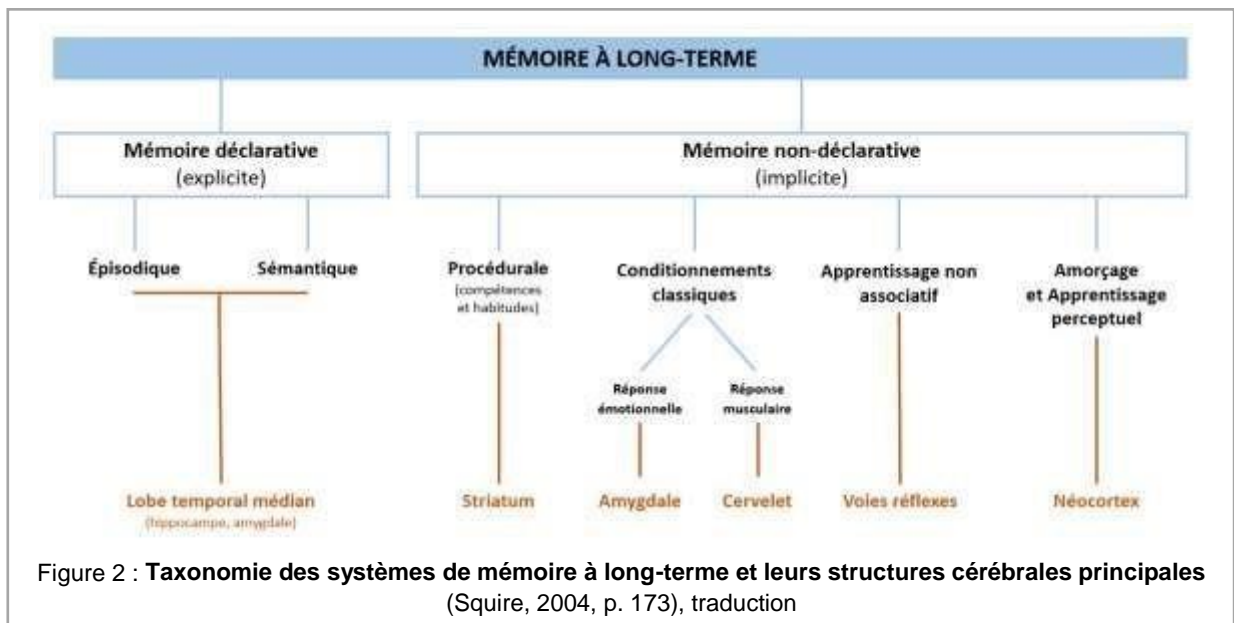
- ↳ **L'encodage** : il s'agit de l'acquisition de nouvelles informations lors d'une pratique répétée. Cet enregistrement peut se faire de manière explicite impliquant de l'effort et de l'attention. Ou au contraire de manière implicite (sans intention d'apprendre), en s'appuyant sur des processus automatiques qui ne nécessitent pas d'attention particulière (Hyde & Jenkins, 1973).
- ↳ **Le stockage / la consolidation** : suite à une période de rétention (correspond à une période de repos où l'apprenant ne réalise pas la tâche), l'apprenant est capable de restituer l'information apprise sans modèle perceptif (Tallet 2008). Cela aboutit à la création d'une trace mnésique qui reste fragile. Celle-ci va se consolider pendant cette période de latence, pour devenir plus stable (Dudai, Karni & Born, 2015). Mais, cette trace mnésique, même consolidée, n'est pas immuable. C'est la qualité de ce processus de consolidation qui va entraîner soit un oubli (faible consolidation), soit au contraire un renforcement du comportement appris se traduisant par un gain de performance des heures après la fin de la pratique (Doyon, Albouy, Vahdat & King, 2015). Ce sont les phases de rappel de l'information qui vont permettre une solidification de cette trace mnésique dans le temps.
- ↳ **La récupération** : elle est caractérisée par la réutilisation de l'information mise en mémoire face au stimulus correspondant. Cette récupération peut se faire via un contexte identique à la phase d'encodage (tests de rappel) ou au contraire un contexte différent (tests de transfert). Ce rappel mnésique peut se faire de manière explicite/déclarative (volontaire et verbalisable) ou

implicite/nondéclarative (non volontaire et non verbalisable) (Graf & Schacter, 1985).

2.2. Trois modèles du système mnésique

2.2.1. Modèle structuraliste (Squire)

Squire et ses collaborateurs vont construire un modèle qui détaille le fonctionnement mnésique en fonction de la structure cérébrale impliquée (Squire, 1993). Ainsi pour la mémoire à long terme, ils vont distinguer deux systèmes : la mémoire déclarative (explicite) et la mémoire non déclarative (implicite). Et comme on peut le voir sur la figure 2, eux-mêmes sont divisés en sous-systèmes. Ils vont déterminer les différentes structures impliquées via les paradigmes de double dissociations fonctionnelles (Squire, 2004).



Les mémoires déclaratives et non-déclaratives se distinguent par le niveau de conscientisation de la récupération de la connaissance. Ainsi, on peut récapituler les caractéristiques de ces deux systèmes de la façon suivante :

	Mémoire déclarative	Mémoire Nondéclarative
Connaissance répond à la question (Mayor-Dubois, Maeder, Zesiger, & Roulet-Perez, 2010)	Savoir quoi ?	Savoir comment ?

Récupération de la connaissance (Cohen & Squire, 1980)	Explicite	Implicite
Verbalisation de la connaissance (Cohen & Squire, 1980 ; Song, Howard, & Howard, 2008)	Facilement verbalisable	Difficilement verbalisable
Caractéristiques du système (Squire, 2004)	Système flexible	Aptitudes hétérogènes

Dans ce modèle, la mémoire procédurale fait partie de la mémoire nondéclarative. Elle est définie comme un système de performance directe qui permet d'accomplir de manière automatique des activités motrices, verbales ou cognitives (Hirsh, 1974). Ainsi, il s'agit d'un « *savoir-faire* » dont les traces mnésiques se situent au niveau du striatum (Squire, 2004).

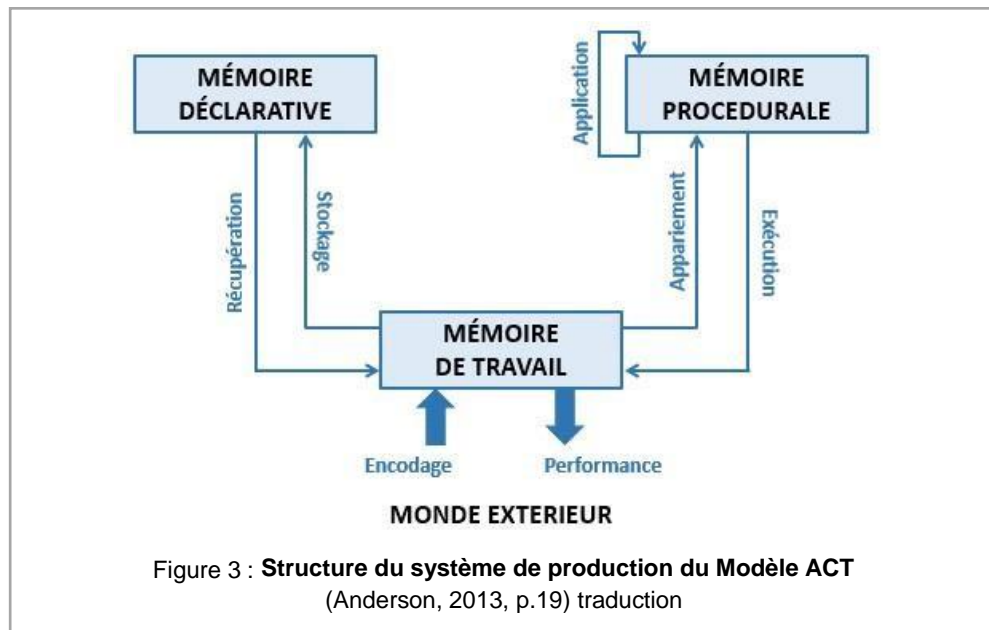
Squire nous présente ici un modèle structuraliste du système mnésique. L'intérêt est de pouvoir mettre en exergue les différents sous-systèmes mnésiques existants, selon les diverses zones cérébrales activées. Cela permet de mieux expliquer les symptômes des différentes pathologies. Cependant il n'explique ni le fonctionnement, ni les interactions de ces différents sous-systèmes.

2.2.2. Modèle ACT d'Anderson

Anderson (1987) va proposer un modèle mnésique qui va traduire le fonctionnement du traitement de l'information : le modèle « *Adaptive Control of Thought* » (ACT). Ainsi, on va suivre le chemin de la connaissance à partir de l'encodage, jusqu'à la récupération qui se traduit par la performance. Pour Anderson, la mémoire est composée de trois systèmes schématisés dans la figure 3 (Anderson, 2013) : la mémoire de travail, la mémoire déclarative et la mémoire procédurale (les deux derniers systèmes forment la mémoire à long terme).

D'abord, la mémoire de travail correspond à la partie exécutive, une sorte d'administrateur central des systèmes mnésiques. Il s'agit de la structure centrale des raisonnements et des décisions humaines. Elle contient les informations issues du monde extérieur présent (l'environnement), ainsi que les connaissances nécessaires au traitement de ces informations (connaissances sélectionnées dans la mémoire à long terme). Il s'agit donc du lieu de traitement des informations qui permettent de produire un raisonnement (résolution de problème).

Ensuite, la mémoire à long terme est composée de deux systèmes : la mémoire déclarative et la mémoire procédurale. Pour Anderson, la mémoire déclarative contient des informations factuelles ou conceptuelles qui sont organisées sous la forme de réseau sémantique. Tandis que, la mémoire procédurale contient des savoir-faire encodés sous forme de règles de production.



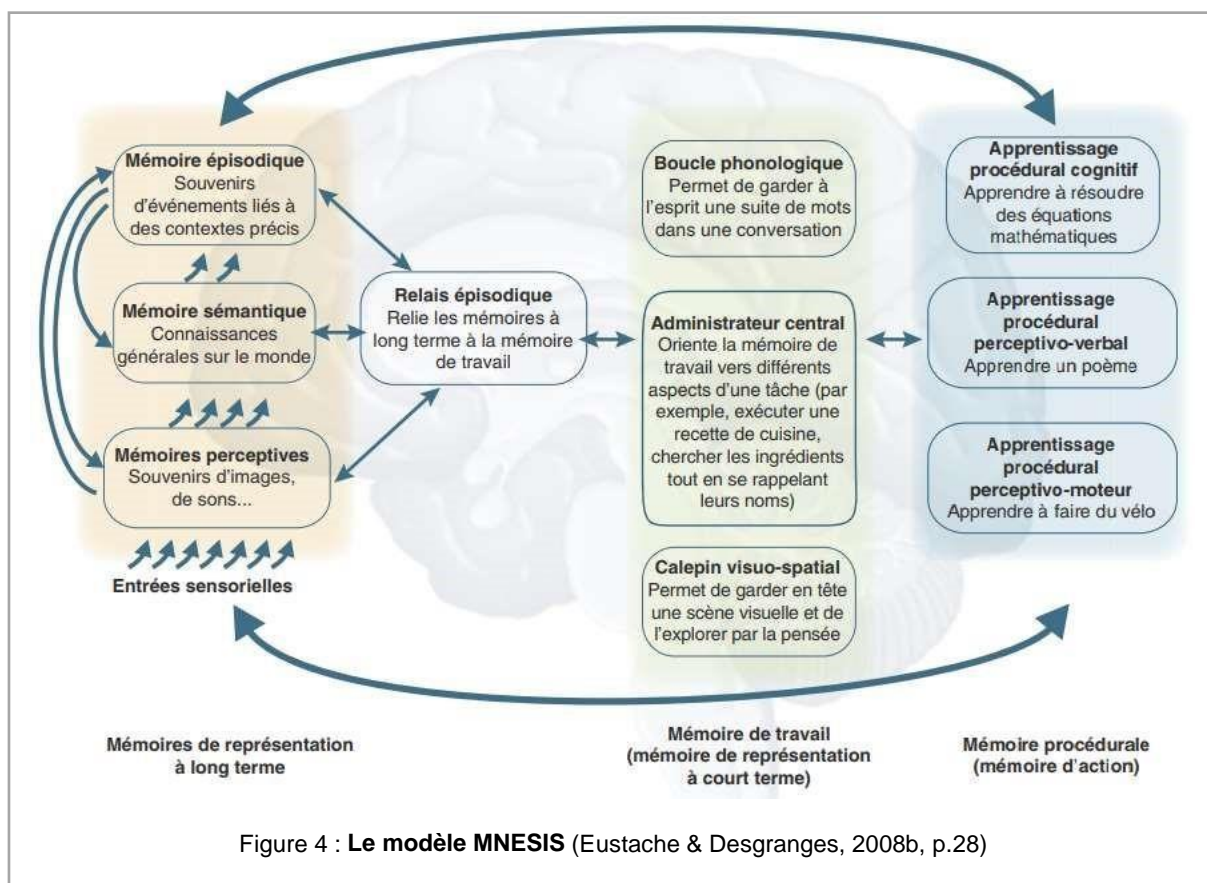
Ces trois systèmes sont reliés entre eux par quatre processus dits fondamentaux : le stockage (permet la mémorisation à long terme de la mémoire de travail), la récupération (permet le rapatriement des informations stockées dans la mémoire déclarative vers la mémoire de travail), l'appariement (appelé aussi *matching*, permet de comparer le contenu de la mémoire de travail avec les informations stockées dans la mémoire procédurale) et l'exécution (permet de transférer les informations contenues dans la mémoire procédurale vers la mémoire de travail quand l'appariement est réussi).

Ainsi, l'information prélevée dans l'environnement et encodée dans la mémoire de travail, va activer les réseaux de connaissances de la mémoire déclarative qui seront transférés dans la mémoire de travail. L'information de l'environnement et les connaissances activées vont se combiner pour constituer une représentation mentale de l'environnement. Cette représentation sera appariée avec les règles de production contenues dans la mémoire procédurale. Cela va aboutir à l'application de ces règles pour produire une performance.

En conséquent, Anderson va essentiellement s'intéresser au fonctionnement de la mémoire dans le quotidien des individus. La mémoire de travail y est centrale et sert d'interface entre ce que l'individu a dans sa mémoire à long terme et l'environnement. Cependant, on ne sait pas comment fonctionne les mémoires déclarative et procédurale sur le long terme.

2.2.3. Modèle MNESIS : caractère interactif de la mémoire humaine

Eustache et Desgranges (2008a), avec le Modèle NéoStructural InterSystémique de la mémoire humaine (MNESIS), vont mettre en avant les interactions des différentes mémoires. Comme illustré sur la figure 4, ce modèle compte trois blocs de mémoire en interaction : mémoire de représentation à long terme, mémoire de travail et mémoire procédurale.



1- D'abord le bloc « Mémoires de représentations à long terme » regroupe les mémoires perceptive, sémantique et épisodique. Il s'inspire de l'organisation de Tulving (2002) avec l'aspect encodage sériel : une perception visuelle (mémoire perceptive) va prendre un sens verbal (mémoire sémantique) pour ensuite parfois s'intégrer dans un

espace-temps et spatial (mémoire épisodique). Le MNESIS ajoute des interactions supplémentaires. Par exemple l'interaction de la mémoire épisodique vers la mémoire perceptive traduit la reviviscence d'un souvenir qui se fait notamment lors du sommeil.

2- Ensuite le bloc mémoire de travail qui suit la définition de Baddeley (1992).

Elle est composée d'un administrateur central qui oriente l'attention l'information et deux systèmes satellites qui permettent de maintenir cette information à la conscience : la boucle phonologique (information verbale) et le calepin visuospatial (images mentales). Il s'agit d'une mémoire à court terme qui permet le maintien et la manipulation temporaire de différentes informations.

3- Enfin le bloc mémoire procédurale (mémoire de l'action) qui peut bénéficier de trois entrées possibles : apprentissage procédural cognitif, apprentissage procédural perceptivo-verbal et apprentissage procédural perceptivo-moteur. L'interaction de la mémoire procédurale avec les deux autres blocs permet d'expliquer l'implication de la mémoire épisodique (se souvenir de ce que l'on a fait pour réussir) et la mémoire de travail (trouver la meilleure solution) dans les apprentissages procéduraux.

La mémoire est donc un système qui comprend l'encodage, le stockage et la récupération des informations apprises (Atkinson & Shiffrin, 1968). L'apprentissage est quant à lui un processus qui va alimenter ce système en créant, modifiant et consolidant la trace mnésique (circuits neuronaux). Ainsi, l'objectif du psychomotricien est de jouer sur cette trace mnésique en utilisant différentes formes d'apprentissage. Voilà pourquoi il est primordial de bien comprendre comment fonctionne le système mnésique humain, et surtout de connaître les spécificités de son patient en lien avec sa pathologie et son fonctionnement individuel.

3. La notion d'apprentissage procédural

Comme nous l'avons vu précédemment, l'objectif principal du psychomotricien est de faire apprendre son patient. Mais quel type d'apprentissage l'intéresse vraiment ?

Effectivement, Cohen et Squire (1980) en distinguent deux types : l'apprentissage déclaratif (encode pour la mémoire déclarative) et l'apprentissage procédural (encode pour la mémoire non-déclarative).

3.1. Différence entre apprentissage déclaratif et procédural

3.1.1. Définition d'apprentissage déclaratif

L'apprentissage déclaratif s'appuie sur le langage et se traduit par « *savoir que* ... ». Il comprend deux catégories. D'un côté, on a l'aspect sémantique avec notamment les apprentissages scolaires : savoir qu' « *un cercle est l'ensemble des points équidistants d'un point donné* » (Fischer, 1998, p.99). Il s'agit d'un apprentissage fragile qui nécessite la volonté du sujet et des rappels réguliers. Puis de l'autre côté, l'aspect épisodique où on retrouve essentiellement l'histoire de l'individu : savoir que j'ai regardé la finale de la coupe du monde de football masculine 1998 avec deux amis. Il s'agit d'un apprentissage également fragile où les événements entrent en compétition entre eux. Ainsi on se souviendra peu de temps de ce que l'on a mangé au petit-déjeuner, à moins que celui-ci soit associé à un événement saillant/exceptionnel, comme son petit-déjeuner dans un palace le lendemain de son mariage.

3.1.2. Définition d'apprentissage procédural

L'apprentissage procédural correspond à l'acquisition de nouvelles habiletés qui vont être encodées *in fine* dans la mémoire procédurale (Beaunieux & al., 2006). Il peut se traduire par le « *savoir-faire* », c'est-à-dire les habiletés. Par exemple, pour « *construire un cercle, il faut tourner le compas avec un bras fixé jusqu'à ce que l'autre bras soit revenu à son point de départ* » (Fischer, 1998, p.99).

Ainsi, il s'agit de la capacité à apprendre des relations entre différents événements qui se produisent dans un temps particulier et de façon séquentielle. La répétition va permettre de rendre la performance plus robuste et stable dans le temps (Meulemans & al., 1998). Mais cela entraîne également un manque de variabilité dans la réalisation de sa tâche. Par exemple, on parle d'invariants dans l'écriture, c'est-à-dire que « *quel que soit le support (papier, tableau noir, etc), l'outil scripteur (craie, stylo, etc.), la taille des lettres ou le membre employé pour écrire (main, pied, coude, etc.)* », le schéma général de la lettre garde toujours ses caractéristiques propres à l'individu (Albaret & al., 2013, p.6).

L'apprentissage peut être à la fois implicite et explicite. Ainsi, au départ, la consigne peut être donnée de façon explicite (apprentissage de la conduite) ou implicite (apprentissage de la marche). Cependant, l'apprentissage procédural est abouti quand la récupération se fait de façon implicite/automatique, c'est-à-dire que l'on ne peut pas décrire précisément cette procédure. D'ailleurs s'il l'on se met à réfléchir à comment faire l'action apprise, sa performance est moins harmonieuse et moins efficace (Hirsh, 1974).

3.2. Différents types d'apprentissages procéduraux et leurs paradigmes expérimentaux

À la vue des deux types d'apprentissage présentés précédemment, on peut donc dire que ce qui intéresse surtout le psychomotricien c'est l'apprentissage procédural. Il existe trois types d'apprentissages procéduraux : perceptivo-verbal, perceptivo-moteur et cognitif (Beaunieux & al., 1998). Pour chacun, il existe des paradigmes expérimentaux spécifiques, qui illustrent leurs spécificités.

3.2.1. Les tâches perceptivo-verbales

Les apprentissages perceptivo-verbaux correspondent aux tâches verbales qui sont liées à des perceptions essentiellement visuelles. Voici trois exemples de paradigmes expérimentaux pour évaluer l'apprentissage de tâches perceptivo-verbales :

Paradigmes (exemple)	Détail	Mesures
Tâche de lecture en miroir (Deweer & all, 1993)	L'objectif est de présenter des mots écrits de manière inversée, comme dans un miroir.	Vitesse de lecture
Tâche de discrimination visuelle (Karni & Sagi, 1991)	Localiser une cible sur un écran camouflé par des lignes de densités différentes, tout en fixant le centre de l'écran	Seuil de détection de la cible
Tâche d'énumération (Hauptmann & Karni, 2002)	Face à des pseudo-mots, dire si la lettre cible est répétée de façon impaire ou paire	Temps de réaction

A première vue cet apprentissage intéresse plus les orthophonistes. Cependant, si l'on reprend le modèle MNESIS (Eustache & Desgranges, 2008a), on voit que la boucle phonologique est l'un des piliers pour le bon fonctionnement de la mémoire de travail (Figure 4). D'ailleurs le psychomotricien va utiliser ses automatismes perceptivo-verbales pour évaluer d'autres compétences cognitives. Par exemple l'évaluation de l'attention sélective grâce à l'automatisation de la lecture avec le Test de Stroop (Albaret & Migliore, 1999), ou encore des capacités d'inhibition de réponses automatiques grâce à la connaissance des formes dans le subtest inhibition de la Nepsy II (Korkan & al., 2012). Ainsi les apprentissages perceptivo-verbales intéressent les psychomotriciens.

3.2.2. Les tâches cognitives

Il existe deux types de paradigmes d'apprentissage d'habiletés cognitives. D'abord les tâches probabilistes où le sujet apprend de manière implicite les règles du jeu, ce qui lui permet de prédire les événements à venir. Ensuite les tâches de type Tour de Londres/Toronto, où le sujet va apprendre une mécanique de résolution de problème (tâche cognitive de haut niveau).

Paradigmes (exemple)	Détail	Mesures
Catégorisation probabiliste (Knowlton & al., 1994)	Sujet doit prédire la carte qui va s'afficher parmi quatre possibilités.	Nombre de prédictions justes
Tour de Toronto (Beaunieux & al., 2012)	Plateau avec 3 tiges. Une pyramide de 4 disques est posée sur la tige de gauche. Le sujet doit déplacer les disques vers la tige de droite en suivant des règles (exemple : interdit de poser un disque sur un plus petit)	Nombre de mouvements, Vitesse de résolution de problème

Les habiletés cognitives permettent d'évaluer les capacités d'adaptation dans la société. D'ailleurs les habiletés sociales reposent en partie sur les capacités à prédire le comportement d'autrui. Cela va permettre d'adapter son comportement (à un contexte ou face à autrui) pour par exemple obtenir satisfaction à une demande. Ainsi, il est plus probable d'obtenir satisfaction à sa volonté si l'on demande avec empathie. Le psychomotricien travaille pour que son patient puisse adapter plus facilement sa communication (verbale et non verbale) à son environnement. Les habiletés cognitives du patient vont donc fortement influencer sa prise en charge.

3.2.3. Les tâches perceptivo-motrices

Les tâches perceptivo-motrices consistent à assimiler des mouvements physiques aux informations sensorielles reçues. Elles correspondent aux habiletés motrices avec un objectif non symbolique (sans signification) et sont spécifiques à un stimulus particulier (Rosenbaum & al., 2001). De plus, leurs caractéristiques se distinguent de celles des habiletés intellectuelles : les habiletés motrices sont plus primitives (se développent avant les habiletés intellectuelles) et plus spécifiques (par exemple on peut jouer aux échecs quelles que soient les taille et forme des pièces, alors que pour jouer au violon celui-ci doit avoir des dimensions particulières, avec une inclinaison de bras spécifique). Il existe deux types d'apprentissage perceptivo-moteurs : les acquisitions visuomotrices (adaptation motrice) et les apprentissages de séquences motrices (Doyon & al., 2009).

3.2.3.1. Acquisition d'une habileté visuomotrice (adaptation motrice)

L'acquisition d'une habileté visuomotrice correspond à l'apprentissage de réponses motrices en fonction d'un stimulus visuel. Il s'agit de l'adaptation motrice du sujet à son environnement. Les principaux paradigmes expérimentaux sont :

Paradigmes (exemple)	Détail	Mesures
Tâche de poursuite rotative (Soliveri & al., 1997)	Suivre avec un stylet sur une tablette une cible mouvante sur un écran, mais les mouvements moteurs ne correspondent pas à la représentation de la direction visualisé sur l'écran. Ainsi il faut apprendre une nouvelle relation visuo-mouvement.	Précision et vitesse de tracé
Tâche de tracé en miroir (Schérer & al., 2003)	Faire le dessin d'une étoile en suivant le modèle déjà tracé, mais le retour visuel se fait à travers un miroir	Précision et vitesse de tracé
Tâche d'adaptation visuomotrice avec lunettes prismatiques (Nemanich & al., 2015)	Sujet porte des lunettes qui inverse l'orientation de la scène (le haut devient le bas), et le sujet devait guider quelqu'un dans l'environnement	Précision et vitesse de guidage
Tâche d'adaptation dynamique dans un champ de force (Shadmehr & al., 2010)	Atteindre une cible sur l'ordinateur à l'aide d'un levier qui est dévié par une force extérieure	Longueur de la trajectoire et temps pour atteindre la cible

Les habiletés visuomotrices intéressent fortement le psychomotricien, par exemple lors de difficultés graphomotrices. On retrouve d'ailleurs l'évaluation de cette aptitude dans le subtest « Précision visuomotrice » de la Nepsy II (Korkan & al., 2012), Cependant, comme il n'y a pas de répétition de la tâche, on ne peut parler d'apprentissage dans ce subtest.

Cette notion est d'ailleurs très importante pour les personnes âgées. Effectivement leurs systèmes visuel et moteur se dégradent souvent avec le temps : baisse de l'acuité visuelle ou encore lenteur motrice. Par conséquent, leur vitesse d'adaptation est souvent moindre. Il semble donc important de travailler ce niveau d'adaptation, notamment pour la marche dans l'objectif de réduire le risque de chute.

3.2.3.2. Acquisition d'une séquence motrice

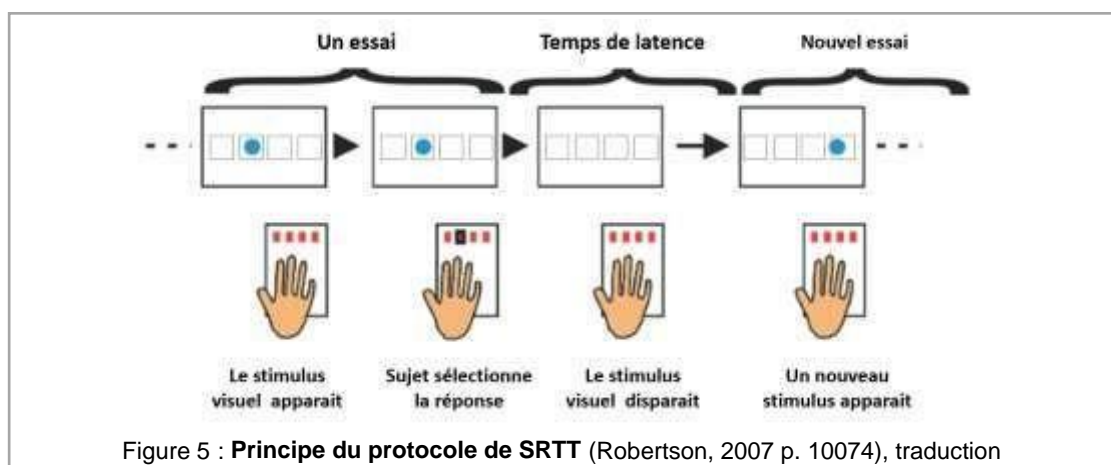
L'acquisition d'une séquence motrice correspond à la capacité d'apprendre une succession de mouvements et dont la répétition permet l'amélioration incrémentielle de la performance (Doyon & al, 2018). Il existe deux grands paradigmes expérimentaux pour évaluer cette compétence : les tâches de FOT (*Finger to thumb Opposition task*) et les tâches de SRTT (*Serial Reaction Time Task*). Le principe général de ces deux paradigmes est le même : faire faire au sujet des séquences de mouvements et regarder s'il arrive à les apprendre. Généralement le FOT mesure un apprentissage explicite (le sujet sait dès le départ que les séquences répétées sont identiques) et nécessite que les praxies idéomotrices digitales soient préservées chez le sujet évalué. Tandis que la SRTT mesure plus souvent un apprentissage implicite (le sujet ne sait pas que les séquences sont identiques) et nécessite la préservation des compétences visuo-spatiales.

Paradigmes (exemple)	Détail	Mesures
FOT (<i>Canavan & al., 1989</i>)	Répéter une séquence d'opposition de doigts : soit les doigts opposés avec le pouce (<i>finger-to-thumb</i>), soit les doigts avec un clavier (<i>finger tapping task</i>)	Vitesse de réalisation et nombre d'erreurs
SRTT (<i>Nissen & Bullemer, 1987</i>)	Appuyer sur une des quatre touches en fonction de l'emplacement des différents stimuli qui apparaissent sur l'écran	Vitesse de réalisation et nombre d'erreurs

Les capacités d'apprentissage de séquences motrices intéressent bien entendu le psychomotricien : marcher, faire du vélo, s'habiller, lacer ses chaussures, danser la salsa, tricoter, préparer son café, éplucher une pomme, ... sont quelques exemples parmi d'autres que l'on retrouve dans les objectifs de prise en charge. Voilà pourquoi dans ce mémoire nous allons nous intéresser plus particulièrement à l'apprentissage procédural séquentiel. De plus, comme l'optique final de ce travail est de voir s'il est pertinent de développer un outil clinique de mesure des capacités d'apprentissage procédural, il semble plus intéressant de se centrer sur le protocole de SRTT. Effectivement les mesures se font directement par l'ordinateur et nécessitent un investissement matériel moindre (écran + clavier). De plus l'aspect apprentissage implicite de cet outil paraît plus inédit dans la gamme de tests déjà proposés sur le marché.

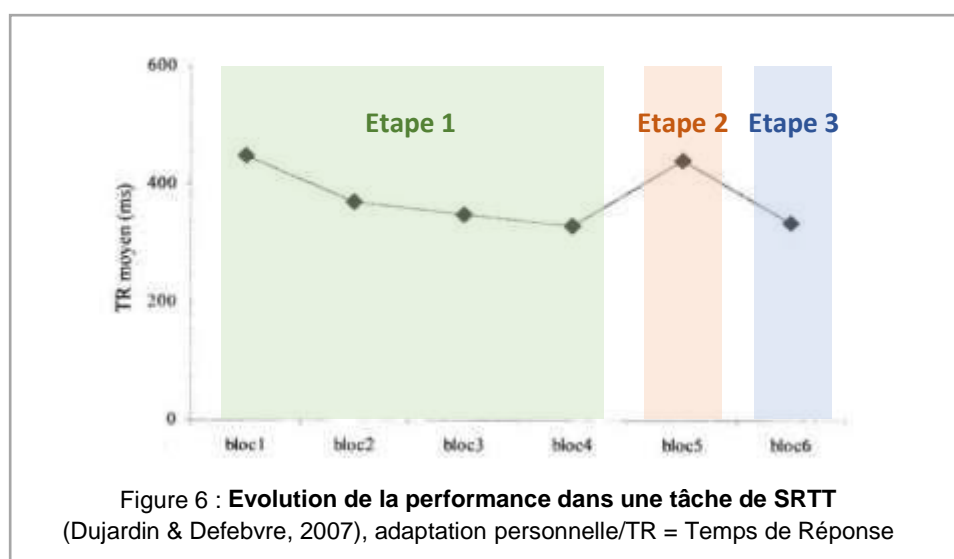
3.3. Focus sur le protocole de SRTT

Les bases du protocole de « Serial Reaction Time Task » (SRTT) ont été établies par Nissen et Bullemer dès 1987. Le dispositif consiste à asseoir le sujet devant un écran d'ordinateur avec quatre carrés alignés où vont apparaître les stimuli visuels. Puis il a accès à un clavier composé de quatre touches, chacune correspondant à un carré de l'écran (correspondance spatiale). Le sujet reçoit la consigne d'appuyer le plus rapidement possible sur la touche correspondant à la position du stimulus. La figure 5 illustre cette installation : au premier essai le stimulus apparaît dans le deuxième carré, le sujet appuie donc sur la deuxième touche, puis il attend l'apparition du stimulus suivant (temps de latence).



Au niveau de ce dispositif, il existe des variations possibles. Par exemple au niveau du choix des mains/doigts utilisés : doigts de la main dominante uniquement (ou au contraire non dominante) ou utilisation des deux mains (main gauche gère les deux touches de gauche et main droite les deux touches de droite). La détermination de la forme du stimulus utilisé n'est pas anodine : généralement il s'agit d'un carré plein, mais il peut également être sous la forme d'une flèche dont l'orientation de celle-ci aura un rôle de distracteur (Pedersen & al., 2009). Et bien entendu la longueur de la séquence à apprendre, le nombre de répétitions, et le temps de pause sont d'autres critères à fixer par l'expérimentateur.

Le protocole va ensuite avoir différentes étapes. Pour les comprendre, il faut d'abord savoir que l'association de X stimuli va former un bloc. Il existe deux types de bloc : le bloc aléatoire (les stimuli apparaissent dans un ordre totalement aléatoire) et le bloc de séquences répétées (le bloc est constitué de Z séquences de Y éléments chacun, qui vont se répéter). Généralement la succession des blocs se fait comme présenté sur la figure 6 (Dujardin & Defebvre, 2007) :



- ↳ **Etape 1 : quatre blocs avec la même séquence répétée** (figure 6 : en vert), où le temps de réponse et le nombre d'erreurs vont diminuer. Cette baisse traduit un apprentissage visuo-moteur (Van Tilborg & Hulstijn, 2010).
- ↳ **Etape 2 : un bloc aléatoire est introduit** (figure 6 : en rouge), on considère qu'il y a un apprentissage de séquence, et donc procédural si la performance à ce bloc est inférieure à celle des derniers blocs de l'étape 1.

↳ **Etape 3 : un bloc de séquences répétées** (figure 6 : en bleu), même séquence qu'à l'étape 1, on considère qu'il y a apprentissage si l'on retrouve ici une meilleure performance qu'à l'étape 2 et équivalente à celle des derniers blocs de l'étape 1.

Ici encore, les études vont avoir la possibilité de faire varier le protocole : le nombre de bloc à chaque étape, l'alternant de ces blocs (A-A-A-A-B-A, A-B-A-B-A, A-A-A-B-BB).

L'importance est de voir les spécificités de chaque étape.

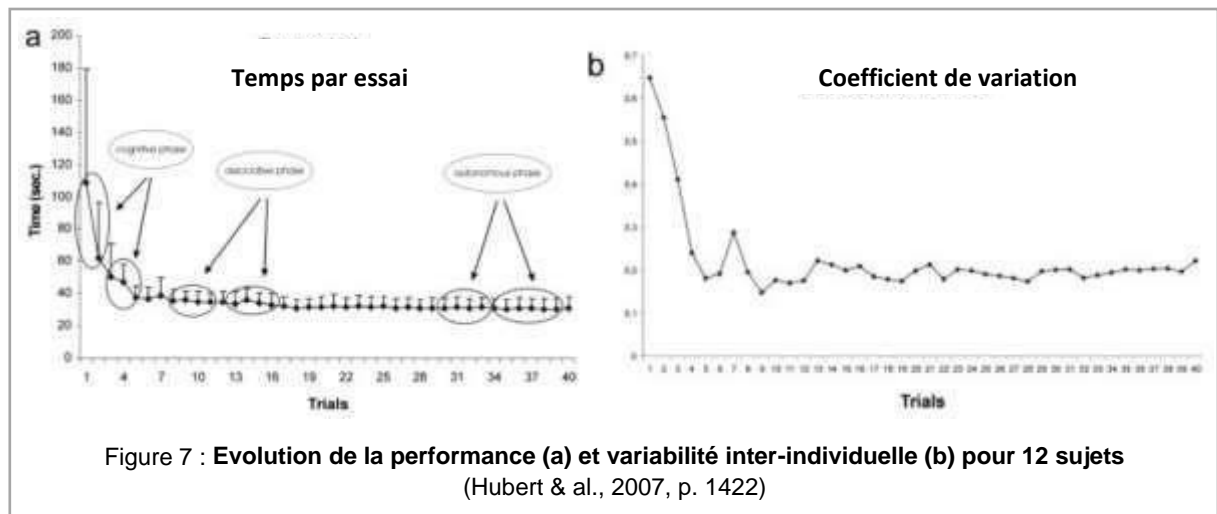
3.4. Les étapes de l'apprentissage procédural et structures neurologiques impliquées

3.4.1. Modèle issu de l'ACT

Un premier modèle d'apprentissage procédural s'appuie sur le modèle mnésique ACT (Anderson, 2013). Il concerne tous les types de procédure et implique l'interaction de plusieurs systèmes cognitifs : mémoire de travail et déclarative, effort et attention (Beaunieux & al., 2006). Leurs contributions vont varier en fonction de trois phases d'apprentissage (Fitts, 1964).

3.4.1.1. Phase 1, Cognitive

La première phase est dite cognitive : l'apprenant découvre ce qu'il a à apprendre (« *what is to be done ?* », qu'il y a-t-il à faire ?). Elle va impliquer la mémoire déclarative, et plus particulièrement la mémoire épisodique. Effectivement c'est par la répétition de la tâche que le sujet va apprendre. Il va donc falloir qu'il se souvienne de l'action réalisée, mais également du résultat de celle-ci. De plus, comme lors de résolution de problème, il va falloir traiter ces informations avec la mémoire de travail et de l'attention. Cela lui permet d'appliquer les mécanismes d'analogie et/ou d'essai-erreurs. En conséquent, la performance va être aléatoire, puisqu'il traduit la recherche du sujet pour la meilleure stratégie (Figure 7). Ainsi on dénombre un grand nombre d'erreurs au début qui va diminuer au fur et à mesure des essais.

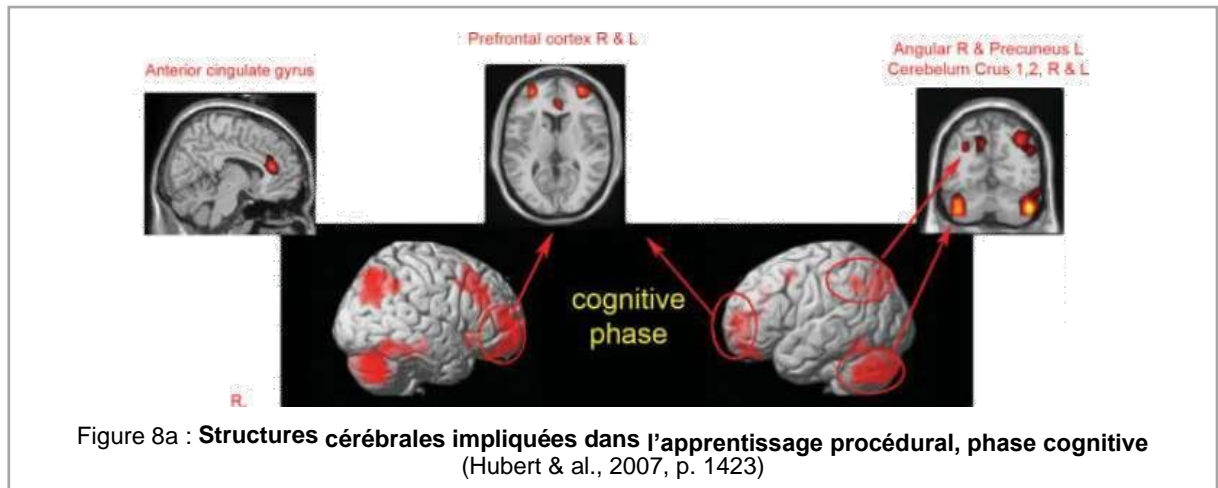


De nombreuses structures sont impliquées durant cette phase (Figure 8a) : le cortex frontal (mémoire épisodique et résolution de problème), le cervelet (activation motrice, détection et correction des erreurs), le précunéus gauche, les gyrus angulaire et cingulaire de la zone pariétale (mémoire de travail, attention et planification). Ces structures traduisent le mécanisme de résolution de problème mis en place par le sujet, et leurs implications vont diminuer avec le temps (Hubert & al., 2007).

3.4.1.2. Phase 2, Associative

La seconde phase est dite associative : l'apprenant détermine la réponse optimale (« *How to do ?* », comment faire ?). Il s'agit d'une phase intermédiaire dont Anderson (1982) distingue deux étapes : la composition (l'apprenant combine des mouvements particuliers pour former une séquence de mouvements optimaux) et la procéduralisation (passage d'une production déclarative non spécifique à une production procédurale hautement spécifique).

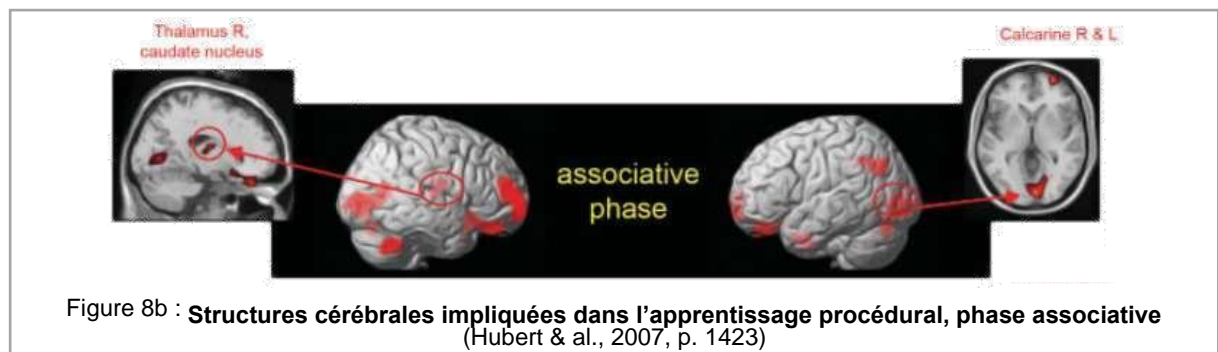
On compte quatre structures neurologiques impliquées dans cette phase (Figure 8b) :



avec une activation bilatérale des régions calcarine et linguale du cortex occipital (imagerie mentale), de la région orbitofrontale droite (mémoire de travail et résolution de problème), du thalamus droit, du noyau caudé droit du striatum (apprentissage d'habiletés motrices et de compétences cognitives), de la région occipitale gauche et du cervelet postérieur droit (Hubert & al., 2007).

3.4.1.3. Phase 3, Autonome

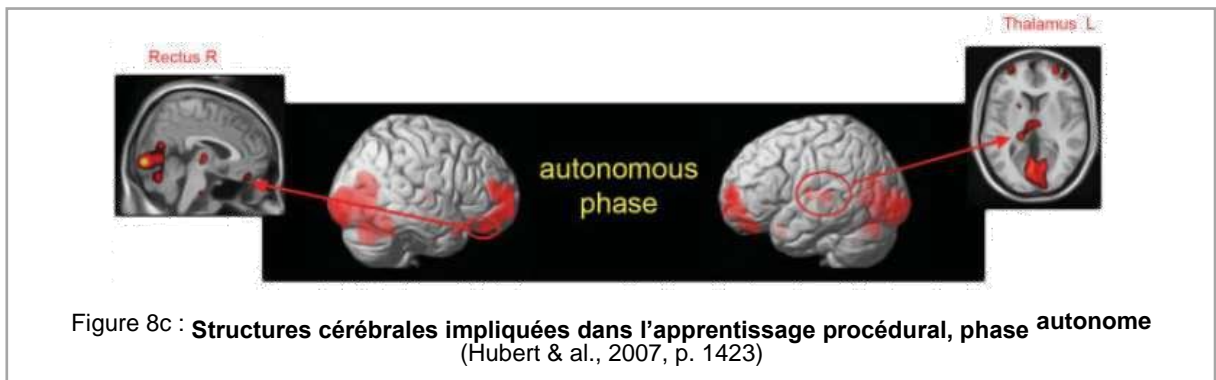
La troisième et dernière phase est appelé autonome : l'apprenant va automatiser la procédure (« *just do it* », fais-le). C'est-à-dire que l'apprenant va réaliser la tâche sans y faire attention (récupération implicite de la tâche) et sans interférence de potentielle tâche concurrente. Ainsi, l'adulte en bonne santé peut tenir une conversation tout en marchant. En vieillissant, certaines personnes ne vont plus pouvoir réaliser cette double tâche, ce qui va être l'un des facteurs de risques de chutes chez la personne âgée (Lundin-Olsson & al., 1997).



Ainsi, la phase autonome va se traduire par une performance optimale et stable (Figure 7).

Les structures neurologiques impliquées lors de cette phase sont (Figure 8c) :

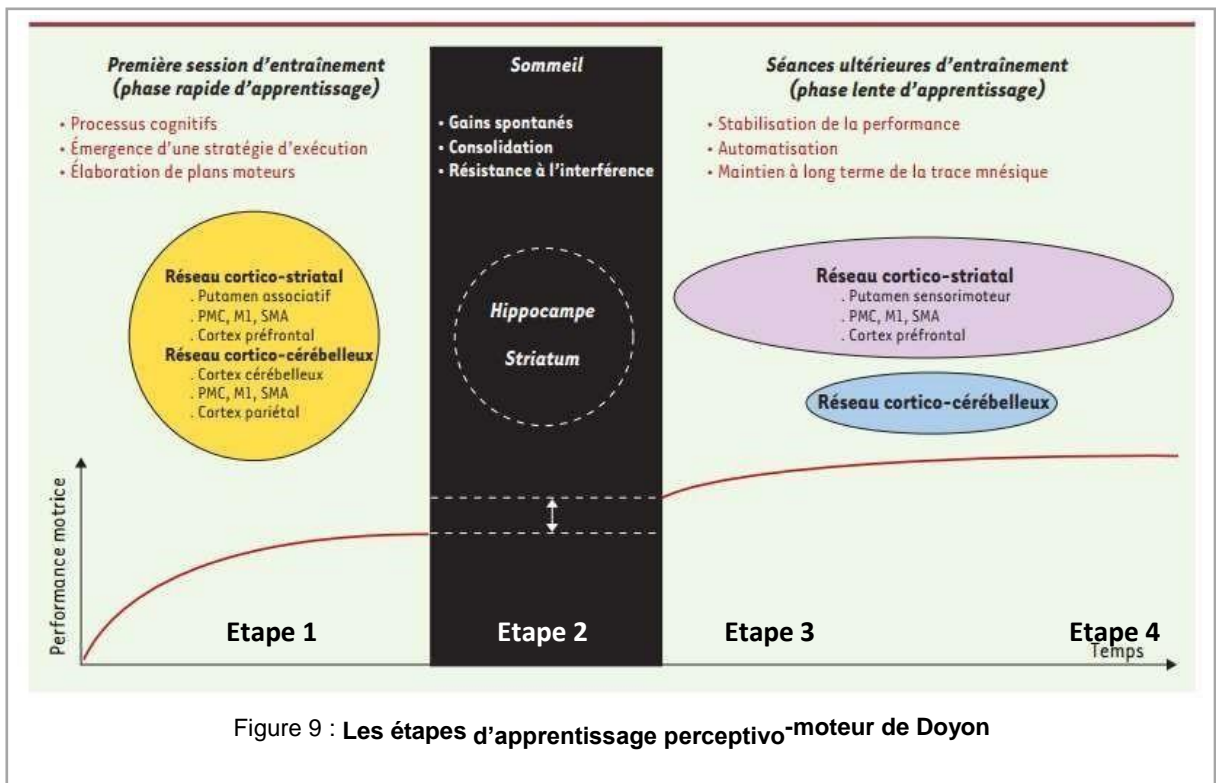
les régions calcarine et linguale du cortex occipital (imagerie mentale), le cervelet droit (régulation du mouvement), les zones frontales supérieures et moyennes bilatérales et du thalamus gauche (consolidation des apprentissages) (Hubert & al., 2007).



3.4.2. Modèle issu de Doyon (centré sur l'apprentissage moteur)

3.4.2.1. Les trois étapes de l'apprentissage procédural perceptivo-moteur

Doyon (2003, 2005, 2009, 2013) va déterminer diverses phases de l'apprentissage procédural mais spécifique au type perceptivo-moteur (Figure 9).



(Doyon & al., 2011, p. 414), ajout de la précision des étapes

- ↳ **Etape 1 : phase d'acquisition rapide**, correspond aux périodes d'entraînements où l'apprenant répète la tâche cible. La performance s'améliore très rapidement au début.
- ↳ **Etape 2 : phase de consolidation**, la consolidation débute dès la fin de la phase d'apprentissage. Elle peut être définie comme un « *processus durant lequel la représentation neurale (trace mnésique) d'une telle habileté est transférée de manière différée off-line en mémoire à long terme grâce à des modifications fonctionnelles* » (Doyon & al., 2011, p. 418).
- ↳ **Etape 3 : phase d'acquisition lente**, de nouveau l'apprenant va répéter la tâche, mais sa performance va s'améliorer plus lentement jusqu'à sa stabilisation.
- ↳ **Etape 4 : phase d'automatisation**, la tâche est totalement automatisée. Il n'y a plus d'amélioration de la performance.

3.4.2.2. Structures neurologiques spécifiques

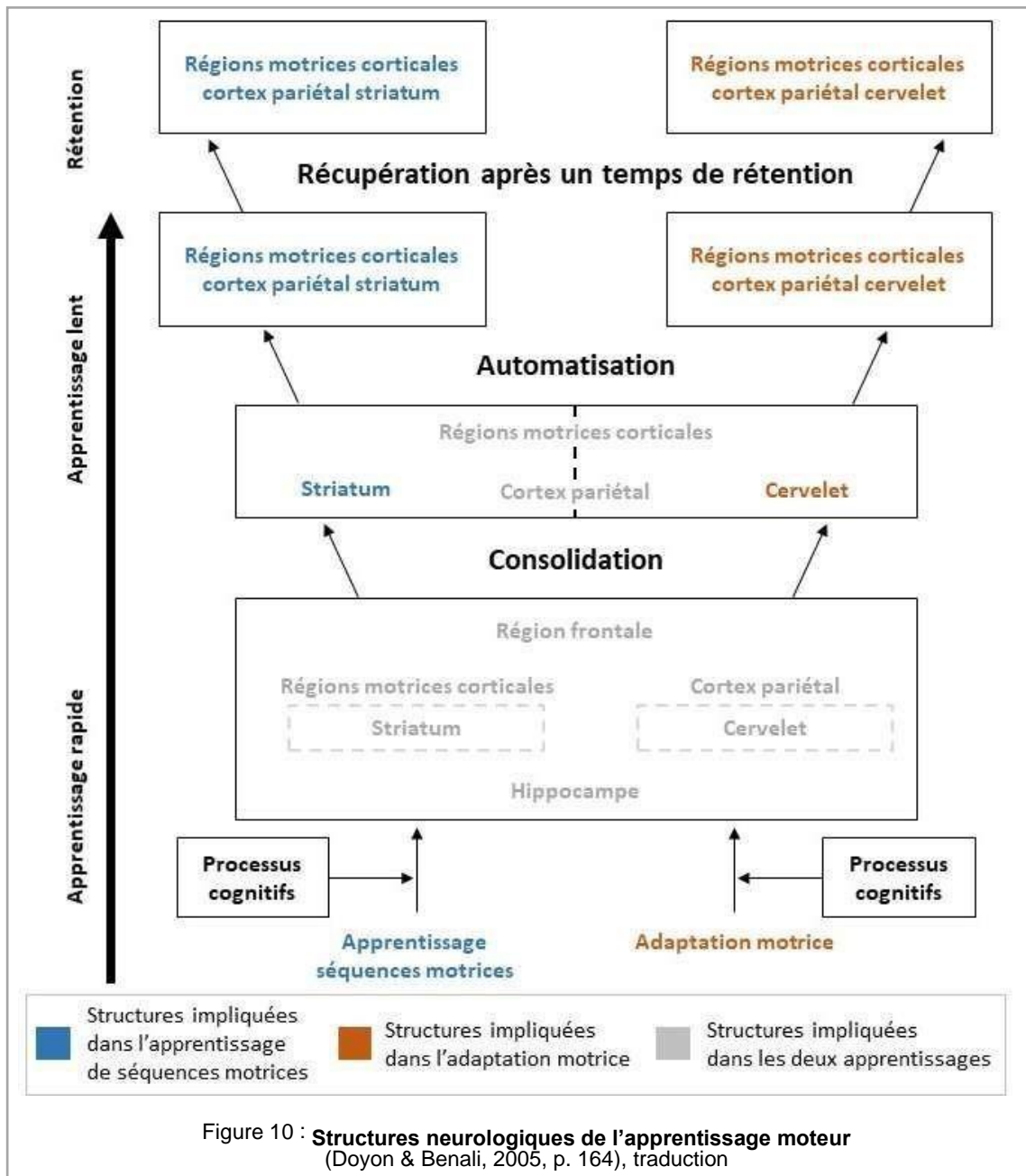
Grâce à l'utilisation du protocole de double dissociation fonctionnelle, on va pouvoir distinguer les structures neurologiques impliquées dans l'adaptation motrice et l'apprentissage de séquence motrice (Figure 10). Doyon et Benali (2005) décrivent une plasticité cérébrale au cours de l'apprentissage moteur qui va distinguer les apprentissages de nouvelles séquences de mouvements et les adaptations aux variations environnementales. Ce modèle propose qu'au début de l'apprentissage moteur, les structures neurologiques sont communes : le striatum (ganglions de la base), le cervelet, les régions corticales motrices, en plus des zones préfrontales, pariétales et limbiques.

Ce sont les interactions dynamiques entre ces structures qui vont permettre d'établir l'amélioration de la performance motrice. Ainsi un déplacement de l'activité neuronale entre l'aire associative motrice vers le striatum sensorimoteur va être observé pendant l'apprentissage de séquences. Alors que pour les adaptations, l'activité neuronale se transfère vers les noyaux cérébelleux.

En conséquence, au moment de la consolidation les circuits vont se spécifier : boucle cortico-cérébelleux pour l'adaptation motrice et boucle cortico-striatale pour l'apprentissage de séquences motrices. Ainsi pour l'adaptation motrice, le striatum n'est plus nécessaire à la rétention et à l'exécution de la compétence acquise. Tandis que lors de l'apprentissage de séquences motrices un schéma inverse de plasticité se met

en place, de sorte qu'avec une pratique répétée de cette séquence le cervelet n'est plus essentiel. Le maintien en mémoire à long terme et le rappel sont alors possibles grâce au striatum associé aux régions corticales motrices.

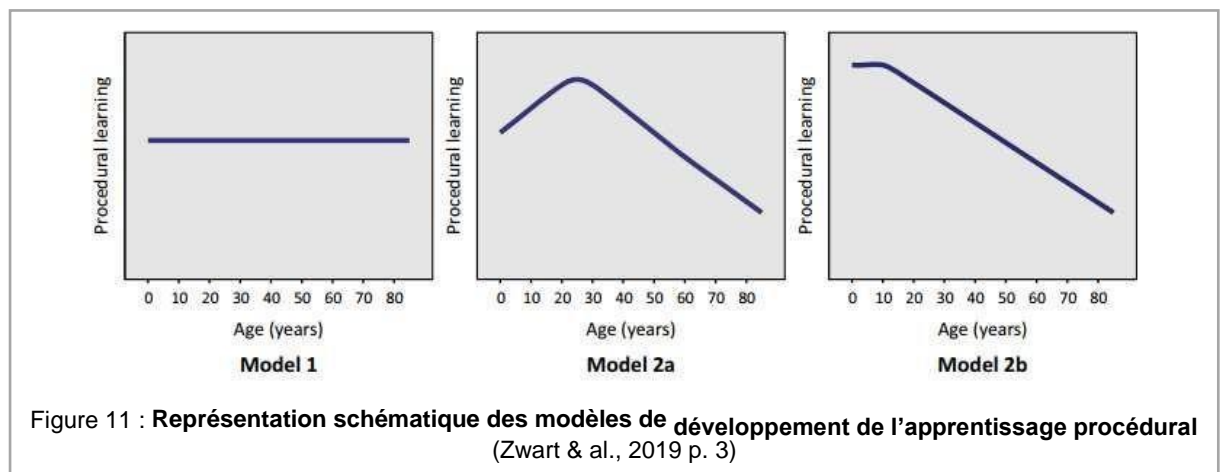
Il est intéressant pour le psychomotricien de connaître les structures neurologiques impliquées dans l'apprentissage procédural moteur pour comprendre le processus général de rééducation, mais également de comprendre les difficultés spécifiques de son patient en fonction de ses atteintes neurologiques.



3.5. Apprentissage procédural : développement typique au cours de la vie

Comme nous l'avons vu précédemment, l'apprentissage est au cœur de toute rééducation psychomotrice, avec en particulier l'apprentissage de procédures cognitives, perceptivo-verbales et/ou perceptivo-motrices. L'objectif premier de ce mémoire est de voir, grâce à une revue systématique de la littérature, comment est impacté l'apprentissage procédural de séquences motrices dans diverses pathologies : le patient atteint de la Maladie d'Alzheimer peut-il apprendre des procédures, contrairement à celui avec la Maladie de Parkinson ? Cela permettra au psychomotricien d'adapter au mieux sa prise en charge.

Cependant pour pouvoir parler de difficultés d'apprentissage procédural, il est important d'établir une norme. C'est-à-dire de voir comment évoluent les capacités



d'apprentissage procédural chez le sujet sain, Existe-il des éléments extérieurs qui peuvent la faciliter ou au contraire la complexifier ?

Développement des performances selon l'âge de l'individu

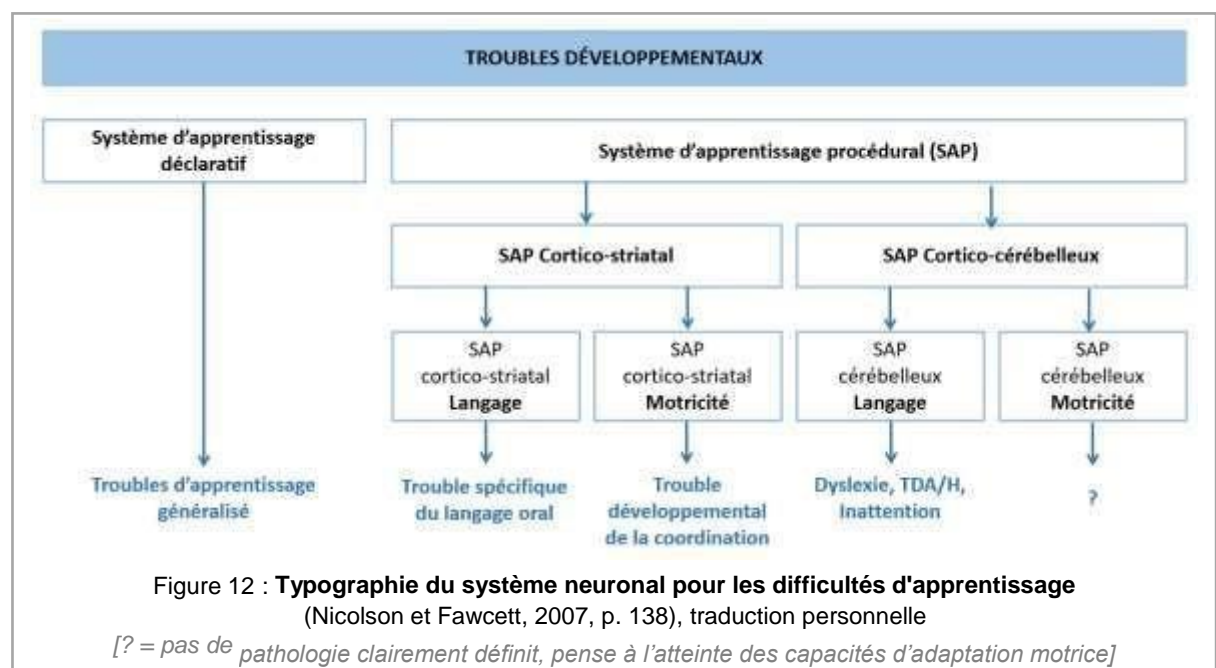
L'apprentissage procédural est une aptitude précoce qui intervient dès le plus jeune âge, mais comment cette aptitude évolue dans le temps ? Zwart (2019) a cherché à déterminer à l'aide d'une revue systématique le modèle le plus probant à partir des trois trouvés dans la littérature (figure 11).

Le modèle 1 parle d'invariance des capacités d'apprentissage procédural durant toute la vie (Reber, 1993) : les capacités restent stables tout au long de la vie. Le modèle 2a estime qu'il y a une variation en fonction de l'âge avec un pic de compétences chez les jeunes adultes (Thomas & al., 2004 ; Lukács & Kemény, 2014). L'amélioration serait

liée à la maturation cérébrale jusqu'à la fin de l'adolescence, notamment de la région fronto-striatale. Enfin, le modèle 2b correspond à une variation des compétences d'apprentissage procédural avec un plateau dans l'enfance, suivi d'un déclin (Janacsek & al., 2012). Ils partent du principe que pendant l'enfance l'apprentissage procédural se fait sans modèle explicite, contrairement à l'âge adulte.

La conclusion de cette revue de littérature valide le fait qu'il y a un changement des compétences d'apprentissage procédural en fonction de l'âge. Ainsi, les modèles 2a et 2b semblent être les plus probants, mais sans réussir à trancher sur son évolution durant l'enfance. D'après Zwart (2019), les différences de résultat de ces études seraient liées aux traitements statistiques de normalisation qui divergent.

Cependant, le point commun de ces deux modèles est que les capacités d'apprentissage procédural se dégraderaient avec l'âge (à partir de l'âge adulte). Cela serait lié à une rigidité des fonctions exécutives qui augmente avec l'âge et à une détérioration des capacités mnésiques. En conséquence, l'apprentissage procédural chez la personne âgée, même en bonne santé, nécessitera certainement plus de pratique qu'un jeune adulte.



4. Conclusion

Comme nous venons de le voir la qualité de l'apprentissage procédural impacte le développement de l'enfant, ainsi que la qualité du vieillissement d'un individu. D'ailleurs

Nicolson et Fawcett (2007) vont développer une théorie explicative des maladies neurodéveloppementales en fonction du niveau de dégradation des capacités d'apprentissage déclaratif et procédural (Figure 12).

Selon cette théorie, chaque trouble des apprentissages serait lié à des atteintes spécifiques du système d'apprentissage procédural. Ainsi, le Trouble Développemental de la

Coordination serait lié à une atteinte du système d'apprentissage procédural corticostriatal moteur. Cependant, West et ses collaborateurs (2019) mettent en doute cette théorie. Selon eux elle s'appuie sur des études dont le nombre d'essais est souvent trop faible, donc peu significatif dans l'interprétation des résultats. Pour eux, ces pathologies ne sont pas liées à une atteinte du système d'apprentissage procédural, mais à des processus perceptuels et moteurs.

Aujourd'hui, un modèle comme celui de Nicolson et Fawcett (2007) qui fait un lien entre les pathologies et les difficultés spécifiques des apprentissages, n'existe que pour les troubles neurodéveloppementaux de l'enfant. On ne trouve pas de modèles similaires reprenant ce principe sur des pathologies de l'adulte et/ou de la personne âgée. Comme nous l'avons vu précédemment, l'apprentissage procédural moteur de séquences motrices (mesuré par le protocole SRTT) s'appuie sur les ganglions de la base et plus particulièrement le striatum. On pourrait donc établir un schéma où on retrouverait d'un côté les pathologies avec atteintes des ganglions de la base (Maladie de Parkinson, Maladie de Huntington) qui se traduiraient par des difficultés aux épreuves de SRTT. Puis de l'autre côté les pathologies sans atteinte des ganglions de la base (Maladie d'Alzheimer, Dégénérescence cérébelleuse) se traduiraient par la réussite aux épreuves de SRTT. C'est ce que nous allons essayer de voir avec la revue systématique de littérature qui suit.

Chapitre 2 – METHODOLOGIE D'UNE REVUE SYSTEMATIQUE DE LITTERATURE

1. La Revue de Littérature

La revue de littérature est une méthode de travail qui vise à faire un point, un état des lieux autour d'une problématique donnée, sur un domaine particulier. Il existe 12 protocoles de revue de littérature différents (Annexe 1) (Grant & Booth, 2009). Le choix du protocole se fera notamment en fonction des objectifs de la revue, de l'exhaustivité de la recherche, mais également du temps disponible pour sa réalisation.

Il y a par exemple la méta-analyse qui consiste à utiliser des techniques statistiques pour combiner et résumer les résultats de multiples études. Ceux-ci peuvent parfois être intégrés à une revue systématique (Moher & al., 2015). Ou les « *scoping review* » (examen de la portée), dont l'objectif est de déterminer la couverture de la littérature sur un sujet particulier en dénombrant des volumes d'articles disponibles et en cartographiant les preuves disponibles. Elle peut donc être précurseur d'une revue systématique de littérature (Munn & al., 2018). Ou encore celle qui nous intéresse pour ce mémoire : la Revue Systématique de Littérature.

2. La Revue Systématique de Littérature

L'organisation internationale indépendante Cochrane est la référence dans la méthodologie de revues systématiques de littérature. Elle les définit comme « *l'examen d'une question clairement formulée qui utilise des méthodes systématiques et explicites pour identifier, sélectionner, évaluer de manière critique les recherches pertinentes, puis collecter et analyser les données des études incluses dans l'examen* » (Kitchener & al., 2005, p.45, traduction personnelle). Ainsi, il s'agit d'une démarche scientifique rigoureuse dont les principales caractéristiques sont : (1) des objectifs clairement énoncés, accompagnés d'une méthodologie explicite et reproductible, (2) une recherche systématique afin d'identifier toutes les études répondant aux critères d'éligibilité, (3) une évaluation de la validité des résultats des études incluses (évaluation de la qualité et des risques de biais de chaque étude), et (4) une présentation systématique associée à une synthèse des caractéristiques et des résultats des études incluses. La revue systématique de littérature constitue donc la norme de référence pour la synthèse de données probantes dans le secteur de la santé. Leur objectif principal est de permettre de guider les prises de décisions cliniques des soignants (Moher & al., 2015).

Une revue systématique de littérature peut permettre de confirmer ou réfuter une pratique thérapeutique, d'évaluer si elle est fondée ou non sur des preuves scientifiques pertinentes, de déterminer la qualité de ces preuves. Puis elle peut également mettre en exergue les manquements de recherches scientifiques lorsque celles-ci ne sont pas assez fondées. Enfin elle peut permettre de guider les prises de décision clinique, thérapeutique et politique. Ainsi les indications pour réaliser une revue systématique de littérature sont les suivantes : (1) découvrir les preuves internationales, (2) confirmer ou infirmer une pratique actuelle ou identifier de nouvelles pratiques, (3) identifier et orienter les recherches futures, (4) identifier et enquêter sur des résultats contradictoires, et (5) produire des preuves pour guider les prises de décision (Munn & al., 2018).

Pour guider la rédaction d'une revue systématique de littérature, il est recommandé de suivre le protocole PRISMA-P (*Preferred Reporting Items for Systematic Review and MetaAnalysis Protocols*). Il s'agit d'une feuille de route regroupant 17 items (Annexe 2) pour aider à la rédaction d'une revue systématique et ainsi de la rendre plus robuste en améliorant sa qualité (Moher & al., 2015). En conséquent, les principales étapes d'une revue systématique sont : (1) déterminer une question en vérifiant que celle-ci n'ait pas déjà été faite, (2) définir la méthodologie pour y répondre, (3) rechercher les publications, (4) sélectionner les articles et en extraire les données, (5) évaluer la qualité des données, (6) analyser les données, (7) évaluer les biais de la revue systématique, (8) interpréter les résultats, et (9) rédiger la revue systématique.

3. Focus sur : déterminer un questionnement avec PICO(S)

Comme dans toute étude scientifique, la première étape de l'élaboration d'une revue systématique de littérature consiste à définir précisément la ou les questions auxquelles on souhaite répondre. Il existe une approche structurée qui aide à la rédaction d'une problématique et permet d'être plus précis : la méthode PICO(S) (Liberati & al., 2009). L'acronyme PICO(S) se compose de quatre items obligatoires et un facultatif. Chaque initiale fait référence à une composante :

↳ **P – Population** : détermine la population de patients ou la maladie ciblée concernée par la revue (exemple : sujets atteints de Parkinson)

↳ **I – Intervention** : est le thème général abordé par la problématique, soit une thérapie, un test diagnostique ou un problème (exemple : troubles de l'équilibre).

↳ **C – Comparaison** : désigne l'élément de comparaison avec l'un des autres critères. Par exemple, le critère population avec la population saine, ou avec le critère intervention avec un autre protocole (exemple : sujets sains de plus de 50 ans)

↳ **O – Résultats** : précise les critères précédents en établissant un lien entre eux. Il s'agit de ce qui intéresse concrètement au niveau des résultats dans la revue (exemple : pratique du Qi-gong)

↳ **S – Précision** (optionnel) : pour les revues liées à l'évaluation médicamenteuse

Dans une revue systématique de littérature chaque critère PICO(S) détermine les quatre critères d'inclusion pour les articles trouvés. C'est-à-dire que pour être inclus dans la revue, l'article doit répondre positivement à tous les critères PICO(S).

4. Focus sur la sélection des articles

Le PRISMA-P détermine également les trois étapes de sélection des articles (Liberati & al., 2009) :

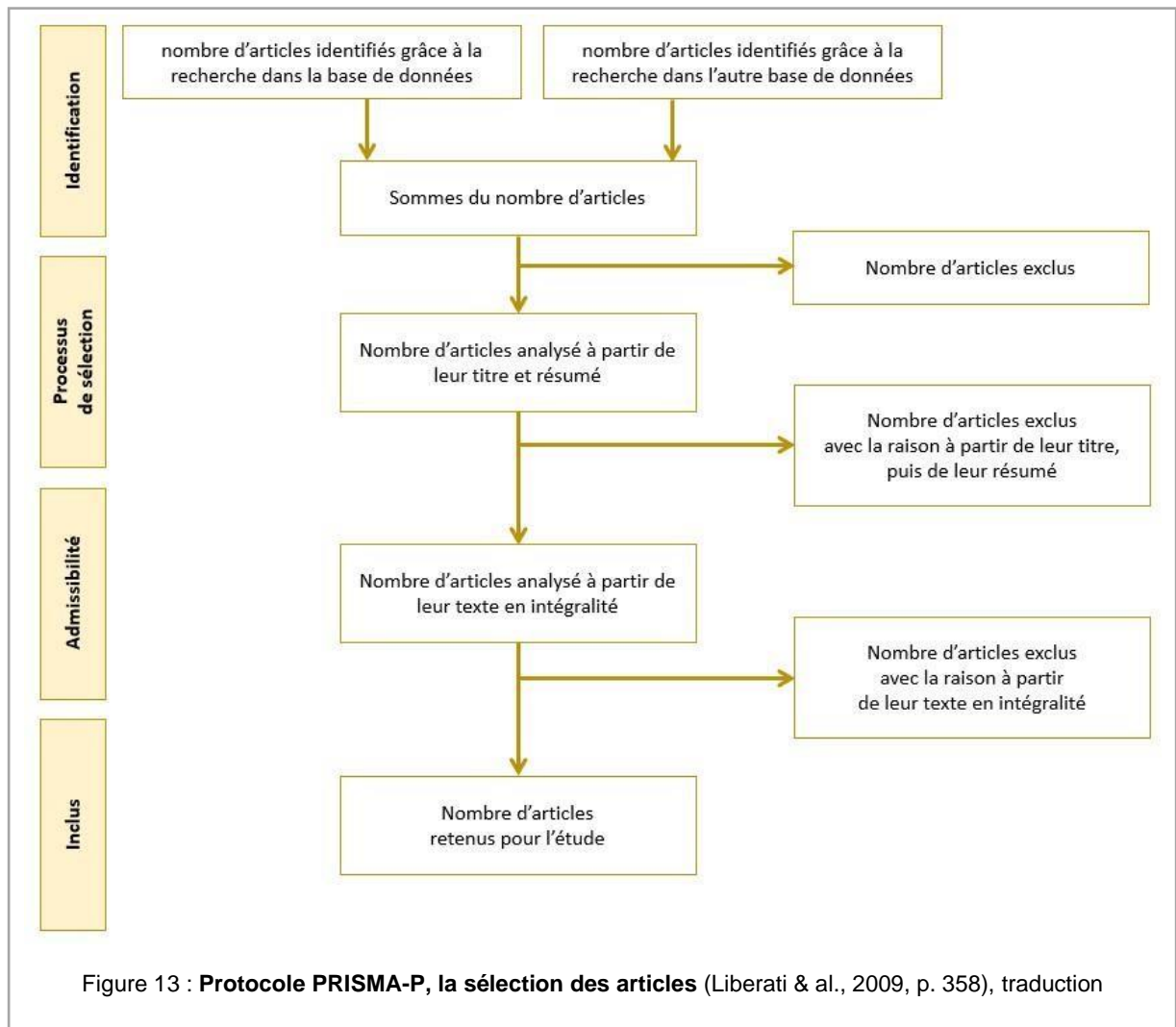
↳ **Étape 1 : l'identification des articles.** Cela consiste à d'abord sélectionner au moins deux moteurs de recherche référençant des articles scientifiques, puis déterminer les mots clés pour écrire l'équation de recherche (à adapter en fonction des caractéristiques de chaque base de données), puis appliquer ces équations et télécharger l'intégralité des résultats. À cela s'ajoutent les articles récupérés dit de « proche en proche ». Cela consiste par exemple à récupérer les articles traités dans les méta-analyses qui ne sont pas dans notre base de données initiale.

↳ **Étape 2 : le processus de sélection à partir de leur titre et résumé.** Cette étape consiste à inclure ou exclure les articles selon les informations données dans le titre, puis dans le résumé. Les critères d'inclusion et d'exclusion sont ceux déterminés à partir de PICO(S) (voir le point 3 de ce chapitre). Pour réduire les risques d'erreurs humaines, il est important que cette partie se fasse en double lecture (deux personnes vont réaliser cette étape puis confronter leurs résultats).

↳ **Etape 3 : l'admissibilité des articles à la revue.** Cette étape consiste à inclure ou exclure les articles à partir des critères PICO(S), mais en ayant accès à l'intégralité des articles. Sélection en double lecture, pour échanger en cas de désaccord, avec la possibilité d'une tierce personne pour trancher.

Dans la sélection, il peut s'ajouter d'autres critères d'exclusion comme la langue (par exemple, seuls les articles en langue anglaise seront conservés) ou la date de publication (par exemple seuls les articles publiés avant 2000 seront inclus dans l'étude).

Ces trois étapes permettent d'aboutir à la sélection définitive des articles inclus dans la revue systématique de littérature. Il est important de présenter l'ensemble de ces étapes pour que celles-ci puissent être reproduites. La norme est de les présenter sous le format d'un flowchart présenté comme en Figure 13, en précisant à chaque fois le nombre d'articles concernés.



5. Focus sur les critères d'attribution

Chaque étude va se voir attribuer différents critères. Tout d'abord des critères d'identification (titre de l'article, nom de l'auteur, année de publication, journal source) qui permettront à tout le monde de savoir de quels articles parlent la revue et de pouvoir les retrouver. Ensuite, suivront les critères qui dépendront de ce dont on a besoin pour répondre à la problématique (taille d'échantillon, mode de recrutement des différents sujets, outils de mesure utilisés, ...). Enfin, un dernier point concerne l'attribution d'une note en fonction de l'évaluation de la qualité de l'article. Par exemple Wilson et ses collaborateurs (2017) ont procédé de la façon suivante : d'abord, ils ont déterminé les dix critères qu'ils souhaitaient évaluer. Ensuite ils ont évalué chacun de ces critères en les notant 0 ou 1 en fonction du respect ou non du critère dans l'article, et ceci de façon à ce que chaque article se retrouve avec une note finale sur dix points. Cette note a permis d'attribuer un niveau de qualité à chaque article : les études notées 8 et plus sont considérées comme étant de haute qualité, de 5 à 7 comme modérées et à moins de 5 comme de faible qualité.

Nous venons de voir l'ensemble des éléments qui vont guider notre démarche pour réaliser la revue systématique de littérature qui suit.

Chapitre 3 – LA REVUE SYSTEMATIQUE DE LITTERATURE

BIBLIOGRAPHIE

- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory : A proposed system and its control processes. *In Psychology of learning and motivation*, 2, 89-195.
- Albaret, J-M. & Migliore, L. (1999). *Test de Stroop : Manuel*. Montreuil : ECPA.
- Albaret, J.-M., Kaiser, M.-L., & Soppelsa, R. (2013). *Troubles de l'écriture chez l'enfant*. Paris : De Boeck Supérieur.
- Albaret, J-M (2015). Introduction aux troubles psychomoteurs et à leur mise en évidence. In Giromini, F., Albaret, J-M. & Scialom, P., *Manuel d'enseignement de psychomotricité 1. Méthodes et techniques* (287-326). Paris : De Boeck Supérieur.
- Albaret, J-M. & Soppelsa, R. (2015). Principes issus des théories de l'apprentissage et du contrôle moteurs. In Giromini, F., Albaret, J-M. & Scialom, P. (E.), *Manuel d'enseignement de psychomotricité 2. Méthodes et techniques* (74-98). Paris : De Boeck Supérieur.
- Anderson, J. R. (1982). Acquisition of cognitive skill. *Psychological review*, 89, 4, 369-406.
- Anderson, J. R. (1987). Skill acquisition : Compilation of weak-method problem situations. *Psychological review*, 94, 2, 192-210.
- Anderson, J. R. (2013). *The architecture of cognition*. Psychology Press.
- ** Ayala Bloch, D. T., Vakil, E., & Zeilig, G. (2016). Specific deficit in implicit motor sequence learning following spinal cord injury. *PloS one*, 11, 6.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, 5044, 556-559.
- Balota, D. A., Duchek, J. M., & Paullin, R. (1989). Age-related differences in the impact of spacing, lag, and retention interval. *Psychology and aging*, 4, 1, 3.
- Beaunieux, H., Desgranges, B., Lalevée, C., De La Sayette, V., Lechevalier, B., & Eustache, F. (1998). Preservation of cognitive procedural memory in a case of Korsakoff's syndrome : methodological and theoretical insights. *Perceptual and Motor Skills*, 86(3_suppl), 1267-1287.
- Beaunieux, H., Hubert, V., Witkowski, T., Pitel, A.-L., Rossi, S., Danion, J.-M., Eustache, F. (2006). Which processes are involved in cognitive procedural learning ? *Memory*, 14, 5, 521-539.
- Beaunieux, H., Eustache, F., Busson, P., De La Sayette, V., Viader, F., & Desgranges, B. (2012). Cognitive procedural learning in early Alzheimer's disease : Impaired processes and compensatory mechanisms. *Journal of neuropsychology*, 6, 1, 31-42.
- ** Beldarrain, M. G., Grafman, J., Pascual-Leone, A., & Garcia-Monco, J. C. (1999). Procedural learning is impaired in patients with prefrontal lesions. *Neurology*, 52, 9, 1853-1853.
- ** Beldarrain, M. G., Gafman, J., de Velasco, I. R., Pascual-Leone, A., & Garcia-Monco, J. (2002). Prefrontal lesions impair the implicit and explicit learning of sequences on visuomotor tasks. *Experimental Brain Research*, 142, 4, 529-538.
- ** Berryhill, M. E., Mazuz, Y. S., & Olson, I. R. (2008). Serial reaction time performance following right parietal lobe damage. *Journal of neuropsychology*, 2, 2, 509-514.
- Biotteau, M., Chaix, Y., & Albaret, J. M. (2016). What do we really know about motor learning in children with Developmental Coordination Disorder?. *Current Developmental Disorders Reports*, 3, 2, 152160.
- Bönstrup, M., Iturrate, I., Thompson, R., Cruciani, G., Censor, N., & Cohen, L. G. (2019). A rapid form of offline consolidation in skill learning. *Current Biology*, 29, 8, 1346-1351.
- Bourc'his, D. (2015). *Dossier Inserm : Epigénétique, un génome, plein de possibilité !*. Unité Inserm 934/CNRS UMR 3215/Université Pierre et Marie Curie, Institut Curie, Paris. <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/epigenetique>
- ** Boyd, L. A., & Winstein, C. J. (2003). Impact of explicit information on implicit motor-sequence learning following middle cerebral artery stroke. *Physical Therapy*, 83, 11, 976-989.

* *méta-analyses sélectionnées pour la revue systématique de*

** *articles sélectionnés pour la revue systématique de littérature*

- ** Boyd, L. A., Quaney, B. M., Pohl, P. S., & Winstein, C. J. (2007). Learning implicitly: effects of task and severity after stroke. *Neurorehabilitation and neural repair*, 21(5), 444-454.
- ** Boyd, L. A., Edwards, J. D., Siengsukon, C. S., Vidoni, E. D., Wessel, B. D., & Linsdell, M. A. (2009). Motor sequence chunking is impaired by basal ganglia stroke. *Neurobiology of learning and memory*, 92, 1, 35-44.
- ** Brown, R. G., Jahanshahi, M., Limousin-Dowsey, P., Thomas, D., Quinn, N. P., & Rothwell, J. C. (2003). Pallidotomy and incidental sequence learning in Parkinson's disease. *Neuroreport*, 14, 1, 2124.
- Cahill, L., McGaugh, J. L., & Weinberger, N. M. (2001). The neurobiology of learning and memory : some reminders to remember. *Trends in neurosciences*, 24, 10, 578-581.
- Canavan, A. G. M., Passingham, R. E., Marsden, C. D., Quinn, N., Wyke, M., & Polkey, C. E. (1989). Sequencing ability in Parkinsonians, patients with frontal lobe lesions and patients who have undergone unilateral temporal lobectomies. *Neuropsychologia*, 27, 6, 787-798.
- ** Chrobak, A. A., Siuda-Krzywicka, K., Siwek, G. P., Arciszewska, A., Siwek, M., Starowicz-Filip, A., & Dudek, D. (2015). Implicit motor learning in bipolar disorder. *Journal of affective disorders*, 174, 250256.
- * Clark, G. M., Lum, J. A., & Ullman, M. T. (2014). A meta-analysis and meta-regression of serial reaction time task performance in Parkinson's disease. *Neuropsychology*, 28, 6, 945.
- Cohen, N. J., & Squire, L. R. (1980). Preserved learning and retention of pattern-analyzing skill in amnesia : Dissociation of knowing how and knowing that. *Science*, 210, 4466, 207-210.
- Coupé, P., Manjón, J. V., Lanuza, E., & Catheline, G. (2019). Lifespan changes of the human brain in Alzheimer's disease. *Scientific reports*, 9, 1, 1-12.
- ** De Beaumont, L., Tremblay, S., Poirier, J., Lassonde, M., & Théoret, H. (2012). Altered bidirectional plasticity and reduced implicit motor learning in concussed athletes. *Cerebral cortex*, 22, 1, 112-121.
- ** Derost, N., Kerckhofs, E., Coene, M., Wijnants, G., & Soetens, E. (2006). Learning sequence movements in a homogenous sample of patients with Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 44, 10, 1653-1662.
- Désobeau, F. (2000). Entrée de jeu. *Thérapie Psychomotrice et Recherche*, 124, 42-49.
- Deweert, B., Pillon, B., Michon, A., & Dubois, B. (1993). Mirror reading in Alzheimer's disease: Normal skill learning and acquisition of item-specific information. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 15, 5, 789-804.
- ** Dirnberger, G., Novak, J., Nasel, C., & Zehnter, M. (2010). Separating coordinative and executive dysfunction in cerebellar patients during motor skill acquisition. *Neuropsychologia*, 48, 5, 1200-1208.
- ** Dirnberger, G., Novak, J., & Nasel, C. (2013). Perceptual sequence learning is more severely impaired than motor sequence learning in patients with chronic cerebellar stroke. *Journal of cognitive neuroscience*, 25, 12, 2207-2215.
- ** Dominey, P. F., Ventre-Dominey, J., Broussolle, E., & Jeannerod, M. (1997). Analogical transfer is effective in a serial reaction time task in Parkinson's disease: Evidence for a dissociable form of sequence learning. *Neuropsychologia*, 35, 1, 1-9.
- ** Dovern, A., Fink, G. R., Saliger, J., Karbe, H., Koch, I., & Weiss, P. H. (2011). Apraxia impairs intentional retrieval of incidentally acquired motor knowledge. *Journal of Neuroscience*, 31, 22, 81028108.
- ** Dovern, A., Fink, G. R., Timpert, D. C., Saliger, J., Karbe, H., Weiss, P. H., & Koch, I. (2016). Timing matters? Learning of complex spatiotemporal sequences in left-hemisphere stroke patients. *Journal of cognitive neuroscience*, 28, 2, 223-236.
- Dudai, Y., Karni, A., & Born, J. (2015). The consolidation and transformation of memory. *Neuron*, 88, 1, 20-32.

Dujardin, K. & Defebvre, L. (2007). *Neuropsychologie de la maladie de Parkinson et des syndromes apparentés*. Paris : MASSON.

* *méta-analyses sélectionnées pour la revue systématique de*

** *articles sélectionnés pour la revue systématique de littérature*

Doyon, J., Gaudreau, D., Laforce Jr, R., Castonguay, M., Bedard, P. J., Bedard, F., & Bouchard, J. P. (1997). Role of the striatum, cerebellum, and frontal lobes in the learning of a visuomotor sequence. *Brain and cognition*, 34, 2, 218-245.

Doyon, J., Penhune, V., & Ungerleider, L. G. (2003). Distinct contribution of the cortico-striatal and cortico-cerebellar systems to motor skill learning. *Neuropsychologia*, 41, 3, 252-262.

Doyon, J., & Benali, H. (2005). Reorganization and plasticity in the adult brain during learning of motor skills. *Current opinion in neurobiology*, 15, 2, 161-167.

Doyon, J., Bellec, P., Amsel, R., Penhune, V., Monchi, O., Carrier, J., ... & Benali, H. (2009). Contributions of the basal ganglia and functionally related brain structures to motor learning. *Behavioural brain research*, 199, 1, 61-75.

Doyon, J., Orban, P., Barakat, M., Debas, K., Lungu, O., Albouy, G., ... & Duchesne, C. (2011). Functional brain plasticity associated with motor learning. *Medecine sciences: M/S*, 27, 4, 413-420.

Doyon, J., Albouy, G., Vahdat, S., & King, B. (2015). Neural Correlates of Motor Skill Acquisition and Consolidation. *In Brain Mapping : An Encyclopedic Reference*, 3, 493-500.

Doyon, J., Gabbitov, E., Vahdat, S., Lungu, O., & Boutin, A. (2018). Current issues related to motor sequence learning in humans. *Current opinion in behavioral sciences*, 20, 89-97.

Eustache, F., & Desgranges, B. (2008a). MNESIS : towards the integration of current multisystem models of memory. *Neuropsychology review*, 18, 1, 53-69.

Eustache, F. & Desgranges, B. (2008b). Vers un modèle unifié de la mémoire. *Cerveau & Psycho*, 28, 36-43.

** Exner, C., Koschack, J., & Irle, E. (2002). The differential role of premotor frontal cortex and basal ganglia in motor sequence learning: evidence from focal basal ganglia lesions. *Learning & Memory*, 9, 6, 376-386.

** Exner, C., Boucsein, K., Degner, D., & Irle, E. (2006a). State-dependent implicit learning deficit in schizophrenia: evidence from 20-month follow-up. *Psychiatry research*, 142, 1, 39-52.

** Exner, C., Weniger, G., Schmidt-Samoa, C., & Irle, E. (2006b). Reduced size of the presupplementary motor cortex and impaired motor sequence learning in first-episode schizophrenia. *Schizophrenia research*, 84, 2-3, 386-396.

** Exner, C., Lange, C., & Irle, E. (2009). Impaired implicit learning and reduced pre-supplementary motor cortex size in early-onset major depression with melancholic features. *Journal of affective disorders*, 119, 1-3, 156-162.

Feldman, H. H., & Woodward, M. (2005). The staging and assessment of moderate to severe Alzheimer disease. *Neurology*, 65, 6 suppl 3, S10-S17.

** Ferraro, F. R., Balota, D. A., & Connor, L. T. (1993). Implicit memory and the formation of new associations in nondemented Parkinson's disease individuals and individuals with Senile dementia of the Alzheimer type: a serial reaction time (SRT) investigation. *Brain and cognition*, 21, 2, 163-180.

Fischer J-P. La distinction procédural/déclaratif : une application à l'étude de l'impact d'un "passage du cinq" au CP. *Revue française de pédagogie*, 122, 1998, 99-111.

Fitts, P.M. (1964). Perceptual-motor skill learning. In Melton, A.W., *Categories of human learning* (243285). New-York : Academic Press.

Fleishman, E. A. (1967). Performance assessment based on an empirically derived task taxonomy. *Human Factors*, 9, 4, 349-366.

- ** Foerde, K., Poldrack, R. A., Knowlton, B. J., Sabb, F. W., Bookheimer, S. Y., Bilder, R. M., ... & Asarnow, R. F. (2008). Selective corticostriatal dysfunction in schizophrenia: examination of motor and cognitive skill learning. *Neuropsychology*, 22, 1, 100.
- ** Gawrys, L., Szatkowska, I., Jamrozik, Z., Janik, P., Friedman, A., & Kaczmarek, L. (2008). Nonverbal deficits in explicit and implicit memory of Parkinson's disease patients. *Acta neurobiologiae experimentalis*, 68, 1, 58.
- * *méta-analyses sélectionnées pour la revue systématique de*
 ** *articles sélectionnés pour la revue systématique de littérature*
- Gedda, M. propos recueilli par Fontaine, A. (2019). Parkinson – Prise en charge non médicamenteuse des troubles moteurs. Articles HAS disponible sur leur site :
https://www.hassante.fr/jcms/pprd_2974326/fr/parkinson-prise-en-charge-non-medicamenteusedes-troublesmoteurs
- Gesell, A. & ILG, F. L. (1943). *Infant and child in the culture of today*. Traduit par Irène Lézine, édition 2003 : *Le jeune enfant dans la civilisation moderne*. Paris : Presse universitaire de France.
- ** Ghilardi, M. F., Eidelberg, D., Silvestri, G., & Ghez, C. (2003). The differential effect of PD and normal aging on early explicit sequence learning. *Neurology*, 60, 8, 1313-1319.
- ** Goschke, T., Friederici, A. D., Kotz, S. A., & Van Kampen, A. (2001). Procedural learning in Broca's aphasia: Dissociation between the implicit acquisition of spatio-motor and phoneme sequences. *Journal of cognitive neuroscience*, 13, 3, 370-388.
- Graf P, Schacter DL. Implicit and explicit memory for new associations in normal and amnesic subjects. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory & Cognition*. 1985, 11, 501-518.
- Grafman, J., Weingartner, H., Newhouse, P. A., Thompson, K., Lalonde, F., Litvan, I., ... & Sunderland, T. (1990). Implicit learning in patients with Alzheimer's disease. *Pharmacopsychiatry*, 23, 02, 94-101.
- Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews : an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information & Libraries Journal*, 26, 2, 91-108.
- ** Green, M. F., Kern, R. S., Williams, O., McGurk, S., & Kee, K. (1997). Procedural learning in schizophrenia: evidence from serial reaction time. *Cognitive Neuropsychiatry*, 2, 2, 123-134.
- Hauptmann, B., & Karni, A. (2002). From primed to learn : The saturation of repetition priming and the induction of long-term memory. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 13, 3, 313-322.
- * Hayes, H. A., Hunsaker, N., & Dibble, L. E. (2015). Implicit motor sequence learning in individuals with Parkinson disease: a meta-analysis. *Journal of Parkinson's disease*, 5, 3, 549-560.
- ** Helmuth, L. L., Mayr, U., & Daum, I. (2000). Sequence learning in Parkinson's disease: a comparison of spatial-attention and number-response sequences. *Neuropsychologia*, 38, 11, 1443-1451.
- Hirsh, R. (1974). The hippocampus and contextual retrieval of information from memory : A theory. *Behavioral biology*, 12, 4, 421-444.
- Howard, D. V., & Howard, J. H. (1992). Adult age differences in the rate of learning serial patterns : Evidence from direct and indirect tests. *Psychology and aging*, 7, 2, 232-241.
- Hubert, V., Beaunieux, H., Chételat, G., Platel, H., Landeau, B., Danion, J. M., ... & Eustache, F. (2007). The dynamic network subserving the three phases of cognitive procedural learning. *Human brain mapping*, 28, 12, 1415-1429.
- Hyde, T. S., & Jenkins, J. J. (1973). Recall for words as a function of semantic, graphic, and syntactic orienting tasks. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12, 5, 471-480.
- ** Jackson, G. M., Jackson, S. R., Harrison, J., Henderson, L., & Kennard, C. (1995). Serial reaction time learning and Parkinson's disease: Evidence for a procedural learning deficit. *Neuropsychologia*, 33, 5, 577-593.
- Janacsek, K., Fiser, J., & Nemeth, D. (2012). The best time to acquire new skills: Age-related differences in implicit sequence learning across the human lifespan. *Developmental science*, 15, 4, 496-505.

- Jongbloed-Pereboom, M., Overvelde, A., Nijhuis-Van der Sanden, M. W. G., & Steenbergen, B. (2018). Learning new letter-like writing patterns explicitly and implicitly in children and adults. *Journal of motor behavior*, 50, 6, 677-688.
- Jongbloed-Pereboom, M., Nijhuis-van der Sanden, M. W. G., & Steenbergen, B. (2019). Explicit and implicit motor sequence learning in children and adults; the role of age and visual working memory. *Human movement science*, 64, 1-11.
- Jusczyk, P. W., & Aslin, R. N. (1995). Infants' detection of the sound patterns of words in fluent speech. *Cognitive psychology*, 29, 1, 1-23.
- * *méta-analyses sélectionnées pour la revue systématique de*
 ** *articles sélectionnés pour la revue systématique de littérature*
- * Kal, E., Winters, M., van der Kamp, J., Houdijk, H., Groet, E., van Bennekom, C., & Scherder, E. (2016). Is implicit motor learning preserved after stroke ? A systematic review with meta-analysis. *PloS one*, 11, 12, 1-23.
- Karni, A., & Sagi, D. (1991). Where practice makes perfect in texture discrimination : Evidence for primary visual cortex plasticity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88, 11, 4966-4970.
- ** Kathmann, N., Rupertseder, C., Hauke, W., & Zaudig, M. (2005). Implicit sequence learning in obsessive-compulsive disorder: further support for the fronto-striatal dysfunction model. *Biological Psychiatry*, 58, 3, 239-244.
- ** Kim, J. S., Reading, S. A., Brashers-Krug, T., Calhoun, V. D., Ross, C. A., & Pearlson, G. D. (2004). Functional MRI study of a serial reaction time task in Huntington's disease. *Psychiatry Research : Neuroimaging*, 131, 1, 23-30.
- Kitchener, L., Alderson, P., Eisinga, A., Hetherington, J. & Owens, N. (2005). *Glossary of Terms in The Cochrane Collaboration*. Oxford : The Cochrane Collaboration.
- Kleynen, M., Braun, S. M., Rasquin, S. M., Bleijlevens, M. H., Lexis, M. A., Halfens, J., ... & Beurskens, A. J. (2015). Multidisciplinary views on applying explicit and implicit motor learning in practice : an international survey. *PLoS One*, 10, 8, 1-15.
- Korkman, M., Kirk, U. & Kemp, S. (2012). *Nepsy II – Manuel d'administration*. Montreuil : ECPA
- Knopman, D. S., & Nissen, M. J. (1987). Implicit learning in patients with probable Alzheimer's disease. *Neurology*, 37, 5, 784-784.
- ** Knopman, D. (1991). Long-term retention of implicitly acquired learning in patients with Alzheimer's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 13(6), 880-894.
- ** Knopman, D., & Nissen, M. J. (1991). Procedural learning is impaired in Huntington's disease: Evidence from the serial reaction time task. *Neuropsychologia*, 29(3), 245-254.
- ** Koch, I., Reverberi, C., & Rumiati, R. I. (2006). Learning hierarchically structured action sequences is unaffected by prefrontal-cortex lesion. *Experimental brain research*, 175, 4, 667-675.
- ** Kwak, Y., Müller, M. L., Bohnen, N. I., Dayalu, P., & Seidler, R. D. (2010). Effect of dopaminergic medications on the time course of explicit motor sequence learning in Parkinson's disease. *Journal of neurophysiology*, 103, 2, 942-949.
- ** Kwak, Y., Müller, M. L., Bohnen, N. I., Dayalu, P., & Seidler, R. D. (2012). I-DOPA changes ventral striatum recruitment during motor sequence learning in Parkinson's disease. *Behavioural brain research*, 230, 1, 116-124.
- Kwon, Y. H., Kwon, J. W., & Lee, M. H. (2015). Effectiveness of motor sequential learning according to practice schedules in healthy adults ; distributed practice versus massed practice. *Journal of physical therapy science*, 27, 3, 769-772.
- Knowlton, B. J., Squire, L. R., & Gluck, M. A. (1994). Probabilistic classification learning in amnesia. *Learning & memory*, 1, 2, 106-120.

- ** Laasonen, M., Väre, J., Oksanen-Hennah, H., Leppämäki, S., Tani, P., Harno, H., ... & Cleeremans, A. (2014). Project DyAdd: Implicit learning in adult dyslexia and ADHD. *Annals of dyslexia*, 64, 1, 1-33.
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., ... & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions : explanation and elaboration. *Annals of internal medicine*, 151, 4, 354-391.
- Lukács, A., & Kemény, F. (2014). Domain-general sequence learning deficit in specific language impairment. *Neuropsychology*, 28, 3, 472-483.
- * Lum, J. A., Ullman, M. T., & Conti-Ramsden, G. (2013). Procedural learning is impaired in dyslexia: Evidence from a meta-analysis of serial reaction time studies. *Research in developmental disabilities*, 34, 10, 3460-3476.
- * *méta-analyses sélectionnées pour la revue systématique de*
 ** *articles sélectionnés pour la revue systématique de littérature*
- Lundin-Olsson, L., Nyberg, L., & Gustafson, Y. (1997). Stops walking when talking as a predictor of falls in elderly people. *Lancet*, 349, 9052, 617.
- Martin, E. (2015). Chapitre 27 : La maladie de Parkinson. In Giromini, F., Albaret, J-M. & Scialom, P., *Manuel d'enseignement de psychomotricité 3. Clinique et thérapeutiques* (375-386). Paris : De Boeck Supérieur.
- Martin, E. J. (2018). Chapitre 12 : Manifestation psychomotrices du vieillissement pathologique : Maladie d'Alzheimer et maladie apparentée : des troubles moteurs dans la maladie d'Alzheimer ?. In Giromini, F., Albaret, J-M. & Scialom, P., *Manuel d'enseignement de psychomotricité 4. Sémiologie et nosographie psychomotrices* (642-649). Paris : De Boeck Supérieur.
- Mayor-Dubois, C., Maeder, P., Zesiger, P., & Roulet-Perez, E. (2010). Visuo-motor and cognitive procedural learning in children with basal ganglia pathology. *Neuropsychologia*, 48, 7, 2009-2017.
- McKhann, G. M. (2011). Changing concepts of Alzheimer disease. *Jama*, 305, 23, 2458-2459.
- ** Meissner, S. N., Krause, V., Südmeyer, M., Hartmann, C. J., & Pollok, B. (2018). The significance of brain oscillations in motor sequence learning : Insights from Parkinson's disease. *NeuroImage : Clinical*, 20, 448-457.
- ** Menghini, D., Hagberg, G. E., Caltagirone, C., Petrosini, L., & Vicari, S. (2006). Implicit learning deficits in dyslexic adults : An fMRI study. *NeuroImage*, 33, 4, 1218-1226.
- Meulemans, T., Van der Linden, M., & Perruchet, P. (1998). Implicit sequence learning in children. *Journal of experimental child psychology*, 69, 3, 199-221.
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., ... & Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic reviews*, 4, 1, 1-9.
- Munn, Z., Peters, M. D., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC medical research methodology*, 18, 1, doi:10.1186/s12874-018-0611-x.
- Musial, M., Pradère, F., & Tricot, A. (2019). *Comment concevoir un enseignement ?*. Paris : De Boeck Supérieur.
- ** Muslimović, D., Post, B., Speelman, J. D., & Schmand, B. (2007). Motor procedural learning in Parkinson's disease. *Brain*, 130, 11, 2887-2897.
- ** Mutter, S. A., Howard Jr, J. H., & Howard, D. V. (1994). Serial pattern learning after head injury. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 16, 2, 271-288.
- Nemanich, S. T., & Earhart, G. M. (2015). How do age and nature of the motor task influence visuomotor adaptation ?. *Gait & Posture*, 42, 4, 564-568.

- ** Nemeth, D., Csábi, E., Janacsek, K., Várszegi, M., & Mari, Z. (2012). Intact implicit probabilistic sequence learning in obstructive sleep apnea. *Journal of sleep research*, 21, 4, 396-401.
- Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (2007). Procedural learning difficulties : reuniting the developmental disorders ?. *TRENDS in Neurosciences*, 30, 4, 135-141.
- Nissen, M. J., & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning : Evidence from performance measures. *Cognitive psychology*, 19, 1, 1-32.
- ** Nissen, M. J., Willingham, D., & Hartman, M. (1989). Explicit and implicit remembering: When is learning preserved in amnesia?. *Neuropsychologia*, 27, 3, 341-352.
- ** Orrell, A. J., Eves, F. F., Masters, R. S. W., & MacMahon, K. M. M. (2007). Implicit sequence learning processes after unilateral stroke. *Neuropsychological rehabilitation*, 17, 3, 335-354.
- ** Pascual-Leone, A., Grafman, J., Clark, K., Stewart, M., Massaquoi, S., Lou, J. S., & Hallett, M. (1993). Procedural learning in Parkinson's disease and cerebellar degeneration. *Annals of Neurology : Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society*, 34, 4, 594-602.

* *méta-analyses sélectionnées pour la revue systématique de*

** *articles sélectionnés pour la revue systématique de littérature*

- ** Pedersen, A., & Rist, F. (2001). Implicit memory in schizotypal subjects and normal controls: effects of a secondary task on sequence learning. *Perceptual and motor skills*, 92, 2, 349-367.
- ** Pedersen, A., Siegmund, A., Ohrmann, P., Rist, F., Rothermundt, M., Suslow, T., & Arolt, V. (2008). Reduced implicit and explicit sequence learning in first-episode schizophrenia. *Neuropsychologia*, 46, 1, 186-195.
- ** Pedersen, A., Küppers, K., Behnken, A., Kroker, K., Schöning, S., Baune, B. T., ... & Suslow, T. (2009). Implicit and explicit procedural learning in patients recently remitted from severe major depression. *Psychiatry research*, 169, 1, 1-6.
- Perruchet, P. (1988). *Les Automatismes cognitifs*. Liège-Bruxelles : Editions Mardaga.
- Pless, M., & Carlsson, M. (2000). Effects of motor skill intervention on developmental coordination disorder : A meta-analysis. *Adapted physical activity quarterly*, 17, 4, 381-401.
- Polatajko, H. J., Mandich, A. D., Miller, L. T., & Macnab, J. J. (2001). Cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP) part II the evidence. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 20, 2-3, 83-106.
- Poncet, F. (2015), *Manuel d'utilisation de Pubmed : utilisation de la base bibliographique Medline via l'interface d'interrogation Pubmed*. Version 5. Doi : 10.13140/RG.2.1.4606.2568
- ** Przekoracka-Krawczyk, A., Nawrot, P., Kopyciuk, T., & Naskręcki, R. (2015). Implicit motor learning is impaired in strabismic adults. *Journal of vision*, 15, 11, 6-6.
- ** Przekoracka-Krawczyk, A., Brenk-Krakowska, A., Nawrot, P., Rusiak, P., & Naskręcki, R. (2017). Unstable binocular fixation affects reaction times but not implicit motor learning in dyslexia. *Investigative ophthalmology & visual science*, 58, 14, 6470-6480.
- ** Purdon, S. E., Waldie, B., Woodward, N. D., Wilman, A. H., & Tibbo, P. G. (2011). Procedural learning in first episode schizophrenia investigated with functional magnetic resonance imaging. *Neuropsychology*, 25, 2, 147.
- ** Rauch, S. L., Wright, C. I., Savage, C. R., Martis, B., McMullin, K. G., Wedig, M. M., ... & Keuthen, N. J. (2007). Brain activation during implicit sequence learning in individuals with trichotillomania. *Psychiatry Research : Neuroimaging*, 154, 3, 233-240.
- Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 6, 6, 855-863.
- Reber, A. S. (1993). *Implicit learning and tacit knowledge : An essay on the cognitive unconscious*. Oxford : Oxford University Press.
- ** Reiss, J. P., Campbell, D. W., Leslie, W. D., Paulus, M. P., Ryner, L. N., Polimeni, J. O., ... & Sareen, J. (2006). Deficit in schizophrenia to recruit the striatum in implicit learning: a functional magnetic resonance imaging investigation. *Schizophrenia research*, 87, 1-3, 127-137.
- Robertson, E. M., & Cohen, D. A. (2006). Understanding consolidation through the architecture of memories. *The Neuroscientist*, 12, 3, 261-271.
- Robertson, E. M. (2007). The serial reaction time task : implicit motor skill learning ?. *Journal of Neuroscience*, 27, 38, 10073-10075.
- Rosenbaum, D. A., Carlson, R. A., & Gilmore, R. O. (2001). Acquisition of intellectual and perceptualmotor skills. *Annual review of psychology*, 52, 1, 453-470.
- ** Rüsseler, J., Gerth, I., & Münte, T. F. (2006). Implicit learning is intact in adult developmental dyslexic readers: Evidence from the serial reaction time task and artificial grammar learning. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28, 5, 808-827.
- * Ruitenberg, M. F., Duthoo, W., Santens, P., Notebaert, W., & Abrahamse, E. L. (2015). Sequential movement skill in Parkinson's disease: a state-of-the-art. *Cortex*, 65, 102-112.

analyses sélectionnées pour la revue systématique littérature

* *méta-*

Schéner, H., Stip, E., Paquet, F., & Bédard, M. A. (2003). Mild procedural learning disturbances in neuroleptic-naive patients with schizophrenia. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 15, 1, 58-63.

de

Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological review*, 82, 4, 225-260.

Schmidt, R. A. (1993). *Apprentissage moteur et performance*. Paris : Vigot.

Schmidt, R. A., & Wrisberg, C. A. (2008). *Motor learning and performance : A situation-based learning approach*. Leeds : Human kinetics.

** Schmitz, X., Bier, N., Joubert, S., Lejeune, C., Salmon, E., Rouleau, I., & Meulemans, T. (2014). The benefits of errorless learning for serial reaction time performance in Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 39, 2, 287-300.

Shadmehr, R., Smith, M. A., & Krakauer, J. W. (2010). Error Correction, Sensory Prediction, and Adaptation in Motor Control. *Annual Review of Neuroscience*, 33, 1, 89-108.

Sherry, D. F., & Schacter, D. L. (1987). The evolution of multiple memory systems. *Psychological review*, 94, 4, 439-454.

** Shin, J. C., Aparicio, P., & Ivry, R. B. (2005). Multidimensional sequence learning in patients with focal basal ganglia lesions. *Brain and cognition*, 58, 1, 75-83.

* Siegert, R. J., Taylor, K. D., Weatherall, M., & Abernethy, D. A. (2006). Is implicit sequence learning impaired in Parkinson's disease ? A meta-analysis. *Neuropsychology*, 20, 4, 490.

* Siegert, R. J., Weatherall, M., & Bell, E. M. (2008). Is implicit sequence learning impaired in schizophrenia? A meta-analysis. *Brain and Cognition*, 67, 3, 351-359.

Soliveri, P., Brown, R. G., Jahanshahi, M., Caraceni, T., & Marsden, C. D. (1997). Learning manual pursuit tracking skills in patients with Parkinson's disease. *Brain : a journal of neurology*, 120, 8, 1325-1337.

** Sommer, M., Grafman, J., Clark, K., & Hallett, M. (1999). Learning in Parkinson's disease: eyeblink conditioning, declarative learning, and procedural learning. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 67, 1, 27-34.

Squire, L. R., Knowlton, B., & Musen, G. (1993). The structure and organization of memory. *Annual review of psychology*, 44, 1, 453-495.

Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain : a brief history and current perspective. *Neurobiology of learning and memory*, 82, 3, 171-177.

Smith, J. G., Siegert, R. J., McDowall, J., & Abernethy, D. (2001). Preserved Implicit Learning on Both the Serial Reaction Time Task and Artificial Grammar in Patients with Parkinson's Disease. *In Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, Vol. 23, No. 23.

* Smits-Bandstra, S., & Luc, F. (2007). Sequence skill learning in persons who stutter: implications for cortico-striato-thalamo-cortical dysfunction. *Journal of fluency disorders*, 32, 4, 251-278.

** Stefanova, E. D., Kostic, V. S., Ziropadja, L., Markovic, M., & Ocic, G. G. (2000). Visuomotor skill learning on serial reaction time task in patients with early Parkinson's disease. *Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society*, 15, 6, 1095-1103.

** Stephan, M. A., Meier, B., Zaugg, S. W., & Kaelin-Lang, A. (2011). Motor sequence learning performance in Parkinson's disease patients depends on the stage of disease. *Brain and cognition*, 75, 2, 135-140.

analyses sélectionnées pour la revue systématique littérature

** *articles sélectionnés pour la revue systématique de littérature*

* méta-

- ** Stevens, A., Peschk, I., & Schwarz, J. (2007). Implicit learning, executive function and hedonic activity in chronic polydrug abusers, currently abstinent polydrug abusers and controls. *Addiction*, 102, 6, 937-946.
- ** Stoodley, C. J., Harrison, E. P., & Stein, J. F. (2006). Implicit motor learning deficits in dyslexic adults. *Neuropsychologia*, 44, 5, 795-798.
- Tallet, J., Kostrubiec, V., & Zanone, P. G. (2008). The role of stability in the dynamics of learning, memorizing, and forgetting new coordination patterns. *Journal of Motor Behavior*, 40, 2, 103-116.

de

- Thomas, K. M., Hunt, R. H., Vizueta, N., Sommer, T., Durston, S., Yang, Y., & Worden, M. S. (2004). Evidence of developmental differences in implicit sequence learning : an fMRI study of children and adults. *Journal of cognitive neuroscience*, 16, 8, 1339-1351.
- Tulving, E. (2002). Episodic memory : From mind to brain. *Annual review of psychology*, 53, 1, 1-25.
- ** Vakil, E., Kahan, S., Huberman, M., & Osimani, A. (2000). Motor and non-motor sequence learning in patients with basal ganglia lesions: the case of serial reaction time (SRT). *Neuropsychologia*, 38, 1, 1-10.
- ** Vakil, E., Kraus, A., Bor, B., & Groswasser, Z. (2002). Impaired skill learning in patients with severe closed-head injury as demonstrated by the serial reaction time (SRT) task. *Brain and cognition*, 50, 2, 304-315.
- ** Van Tilborg, I. A., & Hulstijn, W. (2010). Implicit motor learning in patients with Parkinson's and Alzheimer's disease : differences in learning abilities ?. *Motor Control*, 14, 3, 344-361.
- ** Van Tilborg, I. A., Kessels, R. P., Kruijt, P., Wester, A. J., & Hulstijn, W. (2011). Spatial and nonspatial implicit motor learning in Korsakoff's amnesia : evidence for selective deficits. *Experimental Brain Research*, 214, 3, 427-435.
- ** Vandenbossche, J., Deroost, N., Soetens, E., Coomans, D., Spildooren, J., Vercruyse, S., ... & Kerckhofs, E. (2013). Impaired implicit sequence learning in Parkinson's disease patients with freezing of gait. *Neuropsychology*, 27, 1, 28.
- Vogel, D. & Dussutour, A. (2016). Direct transfer of learned behaviour via cell fusion in non-neural organisms. *Proceedings of the Royal Society B : Biological Sciences*, 283, 1845, 20162382.
- ** Wang, X. P., Sun, B. M., & Ding, H. L. (2009). Changes of procedural learning in Chinese patients with non-demented Parkinson disease. *Neuroscience letters*, 449, 3, 161-163.
- ** Werheid, K., Zysset, S., Müller, A., Reuter, M., & von Cramon, D. Y. (2003). Rule learning in a serial reaction time task : an fMRI study on patients with early Parkinson's disease. *Cognitive Brain Research*, 16, 2, 273-284.
- West, G., Vadillo, M. A., Shanks, D. R., & Hulme, C. (2019). The procedural deficit hypothesis of language learning disorders : We still see some serious problems. *Developmental science*, 22, 4, e12813.
- Wiesel, T. N., & Hubel, D. H. (1963). Single-cell responses in striate cortex of kittens deprived of vision in one eye. *Journal of neurophysiology*, 26, 6, 1003-1017.
- Wilson, P. H., Smits-Engelsman, B., Caeyenberghs, K., Steenbergen, B., Sugden, D., Clark, J., ... & Blank, R. (2017). Cognitive and neuroimaging findings in developmental coordination disorder : new insights from a systematic review of recent research. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 59, 11, 1117-1129.
- Winnicot, D.W. (1975). *Jeu et réalité*. Paris : Gallimard.

analyses sélectionnées pour la revue systématique littérature

** articles sélectionnés pour la revue systématique de littérature

* *mé*ta-

** Woodward, N. D., Tibbo, P., & Purdon, S. E. (2007). An fMRI investigation of procedural learning in unaffected siblings of individuals with schizophrenia. *Schizophrenia research*, 94, 1-3, 306-316.

Wu, T., Kansaku, K., & Hallett, M. (2004). How self-initiated memorized movements become automatic: a functional MRI study. *Journal of neurophysiology*, 91, 4, 1690-1698.

** Wu, T., & Hallett, M. (2005). A functional MRI study of automatic movements in patients with Parkinson's disease. *Brain*, 128, 10, 2250-2259.

** Zedkova, L., Woodward, N. D., Harding, I., Tibbo, P. G., & Purdon, S. E. (2006). Procedural learning in schizophrenia investigated with functional magnetic resonance imaging. *Schizophrenia research*, 88, 1-3, 198-207.

Zwart, F. S., Vissers, C. T. W., Kessels, R. P., & Maes, J. H. (2019). Procedural learning across the lifespan : A systematic review with implications for atypical development. *Journal of neuropsychology*, 13, 2, 149-182.

de

analyses sélectionnées pour la revue systématique littérature

** *articles sélectionnés pour la revue systématique de littérature*

* *mé*-

analyses sélectionnées pour la revue systématique de littérature

** *articles sélectionnés pour la revue systématique de littérature*

ANNEXES

RESUME

Pour le psychomotricien, l'apprentissage procédural est souvent au centre des prises en charge. Ce mémoire est la première étape en vue de l'élaboration d'un outil de mesure pour évaluer les capacités d'apprentissage procédural.

Après avoir défini ce qu'est l'apprentissage procédural, une revue systématique de littérature s'interroge sur comment les pathologies chez les adultes et les personnes âgées influencentelles l'apprentissage procédural de tâches séquentielles ? L'altération de l'apprentissage procédural dans des pathologies vues par les psychomotriciens justifierait de construire un outil d'évaluation de ces compétences, afin de mieux situer les possibilités du patient et d'adapter sa prise en charge. Ce mémoire s'est concentré sur l'apprentissage de séquences motrices avec l'outil de SRTT, avec un focus plus particulier sur la Maladie d'Alzheimer et la Maladie de Parkinson.

La revue montre que les capacités d'apprentissage procédural diffèrent d'une pathologie à l'autre et permettent d'évaluer l'aggravation d'une pathologie. La SRTT est un outil valide, facile d'utilisation et qui s'adapte facilement aux spécificités de chaque patient. Nos résultats suggèrent l'intérêt de la création d'un tel outil.

Mots-clés : apprentissage procédural, séquence motrice, SRTT, adulte/sénior, maladie d'Alzheimer, Maladie de Parkinson

SUMMARY

For occupational therapist, procedural learning is often at the center of care. This dissertation is the first step towards the development of a measurement tool to assess procedural learning skills.

After defining what is procedural learning, a systematic review of the literature examines how pathologies in adults and the elderly influence procedural learning of sequential tasks ? The alteration of procedural learning in pathologies seen by occupational therapist would justify building a tool for evaluating these skills, in order to better situate the patient's possibilities and to adapt their management. This dissertation focused on learning motor sequences with SRTT tools, with a particular focus on Alzheimer's disease and Parkinson's disease.

The review shows that procedural learning skills differ from one pathology to another and allow to assess the worsening of a pathology. The SRTT is a valid tool, easy to use and which adapts easily to the specificities of each patient. Our results suggest the interest of creating such a tool.

Keywords : procedural learning, motor sequence, SRTT, adult/aged, Alzheimer's Disease, Parkinson Disease

