

Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou

Faculté des sciences humaines et sociales

Département des sciences sociales

Filière d'orthophonie



***Étude de la corrélation entre les fonctions
exécutives et la rotation mentale chez les
patients présentant une sclérose en plaque
Etude comparative avec les normaux***

*Mémoire fin étude en orthophonie spécialité neurolinguistique
clinique*

Réalisé par :

- BAAZIZ Arezki***
- CHAIBI Sabrina***

Encadré par :

TACHAABOUT Hakima

Session 2019-2020

Remerciements :

Nos sincères remerciements vont en premier lieu à notre directrice de ce mémoire Madame Tachaabout Hakima pour tout ce qu'elle a fait pour nous tout au long de ce travail.

Son encouragement a toujours été pour nous une lumière pour mieux comprendre notre étude de recherche, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils.

Nous remercions également Madame Ould youcef Hayet qui nous a beaucoup aidé, ainsi que Madame Amroune Saida, Monsieur Bara sidhmed, Madame Sehraoui Nadia, qui ne nous ont pas épargnés de leurs conseils.

On tient à remercier toutes les personnes qui nous ont aidé, y compris le chef du service de neurologie de Baloua professeur Daoudi Smail, sans oublier aussi le personnel de la polyclinique de la nouvelle ville de Tizi-Ouzou.

On voudrait aussi exprimer notre reconnaissance envers nos amis et collègues pour leurs support moral et intellectuel.

Arezki et Sabrina

Dédicace

Du profond de mon Cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers

Je dédie ce travail marquant ma de ma vie à la mémoire de mon père disparu tôt. J'espéré, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de sa fille qui a toujours pris pour le salut de son âme. Puissent le dieu puissant l'avoir en sa sainte miséricorde.

A ma très chère mère, quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurais la remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mes chers frères qui m'ont toujours soutenues ainsi que ma belle-sœur et mes neveux d'amour " Islame " & "Imane".

A ma deuxième famille, merci pour tout.

A mon Ami et frère "Ahcen qui m'a beaucoup aidé et soutenue.

A ma sœur du Cœur "Lila" et toute sa famille.

A mes chers amis (es) merci beaucoup pour les bons moments partagés ensemble et pour votre soutien.

Sans Oublier mon cher binôme "Arezki" et toute sa famille.

A la personne la plus chère à mon Cœur, merci d'être là pour moi.

A tous ceux qui m'ont aidé à la réalisation de ce travail.

Sabrina

Dédicace

Je remercie le bon dieu qui ma donné la force et foi pour terminer ma carrière universitaire et ses fruits sont dans cette humble recherche.

Je dédie ce modeste travail en particulier à ma grand-mère "ouiza" à qui je souhaite longue vie, et bonne santé.

À mes chers partants, qui m'ont toujours soutenu face aux obstacles que j'ai rencontrés. Je ferai de tout mon mieux pour vous rendre heureux et fière de moi.

A mes trésors frères et sœurs que j'admire (**Djouhar, Maziane, Yasmine, Fatima, et Mahmoud**) je vous remercie pour votre chaleureux amour et l'ambiance ainsi que le soutien et à votre présence à mes côtés.

A l'homme fer que je n'ai jamais vu auparavant "**DADA HAKIM**" qui m'a rien épargné que ce soit financièrement ou moralement, et qui m'a toujours encouragé et d'aller le plus loin dans mes projets.

A mes chères amis(e): (**Nassim , Nourrdine , Raddouane , Karim , Ghiles , fatima , lola , Naouara , Katia , taous , Radia ,Zadjiga, assia** et m'a chère binôme **sabrina**). Et spécialement a mon intime ami **kadi**

Je n'oublierai à jamais les beaux moments qu'on a passé ensemble, je vous admire et je vous souhaite que du bonheur et la réussite dans votre vie.

A mes fleurs **Lycia , Amelia , Syrrine**

AREZKI BAAZIZ

Résumé

L'objectif de notre étude vise à étudier la corrélation entre les fonctions exécutives sur l'opération de la rotation mentale chez les personnes présentant une sclérose en plaque d'une part, et de l'autre part une étude de la différence significative entre ces domaines on les comparant avec les normaux. Pour répondre à nos questions on a utilisé la méthode descriptive comparative. Et notre échantillon est composé de 20 cas présentant de la Sclérose en plaque et 20 saints, âges de 17 à 52ans, et comme utiles d'évaluation : le stroop pour l'inhibition, la mémoire des chiffres de Weschler pour la mémoire de travail, le TMT pour la planification, on a aussi appliqué le test RMT-A pour la rotation mentale et le test de la Bref.

Et pour atteindre notre objectif on a posé un ensemble de questions, celles qui correspondent à notre étude :

Les questions principales :

1-Est ce qu'il Ya une corrélation entre les fonctions exécutives sur l'opération de la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque ?

2-Est ce qu'il y'a une différence significative entre les normaux et les patients présentant une sclérose en plaque au niveau des fonctions exécutives et la rotation mentale ?

Les questions secondaires :

1-1 Est ce qu'il y'a une corrélation entre l'inhibition et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque ?

1-2 Est ce qu'il y'a une corrélation entre mémoire de travail et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque ?

1-3 Est ce qu'il y'a une corrélation entre la flexibilité mentale et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque ?

1-4 Est ce qu'il y'a une corrélation entre la planification et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque ?

2-1 Est ce qu'il existe une différence significative, entre les patients présentant une sclérose en plaque et les normaux au niveau de l'inhibition ?

2-2 Est ce qu'il y'a une différence significative entre les patients présentant une sclérose en plaque et les personnes normaux au niveau de la mémoire de travail ?

2-3 Est ce qu'il y'a une différence significative entre les patients présentant une sclérose en plaque et les normaux au niveau de la flexibilité mentale ?

- 2 Est ce qu'il y'a une différence significative entre les patients présentant une sclérose en plaque et les normaux au niveau de la planification ?
- 3 Est ce qu'il y'a une différence significative entre les patients présentant une sclérose en plaque et les normaux au niveau de la rotation mentale ?

Hypothèses principales :

1-il y'a une corrélation entre les fonctions exécutives et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque.

2-il y'a une différence significative entre les normaux et les patients présentant une sclérose en plaque au niveau des fonctions exécutives sur l'opération de rotation mentale sur les patients présentant une sclérose en plaque.

Hypothèses secondaires :

- 1-1 Il y'a une corrélation entre l'inhibition et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque.
- 1-2 Il y'a une corrélation entre mémoire de travail et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque.
- 1-3 Il y'a une corrélation entre la flexibilité mentale et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque
- 1-4 Il y'a une corrélation entre la planification et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque?
- 2-1 Il existe une différences significative, entre les patients présentant la sclérose en plaque et les normaux au niveau de l'inhibition?
- 2-2 Il y'a une différence significative entre les patients présentant la sclérose en plaque et les personnes normaux au niveau de la mémoire de travail?
- 2-3 Il y'a une différence significative entre les patients présentant la sclérose en plaque et les normaux au niveau de la flexibilité mentale?
- 2-4 Il y'a une différence significative entre les patients présentant la sclérose en plaque et les normaux au niveau de la planification?
- 2-5 Il y'a une différence significative entre les patients présentant la sclérose en plaque et les normaux au niveau de la rotation mentale?

D'après les résultats obtenue, la corrélation a été testé avec le test de **Pearson (r)**, et le **t test** pour la différence significative pour évaluer les patients présentant une sclérose en plaque et les normaux. Et d'après les résultats du logiciel Spss on a constaté que les

hypothèses de la corrélation sont infirmées que ce soit la principal ou les hypothèses secondaires, notamment celles de t test sont confirmer.

الملخص الدراسة:

تهدف دراستنا الحالية إلى دراسة علاقة الوظائف التنفيذية بعملية التدوير الذهني لدى المصابين بالتصلب اللويحي ، كما هدفت الدراسة إلى البحث عن الفروق ذات دالة إحصائية بين المصابين بالتصلب اللويحي و العاديين، في كل من العمليات التنفيذية (سياق الكف ،التخطيط، الذاكرة العاملة ، المرونة و عملية التدوير الذهني) ،و للإجابة على التساؤلات المطروحة استخدمنا المنهج الوصفي المقارن على عينة مكوّنة من 40 فرد، 20 حالة مصابة بالتصلب اللويحي و20 عادية ،و قد شملت أدوات الدراسة على مختلف الاختبارات لتقييم الوظائف التنفيذية كاختبار Stroop لتقييم سياق الكف و التخطيط MCST، و اختبار TMT للمرونة و اختبار WCHLER للذاكرة العاملة و كذلك اختبار RMT-A و اختبار تقييم عملية التدوير الذهني ، و للوصول إلى هدف الموضوع طرحنا التساؤلات التالية :

التساؤلات العامة:

- 1- هل هناك علاقة بين الوظائف التنفيذية و عملية التدوير الذهني لدى المصابين بالتصلب اللويحي ؟
- 2- هل هناك فروق دالة إحصائية بين العاديين و المصابين بالتصلب اللويحي على مستوى الوظائف التنفيذية و عملية التدوير الذهني ؟

التساؤلات الجزئية:

- 1-1- هل هناك علاقة بين الكف المعرفي و عملية التدوير الذهني لدى المصابين بالتصلب اللويحي ؟
- 1-2- هل هناك علاقة بين الذاكرة العاملة و عملية التدوير الذهني لدى المصابين بالتصلب اللويحي ؟
- 1-3- هل هناك علاقة بين الذاكرة العاملة و المرونة المعرفية لدى المصابين بالتصلب اللويحي ؟
- 1-4- هل هناك علاقة بين التخطيط و عملية التدوير الذهني لدى المصابين بالتصلب اللويحي ؟
- 2-1- هل هناك فروق دالة إحصائية بين العاديين و المصابين بالتصلب اللويحي على مستوى الكف المعرفي ؟
- 2-2- هل هناك فروق دالة إحصائية بين العاديين و المصابين بالتصلب اللويحي على مستوى الذاكرة العاملة ؟
- 2-3- هل هناك فروق دالة إحصائية بين العاديين و المصابين بالتصلب اللويحي على مستوى المرونة المعرفية ؟
- 2-4- هل هناك فروق دالة إحصائية بين العاديين و المصابين بالتصلب اللويحي على مستوى التخطيط ؟
- 2-5- هل هناك فروق دالة إحصائية بين العاديين و المصابين بالتصلب اللويحي على مستوى عملية التدوير الذهني ؟

و تم صياغة فرضيات الدراسة على النحو التالي :

الفرضيات العامة:

- 1- هناك علاقة بين الوظائف التنفيذية و عملية التدوير الذهني لدى المصابين بالتصلب اللويحي .
- 2- هناك فروق دالة إحصائية بين العاديين و المصابين بالتصلب اللويحي على مستوى الوظائف التنفيذية و عملية التدوير الذهني.

الفرضيات الجزئية:

- 1-3- هناك علاقة بين الكف المعرفي و عملية التدوير الذهني لدى المصابين بالتصلب اللويحي.
- 2-1- هناك علاقة بين الذاكرة العاملة و عملية التدوير الذهني لدى المصابين بالتصلب اللويحي .
- 3-1- هناك علاقة بين الذاكرة العاملة و المرونة المعرفية لدى المصابين بالتصلب اللويحي .
- 4-1- هناك علاقة بين التخطيط و عملية التدوير الذهني لدى المصابين بالتصلب اللويحي .
- 1-4- هناك فروق دالة إحصائية بين العاديين و المصابين بالتصلب اللويحي على مستوى الكف المعرفي .

2-2- هناك فروق دالة إحصائية بين العاديين و المصابين بالتصلب اللويحي على مستوى الذاكرة العاملة .

3-2- هناك فروق دالة إحصائية بين العاديين و المصابين بالتصلب اللويحي على مستوى المرونة المعرفية .

4-2- هناك فروق دالة إحصائية بين العاديين و المصابين بالتصلب اللويحي على مستوى التخطيط.

5-2- هناك فروق دالة إحصائية بين العاديين و المصابين بالتصلب اللويحي على مستوى عملية التدوير الذهني .

و من خلال النتائج المتحصل عليها عن طريق حساب معامل الارتباط (r) بيرسون للعامة بين المتغيرين و كذلك إختبار (t) لقياس الفروق بين العاديين و المرضى و تحليلنا لنتائج الدراسة من خلال برنامج SPSS توصلنا إلى عدم تحقق الفرضيات المتعلقة بالعلاقة بين الوظائف التنفيذية و عملية التدوير الذهني لدى المصابين بالتصلب اللويحي ، و تحقق الفرضيات المتعلقة بإختبار (t) للفروق الدالة إحصائية بين العاديين و المرضى .

Sommaire

Introduction général	
Chapitre 01 :Problématique .	
1-Problématique .	
2-Hypothèses .	
3- Les raisons du choix de notre étude .	
4- L'objectif général .	
5- Le but de notre étude .	
6- Les mots clés .	
Chapitre 02 :La sclérose en plaque	
Introduction	
I. Partie 01 : état normal de système nerveux centrale.	
1- Un rappelle générale du système nerveux .	
2- Le tissu nerveux .	
3- les cellules gliales .	
4- Les synapses .	
5-Les différents neurotransmetteurs	
6- La gaine de myéline (la myéline)	
7-les roles de la couche de myéline et des nœuds de Ranvier	
Partie deuxième : La sclérose en plaque	
1-histoire de la sclérose en plaque	
2- Définitions de sclérose en plaques .	

3- Epidémiologie .	
4-Conséquence fonctionnelles de destruction myélinique	
5-ANATOMOPATHOLOGIE : LES PLAQUES DE DÉMYÉLINISATION.	
6- PHYSIOPATHOLOGIE :	
7-Evolution naturelle de la maladie:	
8-Répartition selon l'âge et le sexe:	
9-les formes de la sclérose en plaque .	
10-Etiopathologie (causes) de la maladie de la sclérose en plaque :	
11- Identifier et gérer une poussée	
12- Les symptômes de sclérose en plaques :	
13-Le diagnostique de la sclérose en plaque :	
14- Traitement de la sclérose en plaques :	
15- rééducation	
16-Conseils	
Conclusion	
Chapitre 03 :Les fonctions exécutives	
1- définition des fonctions exécutives	
2- Le développement de la fonction exécutive	
3-Les situations d'intervention des fonctions exécutives	
4- Notions des fonctions exécutives	
-Mémoire de travail	
-flexibilité cognitive	
-Planification	
-Mécanisme inhibition	

5-la relation des habilités du fonctionnement exécutif	
6- Les modèles théoriques des fonctions exécutives :	
7- Le rôle des fonctions exécutives :	
8- Anatomie	
9-les fonctions executives chez les presonnes agée	
10- Les troubles des fonctions exécutives	
11-les troubles associé	
12-les difficultés liées à l'évaluation des fonctions exécutives	
13- Fonction exécutives dans la SEP	
Chapitre 04 :La rotation mentale	
Introduction	
La première partie : L'image mentale	
1- Définition de l'image mentale.	
2- Les théories et modèles explicatifs des effets de l'image mentale	
3- Les images mentales chez jean piaget	
4-les images reproductrice anticipatrices selon jean piaget	
5- les différents types d'imagerie	
6- la perception et l'image mentale	
7-Bases neurocognitives d'imagerie : anatomie fonctionnelle	
La deuxième partie : Rotation mental	
Introduction	
1- Définition de la rotation mental	
2-Les types de rotation mentale	
3-genèse de la rotation mental des	
4- Système de représentation imagées concernant un groupe transformation spatial (i.vhr)	
6- La nature des représentations, imagées à contenu spatial	
7- Les apports de la psychologue cognitive	
A. Le rapport de « Shepend »	
B. Le rapport de « Marmor »	
8-les études de rotation mentale de l'objet	

Conclusion	
Chapitre 5: Méthodologie de travail	
Introduction	
1-Etude exploratoire	
2-Méthode de recherche	
3-Lieux d'étude et la durée	
4-Présentation de l'échantillon	
5-Outils d'évaluation	
5-1-les tests	
5-2-les outils statistiques	
chapitre 06 ; Analyse et discussion des résultats	
1_ présentation des résultats	
1-1 présentation des résultats de l'inhibition	
1-2 présentation des résultats de la mémoire de travail	
1-3 présentation des résultats de la flexibilité mentale	
1-4 présentation des résultats de la planification	
1-5 présentation des résultats de la rotation mentale	
1-6 présentation des résultats de la Bref	
2-Analyse des résultats	
2-1 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (1-1)	
2-2 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (1_2)	
2-3 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (1-3)	
2-4 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (1-4)	
2-5 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (1-5)	
2-6 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (2-1)	
2-7 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (2-2)	
2-8 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (2-3)	
2-9 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (2-4)	
2-10 Analyse des résultats de l'hypothèse principale (1)	
2-11 Analyse des résultats de l'hypothèse principale (2)	
3-Discussion des résultats :	
3-1 Discussion des résultats de la première hypothèse (1-1)	
3-2 Discussion des résultats de la deuxième hypothèse (1-2)	
3-3 Discussion des résultats de la troisième hypothèse (1-3)	
3-4 Discussion des résultats de la quatrième hypothèse (1-4)	
3-5 Discussion des résultats de la cinquième hypothèse (2-1)	
3-6 Discussion des résultats de la sixième hypothèse (2-2)	

3-7	Discussion des résultats de la sixième hypothèse (2-3)	
3-8	Discussion des résultats de la sixième hypothèse (2-4)	
2-9	Discussion des résultats de la sixième hypothèse(2-5)	
2-10	Discussion des résultats de la bref (2-6)	
2-11	Discussion des résultats de hypothèse principale (1)	
2-12	Discussion des résultats de hypothèse principale (2)	
4	Synthèse des résultats	
	Conclusion générale	
	Bibliographe	
	Annexes	

Index de tableau et de formulaire

Index de tableau

N°	Titre	Page
1	les rôles pour chaque niveau d'organisation du système nerveux	
2	Les différents types de cellules gliales	
3	Les symptômes des la sclérose en plaque	
4	le syndrome exécutives d'après michèle mazeau	
5	caractéristique des cas normaux	
6	caractéristique des cas sclérose en plaque	
7	tableau présente les résultats de l'inhibition	
8	tableau présente les résultats de lamémoire du travail	
9	tableau présente les résultats de la flexibilité mentale	
10	tableau présente les résultats de la planification	
11	tableau présente les résultats de la rotation mentale	
12	tableau présente les résultats de la Bref	
13	Résultats de la corrélation entre la rotation mentale et l'inhibition.	
14	Résultats de la corrélation entre la rotation mentale et la mémoire de travail	
15	Résultats de la corrélation entre la rotation mentale et la flexibilité mentale	
16	Résultats de la corrélation entre la rotation mentale et la planification	
17	Résultats de l'inhibition après l'analyse comparative du t test	
18	résultats de la mémoire de travail après l'analyse comparative du t test	
19	résultats de la flexibilité mentale après l'analyse	

	comparative du t test	
20	résultats de la planification après l'analyse comparative du t test	
21	résultats de la rotation mentale après l'analyse comparative du t test	
22	résultats de la Bref après l'analyse comparative du t test	
23	Résultat de la corrélation entre les fonctions exécutives et la rotation mentale.	
24	Résultat de la hypothèse principale	

Index de figures

N°	Titre	Page
1	Détail du système nerveux	
2	le système nerveux central	
3	Le tissu nerveux	
4	Classification structurel des neurones	
5	la structure de neurone	
6	Les principales cellules gliales (astrocyte,microglie,oligodendrocyte,épendynocytes)	
7	la synapse	
8	Représentation schématique des différentes étapes conduisant à la compaction de la myéline.	
9	Conduction saltatoire (axone myélinisé)	
10	Le neurone et la gaine de myéline	
11	Image des lésions médullaires.	
12		
13	les quatre principaux de profils de la démyélinisation dans la	
14	Démyélinisation d'origine immunitaire	
15	forme récurrente-rémittente	
16	Forme secondairement progressive	
17	Forme primaire progressive	
18	Rémittente progressive ou progressive à rechutes	
19	Une poussée	
20	les lésions caractéristiques de la Sep en T2 et en DP.	
21	séquence axiale pondérée T2(haut) et séquence flair .	
22	IRM cérébral et IRM médullaire atteint de la sepMoreau	
23	IRM ET SCLÉROSE EN PLAQUES	
24	Prélèvement du LCR par la ponction lombaire	
25	Les lobes cérébraux	

26	Représentation schématique du cortex cérébral de l'homme (SANS, 2009).	
27	Représentation des différentes zones du lobe frontal à partir des aires citoarchitectoniques de Brodman	
28	IRMf: Implication marquée du cortex préfrontal implication du cortex pariétal	
29	Activation de la voie dorsale exploration visuelle	
30	: Activation de la voie dorsale exploration mentale	
31	Les stimuli utilisés par Marmor (1975, 1977)	
32	Les stimuli utilisés par Shepard (Shepard et Cooper, 1982)	

:

Index de chima

N°	Titre	Page
1	Classification fonctionnelle des neurones	
2	Part respective des poussés et de l'aggravation progressive dans l'évaluation de la sep	
3	modèle des marqueurs somatique de damasio	
4	Altération des fonctions exécutives	
5		
6		

Introduction générale

Le système nerveux central est constitué de la matière grise et de la matière blanche. Chaque région du système nerveux (qu'il s'agisse de la matière grise et blanche) remplit une fonction spécifique, par exemple le traitement des informations visuelles, de la lecture, de la parole etc.

La matière grise est constituée des corps cellulaires des neurones, elle reçoit, analyse et produit les signaux qui sont à la base de nos perceptions, émotions et comportements. Ces signaux sont transmis d'un point à un autre du système nerveux par la matière blanche grâce aux axones qui la constituent et qui permettent à un courant généré dans le Corps Cellulaire des neurones de se propager sur de grandes distances. Cette fonction est assistée par des cellules (Oligodendrocytes) qui déposent une gaine de myéline entourant les axones et jouant ainsi le rôle primordial d'isolant. L'isolant par la gaine de myéline permet aux signaux électriques de circuler plus rapidement le long de l'axone. **(Dupuis.al,2010)**

La sclérose en plaque est la plus fréquente des pathologies inflammatoires et démyélinisations du système nerveux central. Cette atteinte inflammatoire a pour conséquence la destruction de la myéline, formant des plaques de la sclérose disséminées dans le cerveau et dans la moelle épinière.

Selon **(Murray.2009)**. La Sep est la première cause de l'handicap d'origine non traumatique chez les jeunes. IL s'agit d'une pathologie auto-immune chronique qui touche le système nerveux central dont l'origine est un mécanisme à la fois inflammatoire et neurodégénératif.

L'évaluation de la méthode est partagée entre des phases dites de la posées et

des phases de rémission ou par une évolution progressive d'embée. La sep est souvent d'évolution lente sur plusieurs décennies et peut être cause d'une invalidité importante sur le plan moteur, sensitif et même par fois cognitifs.

Les troubles cognitifs sont très fréquents au cours de la Sep, parmi ces troubles les troubles des fonctions exécutives, ces derniers regroupent l'ensemble des processus cognitif dont la fonction principal est l'adaptation à des situations nouvelles ou complexes. Ces processus sont principalement : planification, la résolution des problèmes, la flexibilité mentale, inhibition et la mémoire de travail. De plus les fonctions exécutives sont les fonctions qui contrôlent la cognition et le comportement. Elles sont utilisées dans de nombreuses taches de la vie quotidienne et sont principalement associées au fonctionnement des lobes frontaux. Ces fonctions nous permettent de trouver des solutions aux problèmes on choisissant la solution adéquate lors de situations plus au moins complexes (**Delandre.2004**).

D'après quelques études montrent que la rotation mentale ce définie comme une capacité de faire pivoter des représentations mentales d'objets bidimensionnels et tridimensionnels, car elle est liées à la présentation visuelle d'une telle rotation dans l'esprit humain. La rotation mentale peut être décrite comme le cerveau en mouvement d'objets à fin d'aider à comprendre ce qu'ils sont et à quoi ils appartiennent. La rotation mentale à été étudiée pour essayer de comprendre comment l'esprit reconnait les objets dans l'environnement. Les chercheurs, appellent généralement ces objets des stimuli. La rotation mentale est une fonction cognitive permettant à la personne de comprendre ce qu'est altéré.

On ce qui concerne notre travail de recherche sur la corrélation entre les fonctions exécutives et la rotation mentale chez la sclérose en plaque n'est peu étudiier actuellement, pour cela nous avons voulu vérifier et confirmer cette corrélation

entre ces deux processus d'une manière générale afin de comprendre leur nature et leur mécanisme du fonctionnement. Et dans notre étude de recherche on a utilisé des outils d'évaluation : (Stroop , la mémoire des chiffres Wechler, TMT, MCST, RMT-A, Bref).

Nous avons élaboré un plan de travail méthodologique réparti en deux parties et six chapitres :

- ✓ La première partie théorique, qui comprend quatre chapitres :
- ✓ Le premier chapitre la problématique et la formulation des hypothèses.
- ✓ Le deuxième chapitre est consacré pour la pathologie de la sclérose en plaque dans laquelle nous allons d'abord commencer par : un aperçu historique, les définitions ainsi l'épidémiologie de la Sep, et les formes, les signes cliniques et aussi la physiopathologie et les causes avec le diagnostic de la Sep.
- ✓ Le troisième chapitre nous allons aborder tout au long de ce chapitre sur les fonctions exécutives au on a fait quelques définitions ainsi pour ces notions, par la suite on a indiqué le développement et les différentes méthodes théoriques qui s'intéressent à ce sujet. Puis la description anatomique et la relation entre eux, et on termine par les difficultés de l'évaluation des fonctions exécutives et leur lien avec la sclérose en plaque.
- ✓ Enfin le quatrième chapitre on a entamé le troisième variable qu'est la rotation mentale, ou on a partagé ce chapitre en deux parties:
 - la première inclut des définitions sur l'image mentale ainsi les approches théoriques, et propriétés de cette fonction, de plus on a fait les fonctions

et les types de l'image mentale et son implication dans le cerveau.

- Pour la deuxième partie on a basé sur le système de la rotation mentale ou on a fait aussi plusieurs définition à partir de quelques chercheurs, Après cela nous allons continuer avec la genèse de la rotation mentale et le système de la présentation imagées puis la nature de ces présentations.

En ce qui concerne la deuxième partie de notre recherche intitulés au cadre pratique de la recherche des outils d'évaluations.

- ✓ Toute fois dans le cinquième chapitre intitulés la méthode de la recherche, dans lequel on a abordé la phase exploratoire et la méthode de la recherche, puis on a présenté notre échantillon, les lieux d'étude et les différents outils utilisées.
- ✓ On conclu avec le sixième et dernier chapitre, ou on a fait la présentation et Analyse des résultats obtenu ensuite la discussion des résultats, et finir avec une conclusion générale.

Partie théorique

Chapitre 01:Problématique .

I-Problématique .

II-Hypothèses .

III- Les raisons du choix de notre étude .

IV-L'objectif général .

V- Le but de notre étude .

VI- Les mots clés .

I-Problématique :

La neuropsychologie est une branche clinique qui s'intéresse aux relations entre le cerveau et le fonctionnement psychologique (fonction cognitive, comportement et émotions) au moyen d'observation menée auprès du sujet normal ou des patients présentant des lésions cérébrales d'origine diverse. Parmi ces lésions la Sclérose en plaque.

La sclérose en plaques elle est définie que c'est une maladie qui touche le système nerveux central, en particulier le cerveau, les nerfs optiques et la moelle épinière. Elle altère la transmission des influx nerveux et peut se manifester par des symptômes très variables : engourdissement d'un membre, troubles de la vision, sensations de décharge électrique dans un membre ou dans le dos, troubles des mouvements, etc. Le plus souvent, la sclérose en plaques évolue par poussées, au cours desquelles les symptômes réapparaissent ou de nouveaux symptômes surviennent. Au bout de quelques années, les poussées laissent des séquelles (symptômes permanents) qui peuvent devenir très invalidantes. La maladie peut en effet porter atteinte à de nombreuses fonctions : le contrôle des mouvements, la perception sensorielle, la mémoire, la parole, etc

La sclérose en plaques est une maladie auto-immune chronique, dont la gravité et l'évolution sont très variables. Elle a été décrite pour la première fois en 1868 par le neurologue français Jean Martin Charcot. La maladie se caractérise par des réactions d'inflammation qui entraînent par endroits la destruction de la myéline (démýélinisation). La myéline est une gaine qui entoure les fibres nerveuses. Elle a pour rôle de protéger ces fibres et d'accélérer la transmission des messages ou influx nerveux. Le système immunitaire des personnes atteintes détruirait la myéline en la considérant comme étrangère au corps (réaction auto-immune). Ainsi, à certains endroits du système nerveux, les influx sont plus lents ou complètement bloqués, ce qui provoque les différents

symptômes. En dehors des poussées, l'inflammation disparaît et la myéline se reforme en partie autour des fibres, ce qui entraîne une régression complète ou partielle des symptômes. Cependant, dans les cas de démyélinisation répétée et prolongée, les neurones peuvent être détruits définitivement. Cela cause alors une incapacité permanente(**sadji,2017,p07**)

Selon (**Grégory,Thibault,2002,p17**) la sclérose en plaque une affection neurologique chronique évolutive et handicapante la plus fréquente chez l'adulte jeune. Elle se caractérise par des pousses inflammatoires à l'origine d'une démyélinisation par plaques au sein de la substance blanche du système nerveux centrale. Parallèlement, il existe dès le début de la maladie une atteinte axonale qui s'aggrave au cours de l'évolution.

La dissémination des lésions est dextrement variable et rend compte du polymorphisme clinique.Elle peut être source de l'handicape importante qui entravent la vie social, professionnelle et familiale.

Notamment la sclérose en plaque affecte plusieurs, mécanismes et processus cognitives au sein du cerveau qui associées à des déficits de planification, de l'attention, et la coordination des mouvements ainsi la vitesse de traitement l'information et de la résolution des problèmes qui jouent un rôle prépondérant dans le plus hauts des niveaux du fonctionnement du comportement humain, ces régions corticales sont impliquées dans les fonctions exécutives.

En neuropsychologie cognitive, le terme des fonctions exécutives désigne l'ensemble des processus qui permettent qu'une tache soit correctement exécutée, en fonction de l'intentionnalité du sujet. C'est une entité plus ou moins hétérogène de processus cognitifs de haut niveau qui en trainent un comportement flexible et adapté au contexte. (**Desgranges, Eustache et Faure, 2013**).

D'après (**Godefory.2003**) les fonctions exécutives se définissent comme des processus cognitifs de haut niveau, contrôlés et décisionnels, et sont mise en œuvre lorsqu'un traitement contrôlé demandant un effort mental est requis. Elles permettent aux individus d'organiser et de structurer leur environnement et leurs actions, surtout dans des situations nouvelles, non automatisées et conflictuelles ou lors de la réalisation de tâches complexes et non automatisées, nécessitant un contrôle conscient.

Pour (**collette,2004,p51**) Les fonctions exécutives sont des fonctions supérieures très complexes qui permettent de faciliter l'adaptation à des situations nouvelles, inhabituelles, conflictuelles ou complexes. Ces situations nécessitent l'intervention de différentes fonctions diverses l'initiation de comportements, la planification de l'action, l'inhibition de réponses prédominantes, et la mémoire de travail, la génération d'hypothèses, la résolution de problèmes, la prise de décisions, la flexibilité mentale, la vérification des résultats, la capacité d'autocorrection

Les fonctions exécutives interviennent toujours dans des activités dirigées vers un but, et non routinières, non automatisées ou complexes.

Dans ces situations, elles permettent de réguler notre activité cognitive et nos comportements.

Dans la sclérose en plaques, de nombreuses études se sont intéressées aux processus exécutifs et ont montrés des perturbations. Malgré la variabilité des résultats, 18 à 20% des patients de la sclérose en plaques présenteraient une perturbation des fonctions exécutives (**Rao et Al ;1991**).

(**Beatty et al 1996**) ont montré des déficits dans la résolution de problèmes et la déduction de règles. Des déficits dans les capacités de conceptualisation, de raisonnement abstrait ou encore une prise en compte réduite du feedback et des difficultés d'inhibition et de la flexibilité mentale ont également été rapportés.

(**Drow et al ;2008**) ont réalisé une étude évaluant sur même échantillon de nombreux processus exécutifs différents, ils ont montré que les patients ne présentaient pas un pattern spécifique de déficits exécutifs mais plutôt un éventail de déficits exécutifs s'articulant autour de trouble de la flexibilité, de l'initiation verbale (fluence), de l'inhibition et du raisonnement. C'est résultats rejoignent ceux des autres études examinant les processus exécutifs de façon exhaustive. L'évaluation de la flexibilité, de l'inhibition repose sur des tâches chronométrées suggèrent que le ralentissement de la vitesse de traitement de l'information puisse être partie responsable de déficits.

Enfin un syndrome dysexécutif est également rapporté par plusieurs auteurs. Les fonctions exécutives se rapportent aux capacités de planification, de résolution de problèmes, de conceptualisation, de rétrocontrôle et d'adaptabilité. (**Foong et al. 199**) à ont réalisé des tests orientés sur les fonctions exécutives chez **42** patients (10 RRMS, 28 SPMS, 3 PPMS et 1 SEP bénigne) et ont montré des performances significativement diminuées par rapport à des sujets sains appariés sur le quotient intellectuel. (**ciline,P-L,2014**)

Certaines études ont mis en évidence un déficit de la boucle phonologique dans (SEP),(**litavan et al ,1998**) et plus particulièrement du processus de récupération articulatoire. En effet, cette boucle phonologique et un processus de récapitulation articulatoire. Elle permet le "rafraîchissement" des informations par l'intermédiaire de la récapitulation articulatoire ainsi que transcodage phonologique d'une information verbale présentée visuellement

Autres, auteurs interprètent que les trouble de la mémoire de travail comme un déficit à la fois de la boucle phonologique et de la administrateur centrale (**Grigsby et Al, 1994. Diamond et Al 1997**).

(**Deluca et Al, 1994**) proposent plusieurs hypothèses pour expliquer les troubles de la mémoire de travail dans la SEP, d'une part, le ralentissement de la vitesse

de traitement de l'information serait le déficit primaire entraînant les troubles cognitifs et également ceux de la mémoire de travail, d'autre part, les troubles de la mémoire de travail et ralentissement de la vitesse de traitement seraient deux déficits indépendants. Les troubles de la mémoire de travail sont observés à tous les stades de la mémoire. Toutefois elle semble plus altérée dans la **(SEP-SP)** que dans la **(SE-RR)** (Archibald, Fisk 2000).

Selon une étude faite sur le territoire national Algérien les performances cognitives d'un groupe de patients présentant un 1^{er} événement démyélinisant ont été évaluées, et les principaux domaines qui seraient les plus précocement atteints dans cette affection **SEP** ont été identifiés. Les données des patients ont été comparées à celle d'un groupe témoin ayant les mêmes caractéristiques épidémiologiques dans le cadre d'étude **(cas-témoins)** cette étude faite sur une période de « 6 mois » (Juin 2019) au niveau du service neurologie du **SHC Mustapha Bacha Alger centre en Algérie**.

Les sujets des deux groupes ont signé un consentement éclairé pour participer à cette étude et ont soumis au même protocole d'évaluation cognitive.

L'évaluation cognitive a été réalisée avec la seule batterie francophone validée à la **SEP**, la **BCCOGSEP (batterie courte d'évaluation cognitive de la SEP)**. Les fonctions cognitives évaluées comprenaient **(VTI-FE-MT-Attention-langage -les fonctions vision-Spatial -et la flexibilité mentale)**.

VTI par symbole digit modalités testées **(SDMT)** la **pace auditory serial addition test (ASAT)** faisant partie du **(MSFC)** multiple sclerosis functional composite. Avec les tests des **25 pas (25 Fook-Walk)** et le test de neuf trous **(Nine Hole peg test)**.

Les fonctions exécutives ont été évaluées avec la batterie **(BREF)**. **MT** et l'attention évaluée avec la **(PASAT)** et l'attention des chiffres directe et indirecte,

et Langage évalué avec test(d'Isaacs).F.Vision-Spatiales et flexibilité mentale ont été évaluée avec (TMT).

La déficite cognitif dans les deux groupes a également calculé, au total, l'atteinte cognitive la plus fréquente dans cette série était la **VTI (84%)**, suivie la mémoire visio-spatiale (**69,2%**), de la mémoire attentionnelle et de travail(**53%**), puis du langage(**53,8%**) et en fin les fonctions exécutives(**30,7%**)(Abdelmadjid,S ,Merouane, B, Ahmad,S.2020 p549).

On suppose d'une autre part que les fonctions exécutives nécessitent l'intégration d'autres habilités cognitives dans son fonctionnement et Parmi ces habilités on site la **rotation mentale**. Cette dernière est définie que c'est un processus cognitif de transformation élaboré, elle nous permet de juger de la similitude ou de la différence entre deux objets. Et sert à la planification mentale des actions et l'anticipation des résultats perceptifs et donne des conséquences de nous actions.

La rotation mentale intervienne tant dans le facteur visualisation spatiale que dans le facteur orientation spatiale, c'est pourquoi il semble admis qu'elle puisse intervenir dans une tâche éminemment spatiale tout aussi bien que dans d'autre tâche de résolution de problèmes(Enterc,M,Vilatich.L2010,p31).

Selon (Cooper), la rotation mentale est la capacité spatiale de l'individu à former une perception mentale du second stimulus, bidimensionnelle pour être dans la même direction que le premier stimulus, présenter la réponse en conformité ou congruence, résultant en une relation linéaire entre l'angle de rotation et le moment du retour. Des pré-requis semblent essentiels au bon fonctionnement de cette compétence, des capacités protectives, mnésiques et cognitive qui sont fixer mentalement l'information perçue et lui faire subir des transformations mentales dans la mémoire de travail, ainsi stocker en mémoire à

long terme un représentation de l'expérience perceptive. C'est-à-dire des capacités de représentations mentales.

Selon (**Friend K.B, Rabin, Groninger L, Deluty R.H et a,1999**) ont définies que les troubles de la perception spatial peuvent intéresser les troubles de localisation d'objets isolés, de jugement d'orientation de ligne, de rotation mentale et de repérage dans l'espace . Dans la sclérose en plaques, sans pouvoir utiliser le terme d'agnosie spatiale qui correspond typiquement à une atteinte corticale, le terme de troubles gnosiques spatial peut être retenu.

Peu d'études qui sont intéressées au lien entre les fonctions exécutives et la rotation mentale dans sa globalité, mais par contre y en a d'autres chercheurs qui ont basés seulement sur quelques notion de ces fonctions.

D'après (**Le Boutillier & Marks, 2003**), ont interrogés sur les fonctions cognitives supérieures qui peuvent participer aux capacités créatives. Ils ont supposé une participation possible de la mémoire de travail visuo-spatiale, fortement impliquée dans rotation mentale et de l'inhibition comportementale au processus de créativité délibérée. Les principaux résultats obtenus dans les études présentées confirment qu'il existe de fortes relations entre la créativité et des fonctions exécutives telles que la mémoire de travail visuo-spatiale et l'inhibition comportementale. Les personnes possédant des compétences élevées en rotation mentale. Les corrélations observées sont relativement élevées, $r = 0,25$ pour la rotation mentale ; $r = 0,60$ pour la mémoire de travail visuo-spatiale et $r = 0,48$ pour l'inhibition comportementale. D'après ces résultats, on peut supposer que les zones corticales qui sous-tendent les fonctions exécutives explorées dans ces études. (**Magali,D Michel, A. p74**).

Une autre étude s'intéresse à la notion de la planification et la rotation mentale (**Windischberger et al 2003**) ont conclu que la Rotation mentale nécessitait une planification et une anticipation motrice, et qu'elle était guide par

l'anticipation visuo-motrice l'ont confirmé en enregistrant une activation bilatérale de l'aire motrice supplémentaire antérieure pendant la Rotation Mental. Pour valider cette hypothèse, à évaluer l'interférence entre la planification d'une rotation manuelle et la Rotation mentale d'images abstraites.

CE Protocol consistait à présenter un stimulus indiquant le sens de la RM.(**Nady Honkey, C. Collet , A. Guillot.2018.p34**).

Dans le cadre de notre étude, nous cherchons la corrélation entre les fonctions exécutives et la rotation mentale chez les patients présentant de la sclérose en plaques, en les comparant à celles des normaux et savoir dans quelle mesure cette pathologie affecte la performance des fonctions exécutives et la Rotation mentale.

Et c'est ce qui nous mène à poser les deux **questions principales** suivantes :

1- Est-ce qu'il y a une corrélation entre les fonctions exécutives et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque ?

2- Est-ce qu'il y a une différence significative entre les personnes présentant la sclérose en plaques et les normaux au niveau des fonctions exécutives et la rotation mentale ?

Les questions secondaires :

1-1 Est-ce qu'il y a une corrélation entre l'inhibition et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque

1-2 Est-ce qu'il y a une corrélation entre mémoire de travail et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque

1-3 Est-ce qu'il y a une corrélation entre la flexibilité mentale et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque

1-4 Est-ce qu'il y'a une corrélation entre la planification et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque ?

2-1 Est-ce qu'il existe une différence significative, entre les patients présentant la sclérose en plaque et les normaux au niveau de l'inhibition ?

2-2 Est-ce qu'il y'a une différence significative entre les patients présentant la sclérose en plaque et les personnes normaux au niveau de la mémoire de travail ?

2-3 Est-ce qu'il y'a une différence significative entre les patients présentant la sclérose en plaque et les personnes normaux au niveau de la flexibilité mentale ?

2-4 Est-ce qu'il y'a une différence significative entre les patients présentant la sclérose en plaque et les personnes normaux au niveau de la planification ?

2-5 Est-ce qu'il y'a une différence significative entre les patients présentant la sclérose en plaque et les personnes normaux au niveau de la rotation mentale ?

II-Hypothèses :

❖ Hypothèses générale :

1-II y a une corrélation entre les fonctions exécutives et la rotation mentale chez les personnes présentant de la sclérose en plaque.

2-II existe une différence significative entre les patients présentant la SEP et les personnes normales au niveau des fonctions exécutives et la rotation mentale.

❖ Hypothèses secondaires :

1-1 Il y a une corrélation entre l'inhibition et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque

- 1-2 Il y a une corrélation entre la mémoire de travail et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque
- 1-3 Il y a une corrélation entre la flexibilité mentale et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque
- 1-4 Il y'a une corrélation entre planification et la rotation mentale chez les patients présentant de la sclérose en plaque
- 2-1 Il y'a une différence significative entre les patients présentant une sclérose en plaque et les normaux au niveau de l'inhibition
- 2-2 Il y'a une différence significative entre les patients présentant une sclérose en plaque et les normaux au niveau de la flexibilité mentale.
- 2-3 Il y a une différence significative entre les patients présentant une sclérose en plaque et les normaux au niveau de la mémoire de travail.
- 2-4 Il y a une différence significative entre les patients présentant une sclérose en plaque et les normaux au niveau de la planification.
- 2-5 Il y a une différence significative entre les patients présentant une sclérose et les normaux au niveau de la rotation mentale.

III- Les raisons du choix de notre étude :

- ❖ Ce qui nous à encourager à choisir ce thème d'étude et de recherche est notre observation du déclin est perturbation des fonctions exécutives et rotation mentale au quotidien des patients présentant de la sclérose en plaques.
- ❖ La curiosité de savoir c'est ilya un lien entre les fonctions exécutives (l'inhibition, la mémoire de travail, la flexibilité mentale et planification) avec la rotation mentale
- ❖ Notre attention et d'apporter de nouvelles études et informations aux étudiants en raison du manque d'études dans les universités algériennes

concernant ce thème et aussi le manque d'outils d'évaluations adaptés a la société Algérienne.

IV-L'objectif général :

- ❖ L'objectif général notre étude est de savoir c'est il y a une corrélation entre les fonctions exécutives et la rotation mentale chez les patients présentant la sclérose en plaques.

-Les Objectifs spécifiques :

❖ Sur le plan théorique :

- Etudier et montrer les définitions et les différents modèles théoriques de chaque variable qui se sont intéressés aux domaines des fonctions exécutives et de la rotation mentale, ainsi de comprendre leur mécanisme du développement et leur fonctionnement chez les sujets adultes.
- Montrer la nature et les rôles de chaque variable et présenter des schémas et des figures explicatives.

❖ Sur le plan pratique :

- Faire une corrélation entre l'inhibition et la rotation mentale chez patients présentant une sclérose en plaque
- Faire une corrélation entre la mémoire de travail et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque
- Faire une corrélation entre la flexibilité mentale et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque
- Faire une corrélation entre planification et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque
- Evaluer l'inhibition chez les patients présentant une sclérose en plaque en les comparants à celle des personnes normaux.
- Evaluer la flexibilité mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque en les le comparant à celle des normaux.

- Evaluer la mémoire de travail chez les patients présentant la sclérose en plaque en les comparant à celle des normaux.
- Evaluer la planification chez les patients présentant la sclérose en plaque en les comparant à celle des normaux.
- Evaluer la rotation mentale chez les présentant une sclérose en plaque en les comparant à celle des normaux.

V- Le but de notre étude :

- ❖ La corrélation entre les fonctions exécutives et la rotation mentale chez le patient présentant de la sclérose en plaque.
- ❖ Le but de cette étude est de voir dans quelle mesure la sclérose en plaques affectent les fonctions exécutives et la rotation mentale.

VI- Les mots clés :

- ❖ **La sclérose en plaques :** est une affection neurologique évolutive du sujet jeune, elle se caractérise par des poussées inflammatoire à l'origine d'une démyélinisation par plaques au sein de la substance blanche du système cerveau centrale.
- ❖ **Les fonctions exécutives :** c'est l'ensemble des capacités cognitives impliquées dans le contrôle et la coordination des informations nécessaires aux actions dirigées vers un but. Ainsi que l'adaptation à des situations nouvelles.
- ❖ **L'inhibition :** il s'agit de capacité à s'empêcher de produire une réponse automatique, à arrêter la production d'une réponse encours et écarter les stimulations non pertinentes pour l'activité encours.
- ❖ **La flexibilité mentale :** c'est la capacité de changer rapidement de point d'attention et de passer facilement d'une tâche ou d'un sujet à autre.

- ❖ **Mémoire de travail** : c'est la capacité de stocker temporairement des informations en mémoire afin de les manipuler et de contrôler ultérieurement.
- ❖ **La planification** : elle concerne la capacité de construire mentalement un plan et de séquencer ses actions en vue de la réalisation d'un Objectspécifique.
- ❖ **La flexibilité mentale** : capacité de changer rapidement de point d'attention et de passer facilement d'une tâche ou d'un sujet à autre.
- ❖ **L'image mentale** : c'est une représentation mentale spontanée ou stimulée, provenant de la combinaison d'informations multi-sensorielles et d'expériences antérieures, elle est constituée par une très grande variété d'images de mémoires ou d'imagination.
- ❖ **La rotation mentale** :il s'agit d'une situation expérimentale dans laquelle on présente à des individus un couple de stimulus, correspondant à des objets en trois dimensions et auxquels on demande d'indiquer si les objets sont identiques, mis à part leur orientation.

Chapitre 02 : La sclérose en plaque

Introduction

I. Partie 01 : état normal de système nerveux centrale.

- 1- Un rappelle générale du système nerveux.
- 02- Le tissu nerveux.
- 3- les cellules gliales.
- 4- Les synapses.
- 5- La gaine de myéline (la myéline)

Partie deuxième : La sclérose en plaque

- 1- Les sclérose en plaques.
 - 2- Epidémiologie.
 - 3- ANATOMOPATHOLOGIE : LES PLAQUES DE DEMYELINISATION.
 - 4- PHYSIOPATHOLOGIE :
 - 5- Evolution naturelle de la maladie.
 - 6- Répartition selon l'âge et le sexe.
 - 7- Etiopathogénie (causes) de la maladie de la sclérose en plaque :
 - 8- Identifier et gérer une poussée
 - 9- Les symptômes de sclérose en plaques.
 - 10- Le diagnostique de la sclérose en plaque.
 - 11- Traitement de la sclérose en plaques.
 - 12- rééducation
 - 13- Conseils
- Conclusion

Introduction

Les fonctions cérébrales déterminent la personnalité, les émotions et l'intellect (cognition) attributs faisant de chacun de nous une personne unique. La sclérose en plaques (SEP) peut affecter ces fonctions directement ou indirectement.

La SEP est la plus fréquente des pathologies inflammatoires auto-immunes Démyélinisantes du système nerveux central, mais l'on n'en connaît pas l'origine. Multifactorielle, elle entraîne un déficit progressif des fonctions neurologiques, et est la principale cause de handicap neurologique chronique chez l'adulte jeune.

Dans ce chapitre, la première partie est consacrée sur l'anatomie et le fonctionnement normal du système nerveux au en va base sur les cellules nerveuses de snc (structure et fonctionnement).

Pour la deuxième partie on va exposer la pathologie de la sclérose en plaque et ces manifestations Cliniques on situant les différents types ainsi les étapes de diagnostic et le traitement possible.

I. Partie 01 : état normal de système nerveux centrale

1- Un rappelle générale du système nerveux

Le système nerveux, est un système biologique très compliquer compose essentiellement de l'encéphale, de la moelle épinière et des nerfs qui leur associés. Il a cinq fonctions principales :

- Il reçoit des stimulus ; il traite l'information sensorielle reçue et prend des décisions appropriées ; il produit des réponses motrices ; il contribue au maintien de l'homéostasie, avec la collaboration de système endocrinien ; et il assure la production des activités cérébrales supérieures.

- Il subdivisé en système nerveux central et en système nerveux périphérique, le « SNC » comprend l'encéphale et la moelle tandis que le « SNP » englobe les récepteurs sensoriels. Les nerfs et ganglions nerveux. Le « SNP » partage en division sensitive (afférente) et en division motrice (efférente). La division motrice comprend le système nerveux somatique « SNS ». Et le système nerveux autonome « SNA ». (Nicole et pelletier, 2010, p120-128)

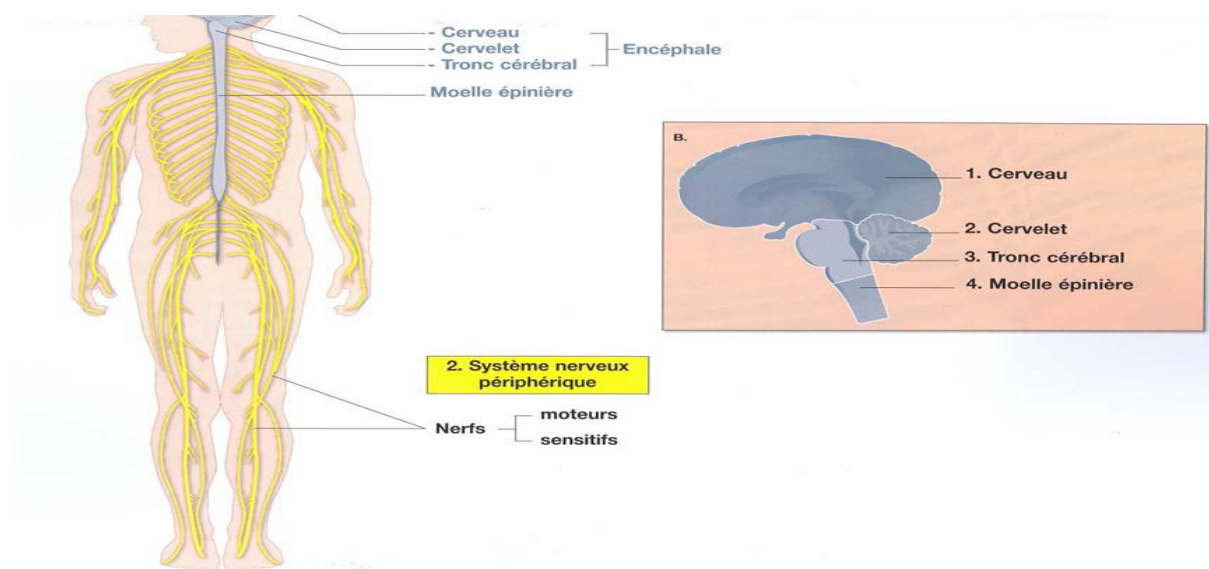


Figure 01 : Détail du système nerveux

- **Le système nerveux central** : ce système comprend le cerveau et l'épinière. Le cerveau, logé dans la boîte crânienne est protégé par des méninges. Il se divise en (3) parties, le cerveau postérieur, le cerveau médian (mésencéphale) le cerveau antérieur (prosencephale) (**Annick 2000**).
- **La moelle épinière** : c'est une structure blanchâtre contenue dans le canal rachidien. Elle se divise en quatre tronçons : cervical, thoracique, lombaire et sacro-coccygien. Les deux éléments les plus aisément reconnaissables en sont la substance grise, qui recèle les corps cellulaires des neurones, et la substance blanche qui contient les axones myélinisés des neurones. (**Mager Stellman. 2000. P 7**).
- **Son rôle se présente** : la motricité, sensibilité, le réflexe, le contrôle de la douleur, la jonction avec le système nerveux périphérique via la naissance des nerfs rachidiens. (**Bourguery, 1832. P 83**).
- **Le système nerveux périphérique : « SNP »** se compose de nerfs et de ganglions. Les nerfs relient les parties les plus éloignées de la corp.réceptrice du système nerveux central. Les ganglions (groupes de corps cellulaires faits de neurones) sont reliés aux nerfs. Du point de vue fonctionnel, le « SNP » se divise en une partie afférente (sensitive) et une partie efférente (motrice).
- **La partie efférente** : se compose en système nerveux somatique (volontaire) et un système nerveux autonome (involontaire).
- **Le système nerveux volontaire** : se compose de nerfs moteurs somatiques qui transmettent les influx nerveux du « SNC » aux muscles squelettiques pour qu'ils se contractent.
- **Le système nerveux involontaire** : se compose de neurones moteurs viscéraux qui transmettent les influx nerveux aux muscles lisses de viscères, aux

muscles cardiaques (1). (Gway, 2005, p. 96). Et aux glandes. Du point de vue fonctionnel, le système nerveux autonome se divise a son tour en :

- Le système sympathique.
- Le système parasympathique.

- Les voies sympathiques sont généralement les plus actives en situation de stress. Par exemple : devant un danger elles permettent de lutter se fuir.

- **Les voies parasympathique** pour leur part, sont responsables des activités végétatives ou de repos comme la gestion ou la miction. Soit l'action d'uriner. (Dubois et pelletier, 2010. P. 131).

- **La partie afférente** : se subdivise de neurones sensitifs somatiques qui transmettent au « SNC » les flux nerveux en provenance des récepteurs situés dans la peau, dans les aponévroses et dans le voisinage immédiat des articulations, elle comprendaussi les neurones sensitifs viscéraux qui transmettent les influx nerveux des viscéraux au système nerveux central. (Gway, 2005, p. 96).

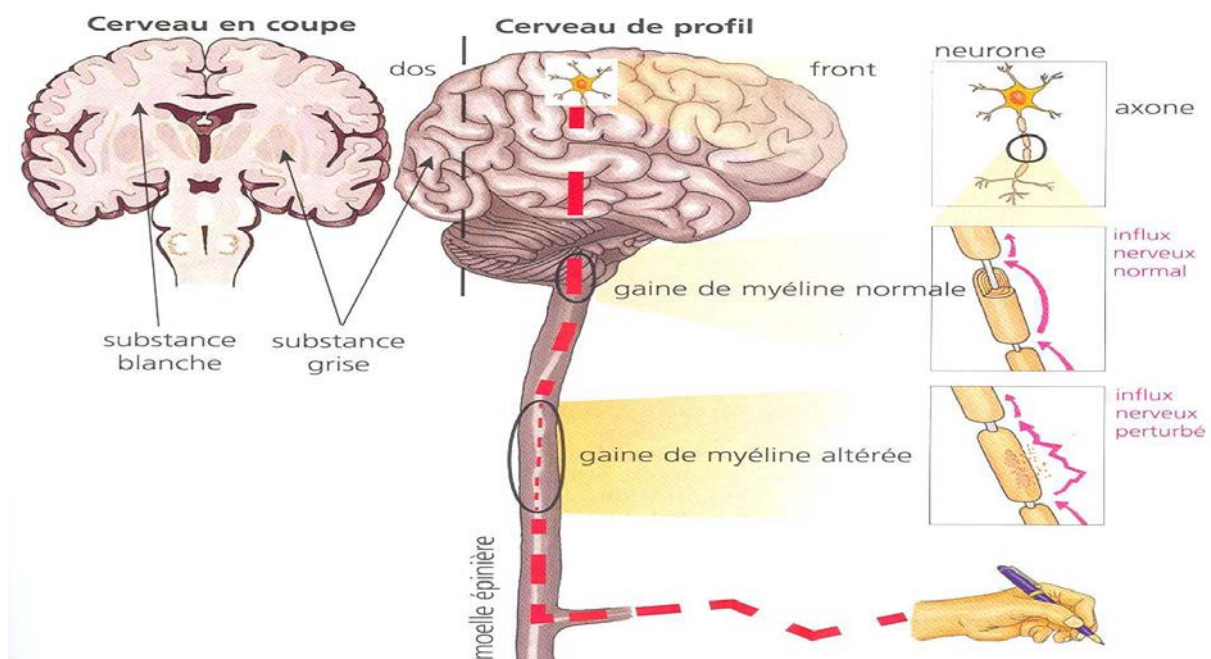


Figure N° 02 : le système nerveux central

Niveau d'organisation	Rôles
Système nerveux central « SNC »	-c'est grand patron -accumule les messages, les analyses et donne les ordres en conséquence -traitement de l'information prise de décision intégration des processus mentaux
Système nerveux périphérique « SNC »	-c'est le transmetteur des messages en provenance du « SNC » aux organes périphériques (muscles-glandes et viscères) -capte les messages provenant du monde extérieur et des différentes parties du corps - transmet au système musculaire, aux glandes et autres organes, les ordres provenant du « SNC »
Voie sensitive (Afférente)	- conduit le message en provenance des cellules nerveuses. Sensitives au « SNC » par les neurones sensitifs somatiques et par les neurones sensitifs viscéraux
Voie motrice (Efférente)	- conduit la réponse motrice approprié au stimulus. Sensitif reçu - le message part du « SNC », par la voie motrice jusqu'à la structure visée
Système nerveux somatique « SNC »	- conduit les influx nerveux du « SNC » aux muscles volontaires par la voie motrice
Système nerveux autonome « SNA »	- il est involontaire - conduit les influx nerveux du « SNC » au muscles lisses, aux muscle cardiaques
Système nerveux sympathique	-son activation prépare l'organisme à l'activité physique ou intellectuelle. Devant un stress important. C'est lui qui orchestre la repose fuite ou de lutte
Système nerveux parasympathique	- son activation amène le ralentissement des fonctions de l'organisme afin d'en conserver l'énergie.

Tableau N (01) : les rôles pour chaque niveau d'organisation du système nerveux

02- Le tissu nerveux :

Le tissu nerveux est notamment constitué de cellules nerveuses appelées les neurones avec les cellules gliales. Indissociables, elles forment le tissu nerveux avec les vaisseaux sanguins. Le tissu conjonctif qui agit comme un emballage et assure la protection, et le liquide extracellulaire, également appelé liquide interstitiel (c, mareau. A, vanek dreyfus, 2004, p-26)

Chez (michel imbert, 2006, p- 70) le tissu nerveux est composé de deux types de cellules principaux :

- Des neurones (cellules nerveuses), éléments fondamentaux du fonctionnement du système nerveux.
- Des cellules gliales, aux rôles multiples, à la fois cellules de soutien et de réserve, assurant aussi des fonctions nutritives et de protection. L'espace persistant entre ces cellules est appelé matrice extracellulaire. Le rôle d'une cellule nerveuse est de permettre la réception ainsi que l'intégration et la transmission des informations.

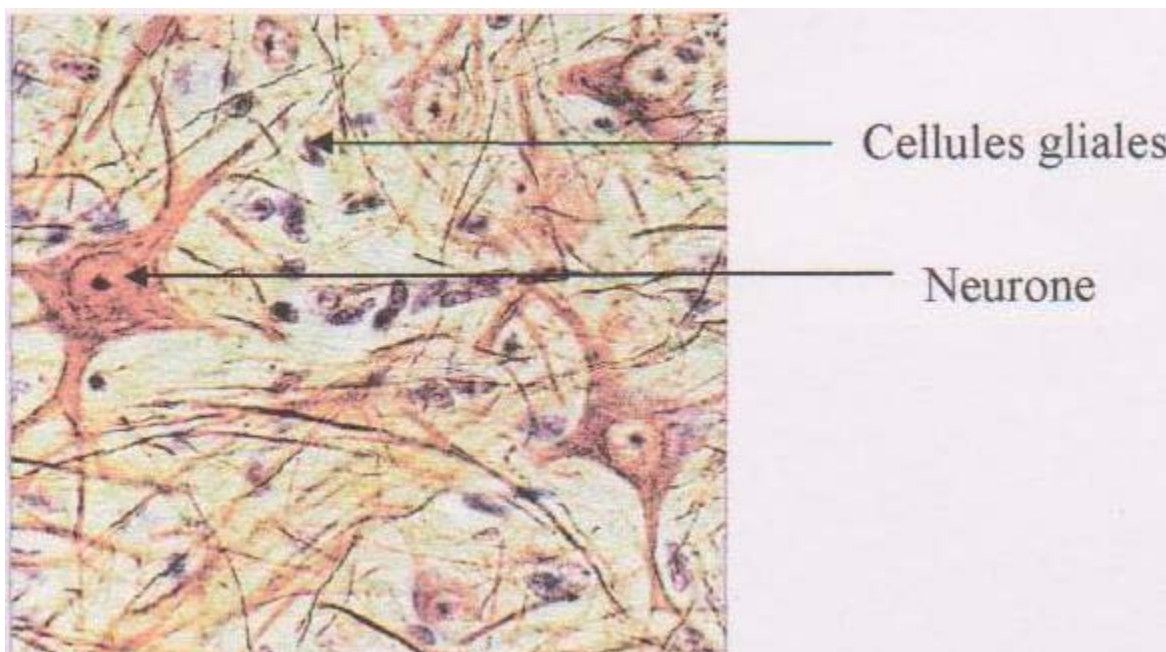


Figure N°03 : Le tissu nerveux

2-1 Les neurones :

2-1-1 La définition du neurone : le neurone est l'unité de travail de base du cerveau, sont au nombre de cent milliards, et on compte un million de milliard (Joel. Bockaert, p. 18). Organisés en réseaux fortement interconnecté, les neurones ont des propriétés électroniques et chimiques leur permettant de propager un influx nerveux. Un potentiel électrique est véhiculé au sein de la cellule et un processus chimique transmet de l'information d'une cellule à une autre. Ces cellules nerveuses sont donc spécialisées dans la communication (B. Ischimger, 2007, p-33).

2-1-2 La structure de neurone :

Tout comme les autres cellules du corps humain, les neurones sont constitués d'un soma, un corps cellulaire comprenant un noyau. Dans ce corps partent de multiples ramifications relativement courtes chargées de récolter les informations : les dendrites. L'axone, seul prolongement du corps cellulaire pouvant atteindre **1m** pour seulement **1 à 25** micromètres (s) de diamètre, est quand à lui responsable de diffuser les informations. La gaine de myéline entourant l'axone joue le rôle d'isolant. Cette gaine est sectionnée en de multiples points appelés nœuds. Grace à cette succession de gain de myéline et de nœuds de Ranvier, les potentiels d'action se propagent à une vitesse maximale le long des axones (**de 2m/s à 120m/s**). A son extrémité. L'axone se ramifie et entre en contact avec un autre neurone ou une cellule via un point d'injection appelé synapse. (E. R. Camill Pisani).

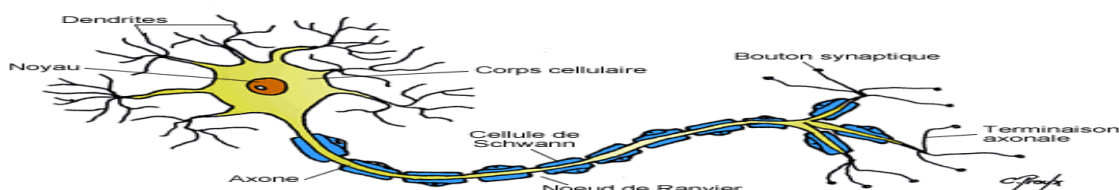


Figure N: la structure de neurone

2-1-3 Classification des neurones (types) :

Les neurones peuvent être classés par leurs structures ou par leurs fonctionnalités :

D'une manière structurale il existe :

- **Les neurones bipolaires** : un seule prolongement périphérique (une seule dendrite du côté opposé à l'axone) et un seule prolongement centrale(axone), tous deux myélinisés (neurone sensitif ou interneurone de connexion).
- **Les neurones multipolaires** : présentent une quantité importante de dendrites sur le corps cellulaire. La majeure partie de l'encéphale et de la moelle est occupée par des neurones multipolaires (ce sont des neurones sensitifs et moteurs).
- **Les neurones unipolaires** : ne présente pas de dendrites (ce sont toujours des neurones sensitifs) les neurones pseudo-unipolaires ont une dendrite qui fusionne avec l'axone en un seule processus. La plupart des récepteurs de la peau (tact-douleur...) sont connecté à une dendrite unique de neurone pseudo-unipolaire (**Abdoulay, 2017, p-14**).
- **Les cellules épendymaires** : Ce sont des cellules cylindriques ou cubiques à noyau volumineux qui recouvrent et tapissent les cavités ventriculaires de l'encéphale et le canal central de la moelle épinière. Leur bord libre a l'aspect d'une brosse. Elles jouent un rôle important dans les échanges entre le liquide cérébro-spinal et le parenchyme cérébral.

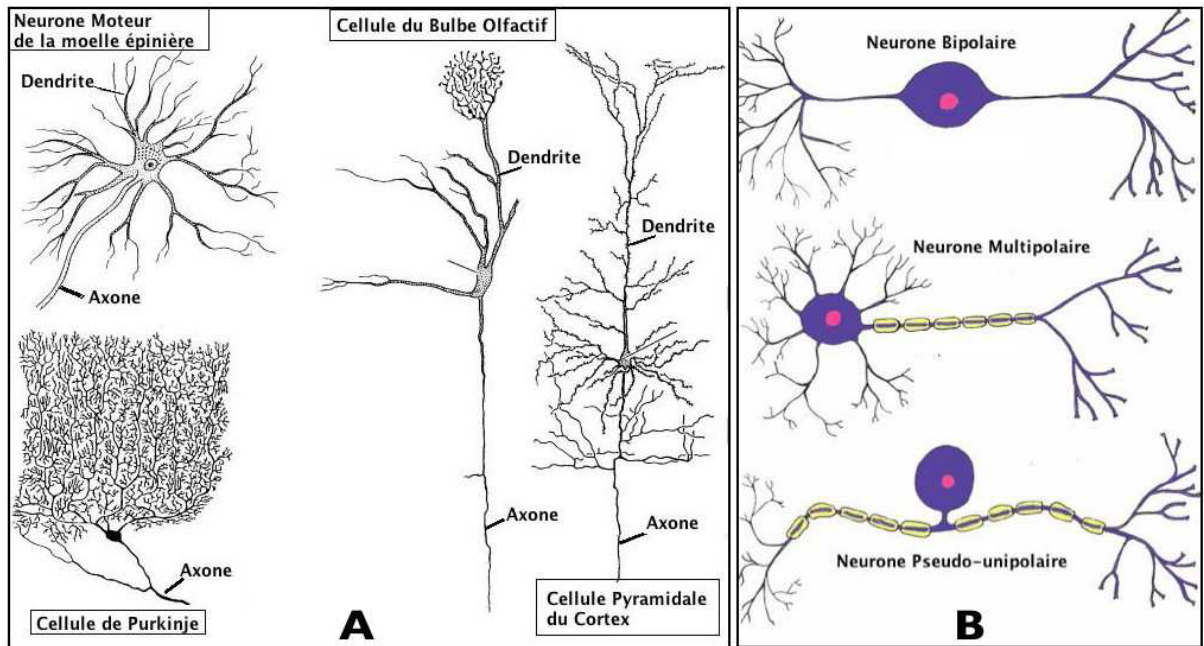


Figure N° 04 : Classification structurel des neurones

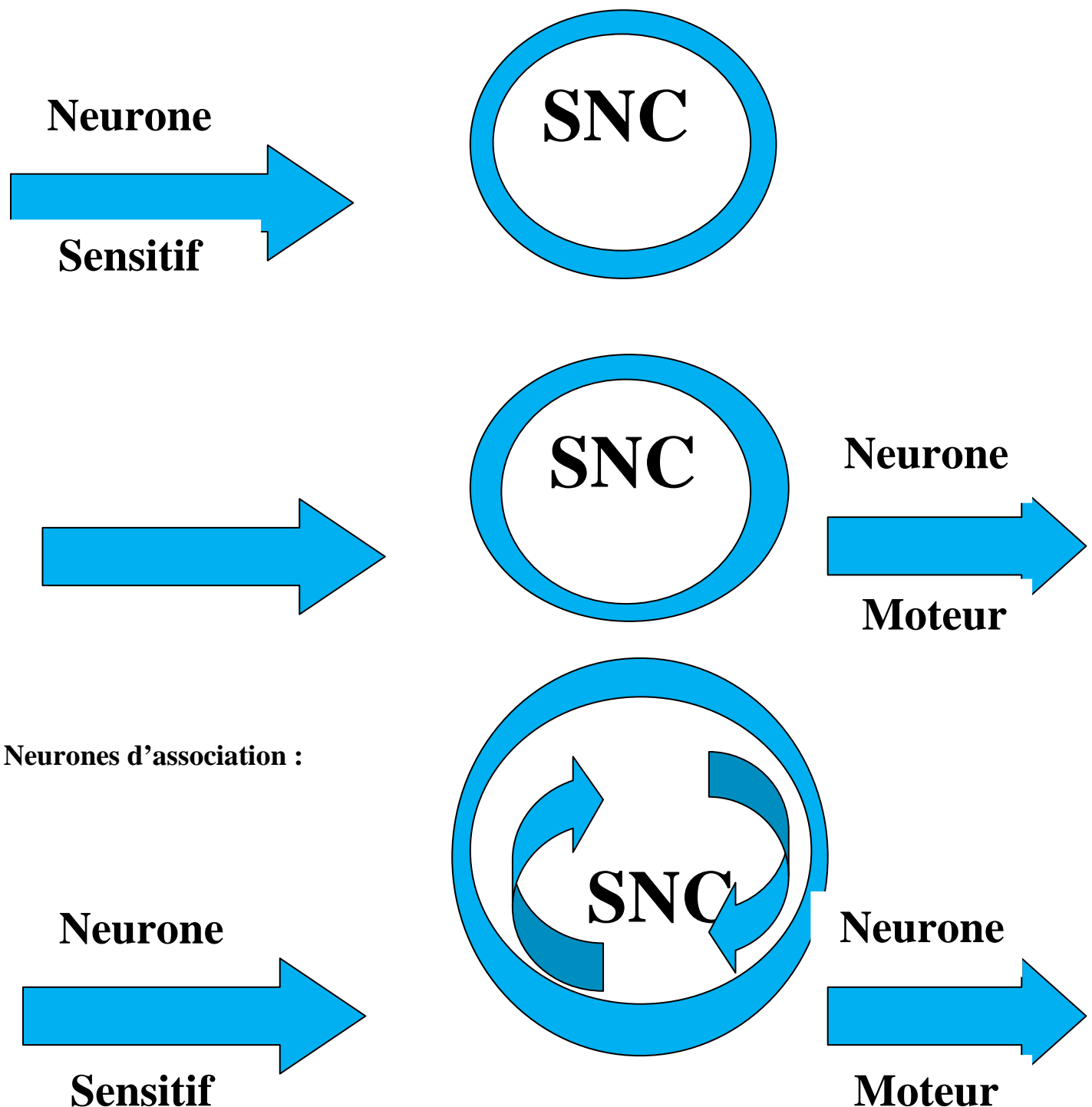
❖ **D'une manière fonctionnelle :**

Du point de vue fonctionnel, les neurones sont classés en fonction de la direction de la transmission du potentiel d'action par rapport au **SNC**.

- **Les neurones sensitifs :** ou neurones afférents (affère : porter vers) possèdent des récepteurs sensoriels, qui sont alors des cellules distinctes. Lorsqu'un stimulus approprié active un récepteur sensoriel, un potentiel d'action est produit dans l'axone du neurone sensitif. Ce potentiel se propage vers le **SNC** par l'intermédiaire des nerfs crâniens et des nerfs spinaux. La plupart des neurones sont unipolaires.
- **Les neurones moteur :** ou neurones efférents (efferre : porter hors), acheminent les potentiels d'action à partir du **SNC** vers les effecteurs (muscles et glandes) située en périphérie (**SNP**) par l'intermédiaire des nerfs crâniens et spinaux, la plupart des neurones moteurs sont multipolaires.
- **Les interneurones :** ou neurones d'association, se trouvent dans le **SNC** entre les neurones sensitifs et les neurones moteurs. Les intègrent, ou

traitent, l'information sensorielle entrante provenant des neurones sensitifs et déclenchent une réponse motrice en activant les neurones moteurs correspondants, la plupart des interneurones sont multipolaires. (Tortora. D, p. 256. 2016).

D'apres D. Caillace, P. Anesthesie, S. 2009) Classification fonctionnelle des neurones:



4- les cellules gliales :

Les cellules gliales occupent l'espace laissé libre par les neurones et représente 90% ces cellules nerveuses du cerveau chez l'homme.

Un L'ensemble forme un tissu compact dans lequellespaces intercellulaires son d'environ 20 mn. Ces cellules gliales, contrairement les neurones, n'établissent pas de contact synaptique de type chimique mais son reliées entre elles par des jonctions de type « **communication** » ou « **adhérente** ». (**Richard, Francoins, Eugène, Gauthier, Gioanni, 2013**).

Les cellules gliales un rôle primordiale et assurant l'isolement des tissu nerveux, les fonctions métaboliques, le soutien squelettique et la protection vis-à-vis des corps étrangers en cas de lésion. Elles jouent également un rôle actif dans la transmission de l'influx nerveux, accélérant la conduction nerveuse en agissant comme une gaine isolante pour certains axones. (**Messé, 2010**).

4-1 Les principales cellules gliales sont :

- **Les microglies** : sont caractérisées par un petit noyau par fois allongé et sombre, avec des blocs éparpillés de chromatine elles appartiennent au groupe de macrophages, **elles** sont caractérisées aussi par des prolongements irréguliers (**Brest, 1981. P. 14**), les microglies protégeant les neurones contre les corps étrangers en cas de lésion par exemple ligne de défense. (**Bugnicourt, 2011, p. 19**).
- **Les oligodendrocytes** : au stade de maturité, sont caractérisées par des petits noyau dense (**3-5 um**), sont souvent excentrique avec un sytoplasme peu abondant et denses. Ils possèdent des complexes de golgi très développés, des citernes du réticulum endoplasmique et des corps lamellaires fréquemment associés avec les membranes cellulaires (**Phillips, D. E, 1973**), les oligodendrocytes produisent une gaine de

myéline qui accélère la conduction nerveuse (**Bugnicourt, N, 2011, p. 19**).

- **Les astrocytes** : ce sont des cellules de forme étoilée, possèdent des prolongements qui peuvent être très ramifiés dans toutes les directions à partir du corps cellulaire, le noyau est arrondi ou ovalaire, pauvre en chromatine. Le cytoplasme comporté, tous les organites classiques. Ils entourent les capillaires sanguins, les corps cellulaires et prolongements sauf au niveau des synapses. Il existe deux types de astrocytes "**les astrocytes protoplasmiques et les fibreux**", parmi les fonctions de ces cellules qu'ils assurant un rôle de soutien de remplissage, de cohésion et de phagocytoses (la gestion des cellules mortes ou lésées) assurent aussi la fonction de réparation. Captent le glucose sanguin, puis stockent sous forme de glycogène pour fournir l'énergie nécessaire. (**Bentayeb. O, 2015/2016**).
- **Les épendymocytes** : ces cellules forment un épithélium cubique ou prismatique simple cilié assurent le revêtement des cavités ventriculaires du "**SNC**", les cellules produisent le liquide-céphalo-rachidien et jouent un rôle dans les échanges entre ce liquide et le "**SNC**" (**Bentayeb. O, 2015/2016**)

5-Les cellules de Schwann : du **SNP** sont structurellement et fonctionnellement proche des oligodendrocytes du **SNC**. les cellules de Schwann produisent de multiples couches de myéline qui entourent toutes les fibres nerveuses à l'exception des plus petites comme les oligodendrocytes les cellules de Schwann chassent le cytoplasme au fur et à mesure qu'elles enroulent leur lamelle enveloppante autour de l'axone.

Cependant contrairement à l'oligodendrocyte la cellule de Schwann donne naissance à un seul prolongement qui fournit une gaine de myéline à un seul axone. (thomas,c,p.kivin,d,a,2002,p25)

Les axones les plus petits d'un nerf périphérique ne sont pas recouverts de gaine de myéline mais sont logés dans des invaginations du plasmalemme d'une cellule de Schwann peut prendre en charge une vingtaine d'axones amyélinisés. (thomas,c,p.kivin,d,a,2002,p25)

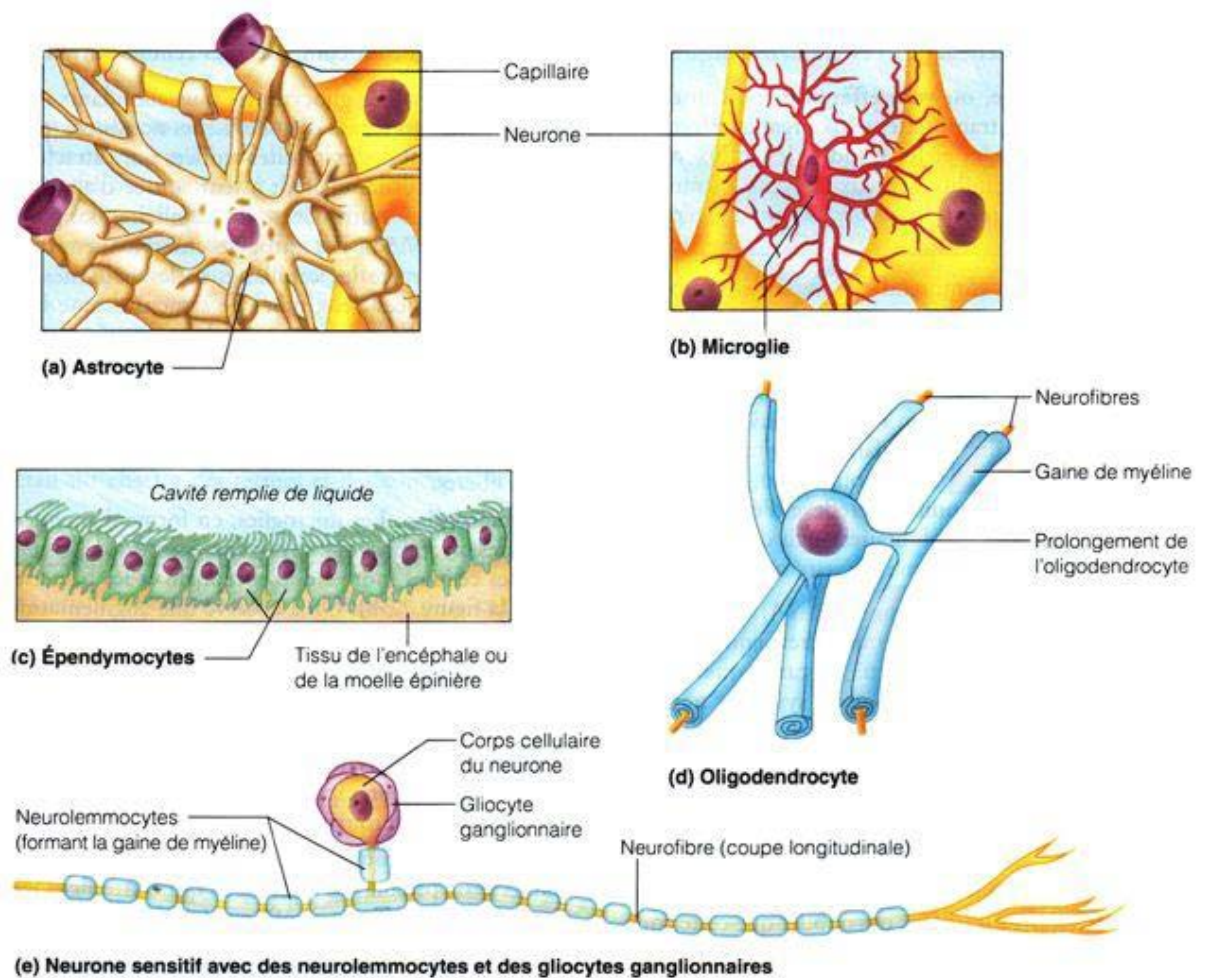


Figure N Les principales cellules gliales
(astrocyte,microglie,oligodendrocyte,épendynocytes) ,

Organe embryomaire	Cellule gliale	Type	Caractéristiques
Neuroectoderme (neuroglie)	Astrocyte Morphologie : Noyau oval Forme étoile	Protoplasmique Fibreux	- Prolongement nombreux ramifiés - Présent dans la substance grise prolongements peu nombreux droits - Présents dans la substance blanche.
	Oligodendrocyte Morphologie : Petit noyau arrondi et dense	Satellite	Présente dans la substance grise
		Interfasciculaire	- Prolongements en continuité avec la gaine de myéline - Présents dans la substance blanche
	Ependymocyte	Ependymocytes de la strate Ependymaire	Présentes dans la substance grise
		Ependymocytes Choroidiens	Epithélium simple cuboïde à cylindrique, avec de nombreuses microvillosités dépourvu membrane basal
	Mésoderme (Microglie)	Microgliocyte Morphologie Petit noyau cunéiforme	Rod cells
Spumeux			M. active vésicules de phagocytose

Tableau N° 02 : Les différents types de cellules gliales : (Fabiau, Justine. 2018.

P. 93).

6- Les synapses :

Le cerveau est composé d'environ 100 milliards de neurones. Chacun d'entre eux communique avec ses homologues au travers de domaines sub-micrométriques spécifiques : les synapses. Les synapses permettent de stocker l'information et en même temps d'accueillir de nouvelles données. Un seul neurone peut établir jusqu'à 100 000 synapses, ce qui explique la complexité du réseau neuronal, différente pour chaque individu.

6-1 Définition de la synapse : les synapses sont les jonctions des terminaisons axanals d'une fibre nerveuse avec des cellules neuronales, musculaires ou glandulaires (**robert, f. 1995. P 21**).

Chaque neurone peut également communiquer avec d'autres cellules grâce à des structures spécialisées : les synapses _ la dernière partie. (d) sera consacrée au fonctionnement des synapses, qui fait le plus souvent intervenir des messages chimiques. (**J, C. Orsini et j. Pellet/collection dirigée par g. a my et m. Piolat, bréal 2005**).

Certaines synapses du système nerveux central ont une certaine plasticité. Elles peuvent se modifier, ce qui est très important dans les processus d'apprentissage et de mémorisation. De plus, le fonctionnement des synapses est modifiable par les substances pharmacologiques à titre thérapeutique ou par des drogues qui créent alors des accoutumances. D'une façon plus générale, de nombreuses maladies mentales découlent d'un problème de communication synaptique.

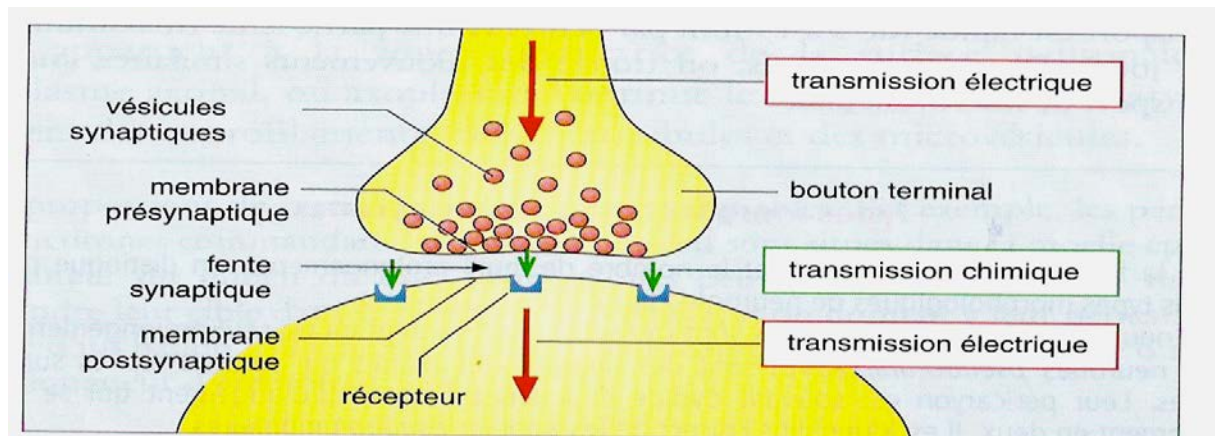


Figure N° 07 : la synapse

6-2 Les types de synapses :

- **Les synapses électriques :**

La synapse électrique se caractérise par une liaison étroite entre compartiment pré et post-synaptique. Le relai de l'influx nerveux se fait dans ce cas directement au travers de jonctions serrées. Ces jonctions sont constituées d'un anneau de connexines, formant un canal aqueux et perméable aux ions ce qui permet la synchronisation du signal. Mais ce type de synapse est minoritaire au sein du système nerveux central (**christian. m, p 243. 2005**).

- **Les synapses chimiques :**

Plus complexe que la synapse électrique, la synapse chimique fait appel à des neurotransmetteurs pour propager l'influx nerveux. Lorsque le potentiel d'action arrive au bouton axonal, il induit la fusion de vésicules à neurotransmetteurs au niveau de la membrane pré-synaptique, qui se retrouvent alors dans la fente synaptique. La fixation du neurotransmetteur à son récepteur (notamment de nature récepteur-canal) au niveau de la post-synapse (Figure 9) provoque l'ouverture des canaux ioniques et assure ainsi le relai du signal. (**marie b, hoeun, 2018, page 455**).

6-3 Le fonctionnement d'une synapse :

On appelle synapse la jonction de deux neurones. Entre deux neurones, la transmission des signaux nerveux se fait au niveau de la synapse, du neurone dit présynaptique au neurone postsynaptique. Des neurotransmetteurs, ou neuromédiateurs, sont libérés dans la fente synaptique par l'élément présynaptique, et se fixent sur des récepteurs de l'élément postsynaptique. Il arrive que les neuromédiateurs se fixent sur l'élément présynaptique pour réguler leurs propres sécrétions par effet rétroactif.

Tous les neuromédiateurs ne se fixent pas sur des récepteurs. Certains sont dégradés par une enzyme pour que leur matière première soit recyclée, d'autres peuvent être capturés et stockés à nouveau dans l'élément présynaptique. Il existe également un processus de diffusion des neuromédiateurs dans la fente synaptique, qui permet à certains d'entre eux de sortir de leur voie normale et d'aller influencer d'autres structures. (Charlotte,M,et ,andeline,v;d.p35)

7-Neurotransmetteurs:

Les substances qui assurent la transmission de l'influx nerveux dans la synapse sont des neuromédiateurs. Il faut noter qu'un même neurotransmetteur peut être excitateur à un endroit et inhibiteur ailleurs selon le type de récepteurs mis en jeu.

7-1Cotransmission :

En général, un neurone peut libérer plusieurs neurotransmetteurs. Ils sont localisés dans la même vésicule, s'ils sont tous les deux peptidiques, sinon ils sont localisés dans des vésicules différentes.

7-2 Les différents neurotransmetteurs:

Les neurotransmetteurs sont soit de nature peptidique soit de nature non peptidique. Ils sont tous localisés dans les vésicules synaptiques. Les neurotransmetteurs peptidiques sont synthétisés dans les corps de Nissl du corps cellulaire, puis ils sont stockés dans des vésicules issues de l'appareil de Golgi et sont transportés sous cette forme par les microtubules jusque dans les vésicules synaptiques. Les neurotransmetteurs non peptidiques sont synthétisés sur place dans la terminaison de l'axone, grâce à des enzymes spécifiques qui sont élaborées dans le corps cellulaire du neurone, puis transportées jusqu'aux terminaisons axonales par le flux axonal. Parmi les neurotransmetteurs, on distingue :

- **l'acétylcholine** : elle est synthétisée dans la terminaison présynaptique, à partir de la choline et de l'acétyl-coenzyme A sous l'action de la choline-acétyl transférase ; elle est dégradée par l'acétylcholinestérase qui est localisée dans l'espace synaptique .

- **le groupe des amines** : ce groupe comprend différentes molécules classées selon leur nature chimique. Le sous-groupe des catécholamines comprend la dopamine et la noradrénaline, qui sont synthétisées à partir de la tyrosine sous l'action de la tyrosine hydroxylase puis de la DOPA décarboxylase et de la dopamine oxydase ou dopamine β -hydroxylase. L'adrénaline n'est pas un neurotransmetteur. Le sous-groupe des indolamines est représenté par la sérotonine, ou 5OH-tryptamine, qui est synthétisée à partir du tryptophane. Enfin, l'histamine est synthétisée à partir de l'histidine.

- **le groupe des acides aminés** : on a pris l'habitude de classer les acides aminés neuromédiateurs en fonction de leurs effets postsynaptiques et on parle d'acides aminés excitateurs pour le glutamate et l'aspartate et d'acides aminés inhibiteurs pour le GABA (acide γ -aminobutyrique) et la glycine dans le cerveau et la moelle. (ELSEVEIR MASSON ; 2015)

- **le groupe des polypeptides** : qui comprend de nombreuses familles, dont :
 - les peptides opioïdes, avec les enképhalines, les endorphines et la dynorphine
 - les tachykinines, avec la substance P.
- **le groupe des purines** : ce sont l'adénosine, l'adénosine monophosphate (AMP) et l'adénosine triphosphate (ATP)
- **le groupe des messagers intercellulaires diffusibles** : le chef de file en est le NO (monoxyde d'azote).

8- La gaine de myéline (la myéline)

8-1 Processus de myélinisation

Le mécanisme de production de la gaine de myéline a lieu de façon extrêmement stéréotypée au cours du développement. Elle progresse de façon caudo-rostrale dans le cerveau antérieur et rostro-caudale dans la moelle épinière. Chez la souris, ce processus débute à la naissance et est achevé dans la majorité des régions entre 45 et 60 jours de vie post-natale. Chez l'Homme, la myélinisation atteint un pic au cours de la première année post-natale et continue jusqu'à l'âge de 20 ans dans quelques fibres corticales, notamment dans les aires associatives (**Mary,Z,2017,p16**)

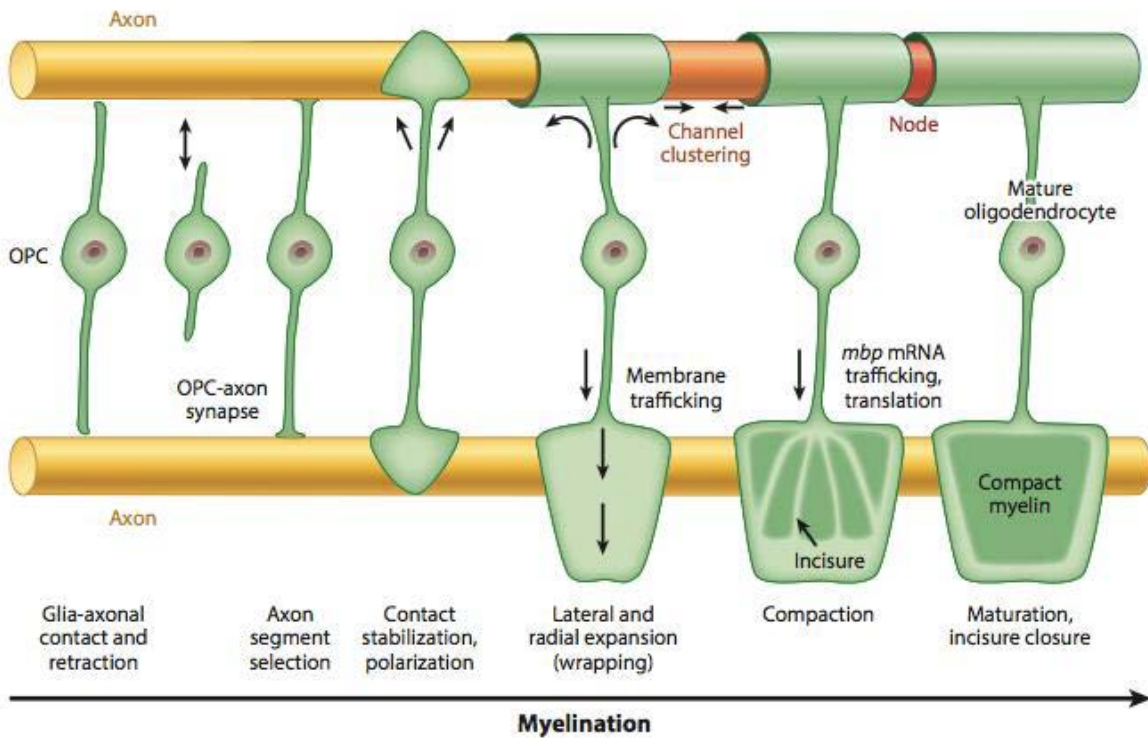


Figure 5: Représentation schématique des différentes étapes conduisant à la compaction de la myéline.

La gaine de myéline est organisée en domaines fonctionnels responsables de la propagation saltatoire du potentiel d'action et de l'interaction entre l'axone et les (CS). On distingue les régions nodale, paranodale, juxtaparanodale et internodale. (Mary,Z,2017,p16)μ

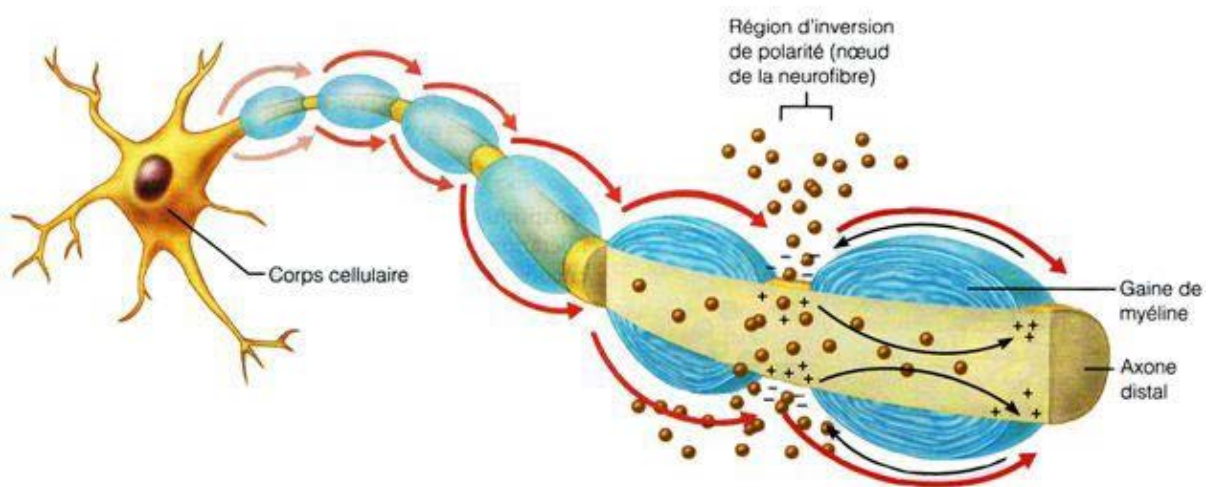


FIGURE N : Conduction saltatoire (axone myélinisé)

La gaine de myéline correspond à l'empilement de multiples couches de membrane plasmique gliale. La gaine est formée par enroulement de la cellule de Schwann autour de l'axone, et sa composition est donc essentiellement lipidique (environ 70 %). (Maximime, j.2016,p20).

La myéline est une enveloppe lipidique et protéique générée par les cellules gliales. Elle est synthétisée par les cellules de Schwann dans les nerfs périphériques et par les oligodendrocytes au sein du (SNC).

Ces cellules gliales émettent des expansions de leur cytoplasme qui entourent les axones, produisant une gaine formée de bicouches lipidiques étroitement accolées. (paxale Pisano, 2010, 2011).

La myéline est retrouvée dans la substance grise et dans la substance blanche. La couleur dépend de la teneur en myéline. La substance grise est faiblement myélinisée, tandis que la substance blanche est fortement myélinisée.

8-2 Le rôle de la couche de myéline et des nœuds de Ranvier

Plus le diamètre de l'axone augmente, plus la capacitance diminue et, inversement, la vitesse augmente. Mais les besoins métaboliques sont alors nettement augmentés dans les plus gros axones. Si les fuites de courants sont minimisées par un isolant, la vitesse de conduction est alors accrue. Les cellules de Schwann permettent l'isolation et la réduction de la capacitance électrique, grâce à leur couche riche en lipides. Cette gaine de myéline est discontinue avec des internœuds séparés par des nœuds de Ranvier. La dépolarisation rapide au niveau d'un nœud de Ranvier (ouverture des canaux à sodium) est suivie d'une diffusion passive du courant sous la gaine isolante, jusqu'au prochain nœud. La fuite du courant est alors rendue minime. Au nœud suivant, il y a une augmentation de la dépolarisation. Seule la membrane du nœud de Ranvier est excitable. On parle ainsi de diffusion saltatoire du potentiel d'action, puisqu'il saute d'un nœud à nœud (Azzouz,A,2018,p28)

Principalement la gaine de myéline assure deux fonctions : une fonction dynamique en accélérant la vitesse de l'influx électrique transporté par l'axone et une fonction protectrice en isolant l'axone de son environnement. (Papeix, 2019, p. 48, 49).

La perte de la myéline (**Démyélinisation**) d'une fibre myélinisée pose d'importants problèmes de conduction de l'influx nerveux. **La sclérose en plaques** correspond à ce type de lésion (Ginah Gould, 2001, P-69, 68).

Au niveau des lésions de la sclérose en plaques, la gaine myéline des axones est détruite et progressivement supprimée par l'action de cellules microgliales activées et surtout de lymphocytes qui viennent du sang et pénètrent dans le "SNC" en franchissant la barrière hémato-encéphalique [bhe] (Jacques. P. 1978. P. 15).

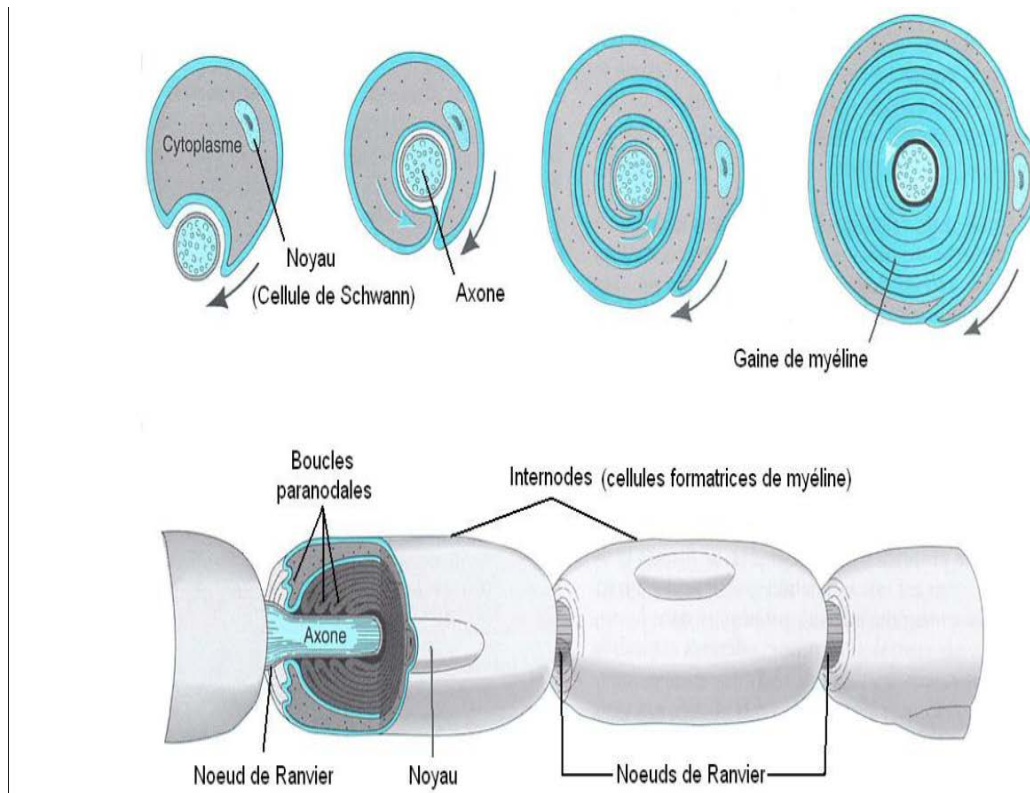


Figure N° 09 : Le neurone et la gaine de myéline

Partie deuxième :**I-La sclérose en plaque****1-1 Historique**

C'est **Jean-Martin Charcot** (1825-1893), neurologue français à la clinique de la Salpêtrière, qui en 1868, **a donné la première description précise de la maladie et de son évolution**. La maladie n'est pourtant pas nouvelle (autres cas connus : une femme du peuple Viking, Lidwine de Schiedam au XIVe siècle, Auguste d'Este). Le système nerveux fut décrit pour la Première fois en 1824.

La sclérose en plaques est mentionnée pour la première fois par les termes « sclérose en île », dans l'ouvrage « Anatomie pathologique du corps humain », écrit par Jean Cruveilhier (1791–1874), chirurgien français. Puis dans l'atlas « Pathological anatomy » de l'écossais Robert Carswell (1793-1857) en 1838 dans lequel sont dessinées les lésions de la moelle épinière (**Papeix 2011**).



.Figure 10. Image des lésions médullaires, tirée de l'ouvrage de Robert Carswell (D'aprèsPapeix 2011).

Les principales anomalies histologiques de la maladie (inflammation et démyélinisation axonale) ont été établies dans les années 1860 : Eduard Rindfleisch nota en 1863 la présence d'infiltrats inflammatoires périvasculaires au sein des plaques de sclérose. Il évoque la possibilité que cette inflammation soit responsable de la démyélinisation (Papeix 2011).

En 1866, le terme "sclérose en plaques" est utilisé pour la première fois par Alfred Vulpian, collègue de Jean-Martin Charcot, au lieu de l'ancien terme de "sclérose en tâches ou en îles". (Traitements de l'époque : doses d'argent, d'iode, d'arsenic, électrochocs et bains d'eau froide).

Et c'est en **1868** que le **Dr Jean Martin Charcot, neurologue et professeur d'anatomopathologie, donne une description précise des lésions observées dans la sclérose en plaques**. Sur des coupes anatomiques de cerveau et moelle épinière, il observa de petites lésions, « scléroses », disséminées sous formes de « plaques ». Il mentionnera ensuite que ce sont ces plaques qui provoquent les symptômes de la maladie. C'est lui qui lui donnera définitivement le nom de sclérose en plaques. Il la différencia de la maladie de Parkinson qu'il avait décrite quelques années plus tôt sous le nom de « paralysie agitante ». La même année, il confirme l'existence d'une autre maladie, la sclérose latérale amyotrophique (SLA), connue sous le nom de maladie de Charcot.

Dans sa description des symptômes cliniques, Charcot s'est beaucoup inspiré d'une de ses servantes, qui présentait trois symptômes particuliers : une élocution mal articulée (dysarthrie), des mouvements saccadés des yeux (nystagmus) et un tremblement des bras lorsqu'elle voulait prendre un objet (tremblement intentionnel) (triade de Charcot). Charcot avait posé le diagnostic de syphilis de la moelle épinière, mais à l'autopsie il découvrit les "petites tâches" typiques de la SEP et fit ainsi la première corrélation anatomo-clinique. **(Papeix 2011, Kerschen 2010).**

En 1930 apparaissent les premières études épidémiologiques : Russel Brain est le premier à collecter des informations sur la fréquence, l'âge d'apparition de la SEP.

2- Les sclérose en plaques :

La sclérose en plaque (SEP) décrite initialement par Charcot en 1868, C'est une maladie inflammatoire chronique auto-immune caractérisée par la destruction de la myéline dans la substance blanche du système nerveux central (SNC), qui touche le cerveau, les nerfs optiques et la moelle épinière.

Cette atteinte concerne avant tout la myéline, gaine qui entoure et protège les fibres nerveuses, ainsi que les oligodendrocytes qui sont les cellules responsables de la formation de la myéline. Un durcissement des tissus dans les régions atteintes du cerveau et de la moelle épinière (tissu cicatriciel) justifie l'utilisation du mot « **Sclérose** ». En s'attaquant au cerveau et à la moelle épinière en plusieurs endroits, des **plaques** sont constituées d'axones démyélinisés, de débris de la couche de myéline et d'un nombre anormalement élevé de cellules immunitaires.

La SEP se manifeste par une réaction auto-immune inappropriée, sous l'action des cellules lymphocyte T (CD4), lymphocyte B, macrophage) et des anticorps (IgM, IgG), cette action permet de neutraliser la myéline comme s'il s'agit d'un corps étranger, celle-ci provoque une inflammation qui joue un rôle majeur dans la survenue des événements cliniques (**Schumacker et al., 1965**)

Selon (**Barat, 2003, P.11**) La SEP est caractérisée par une atteinte inflammatoire du système nerveux central dont la conséquence est la destruction des gaines myéliniques des axons accompagnée d'une cicatrice gliale, l'ensemble formant des plaques de sclérose disséminées dans le cerveau et la moelle épinière. La notion de dissémination lésionnelle dans le temps et dans l'espace est fondamentale et de telles lésions ont pour conséquence de profondes altérations de la conduction des messages nerveux. Les symptômes varient en fonction de la localisation des lésions et l'évolution est variable mais le plus souvent imprévisible. La cause (ou les causes) de la maladie reste(nt)

actuellement inconnue(s) mais il apparaît que la SEP est une affection multifactorielle. Plusieurs arguments suggèrent une nature autoimmune de la maladie, illustrée par la présence d'un processus inflammatoire qui situe cette affection dans le cadre des leuco-encéphalopathies.

La sclérose en plaques (SEP) entraîne des attaques imprévisibles de la myéline, soit la gaine lipidique (gras) des fibres nerveuses du cerveau et de la moelle épinière, structures fondamentales du système nerveux central. La myéline abîmée peut être partiellement régénérée par l'organisme, mais à la longue, elle est remplacée par des plaques de tissu cicatriciel (lésions). Les fibres nerveuses (ou axones) peuvent également être détériorées ou détruites. La SP peut également entraîner une diminution du volume du cerveau (atrophie cérébrale). Ces trois types de changements – déperdition de myéline, détérioration des axons et atrophie cérébrale – peuvent survenir dans n'importe quelle partie du système nerveux central et peuvent expliquer, en partie, la grande diversité des symptômes de la SP. **(Brochet, et al,2017, P.3)**

La sclérose en plaques est une **affection neurologique évolutive du sujet jeune**. Elle se caractérise par des **poussées inflammatoires** à l'origine d'une démyélinisation par plaques au sein de la substance blanche du système nerveux central. Parallèlement, il existe dès le début de la maladie, une atteinte axonale qui s'aggrave au cours de l'évolution. La dissémination des lésions est extrêmement variable et rend compte du polymorphisme clinique. Elle peut être source de handicaps importants qui entravent la vie sociale, professionnelle et familiale.

On parle de « sclérose » car on note un durcissement des tissus atteints dans le cerveau et dans la moelle épinière, et « de plaques » en raison de l'hétérogénéité de répartition des lésions. C'est donc la description des lésions anatomiques par **Jean Cruveilhier en 1835** qui a donné son nom à la maladie. Mais c'est **Jean Marie Charcot** qui, en **1868**, fait les premières descriptions des

formes cliniques telles que nous les connaissons aujourd'hui (**Dr Grégory Couvreur, Pr Thibault Moreau, 2002 p178**)

La sclérose en plaques est une maladie inflammatoire, évolutive, auto-immune et chronique qui se manifeste par une démyélinisation des fibres nerveuses de la substance blanche du système nerveux central au niveau de la moelle épinière du tronc cérébral du cervelet et de l'encéphale. Les mécanismes auto-immuns s'attaquent aux gaines de myéline entourant les axones des neurones créant ainsi des plaques de scléroses et pouvant aboutir à une dégénérescence de ceux-ci. Les atteintes peuvent être multiples : motrices, sensitives, végétatives ou cognitives. La sclérose en plaque est une pathologie pouvant laisser des séquelles définitives dont les foyers lésionnels sont multiples (multiple sclerosis en anglais) et disséminés sans aucune systématisation, ce qui rend chaque patient unique en fonction des régions touchées. (**Samuel GAIGÉARD 2016 p02**)

2-Epidémiologie :

Le nombre de sujets ayant une SEP dans le monde est estimé à **2 à 2,5 millions**. La répartition de la SEP à travers le monde n'est pas uniforme (**Fig.04**), sa prévalence décroît schématiquement en fonction d'un gradient nord-sud dans l'hémisphère nord. On distingue ainsi trois zones de prévalence (**Compston et al., 2006**), (**Rosati, 2001**) .

1. Une zone de forte prévalence (dite aussi zone à haut risque), 30 à 80/100.000 : Europe du nord, le nord des États-Unis, le nord du Canada, Israël, le sud de la Nouvelle Zélande, le sud-est de l'Australie et l'est de la Russie.

2. Une zone de moyenne prévalence (entre 10 et 30 pour 100.000) : Le Sud de l'Europe, le sud des États-Unis, la plus grande partie de l'Australie, l'Afrique du sud, le sud du bassin méditerranéen, la Sibérie, l'Ukraine et une grande partie de l'Amérique latine.

3. Une zone de faible prévalence, inférieure à 5/100.000 : plus au Sud Asie (Japon, Chine) et l'Afrique noire.

Cette variabilité semble être liée à la latitude (**Pugliatti, 2007**). Cependant, les paramètres géographiques et climatiques n'agissent pas à eux seuls sur la répartition de la SEP dans le monde. Certains facteurs étiopathogéniques, peuvent expliquer la prevalence élevée dans une région donnée.

En Algérie, la prévalence de la maladie est en augmentation continue depuis la première étude de Boukhlife et chaouch en 1983, qui indique l'atteinte de 8,9/100 000 habitants. Les études publiées entre 2005 et 2012 (**Drai et Arezki, 2012**), déclarent une prévalence nettement augmentée (20,1/100000).

Willaya de **Tizi-Ouzou** 435 cas selon la base de données archivées du centre hospitalier de Belloua (Sanatorium) au niveau du service de neurologie.

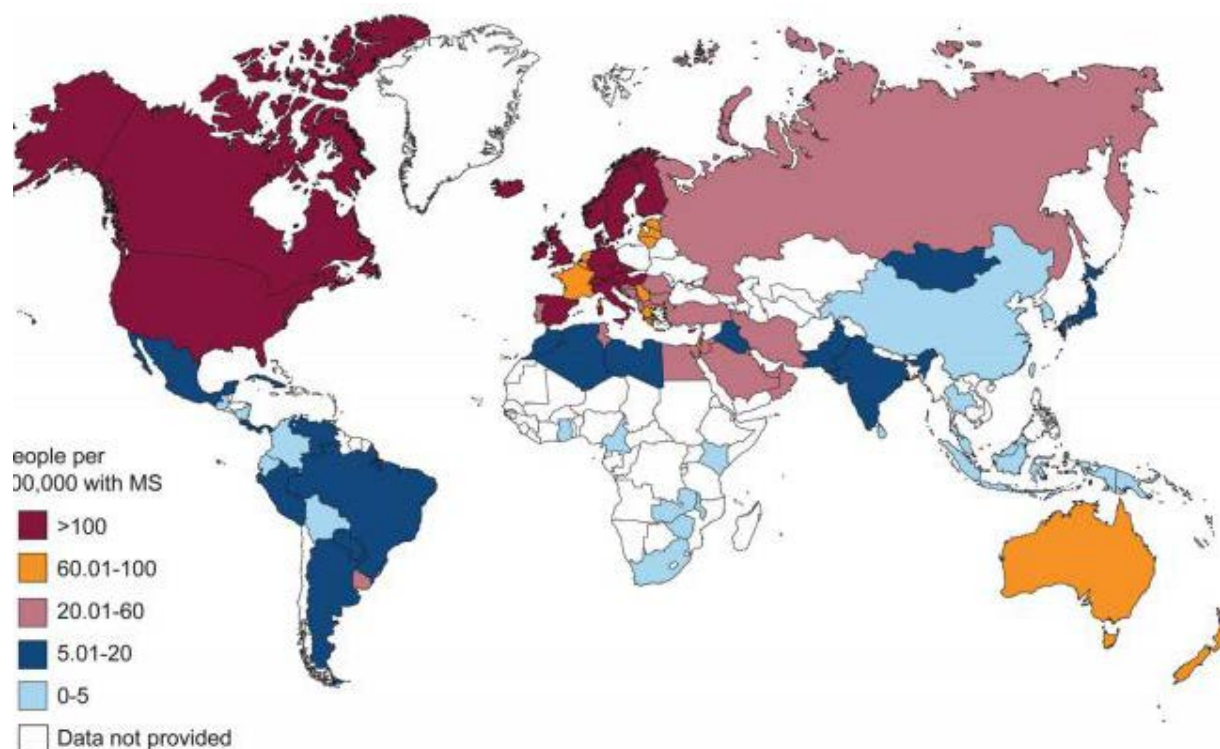


Figure N11 : épidiologie de la sclérose en plaque au monde

3 - CONSEQUENCES FONCTIONNELLES DE LA DESTRUCTION

MYELINIQUE :

Le phénomène initial serait la rupture de la barrière hémato-encéphalique, Permettant l'invasion du SNC par des cellules inflammatoires.

La destruction segmentaire de la myéline surviendrait dans un deuxième temps, celle-ci à pour conséquence la diminution de la résistance électrique membranaire, des difficultés de transmission de l'influx nerveux d'un segment rétréci vers un segment dilaté et la mise en contact de segment axonaux mis les uns avec les autres (**Brochet,1995**).

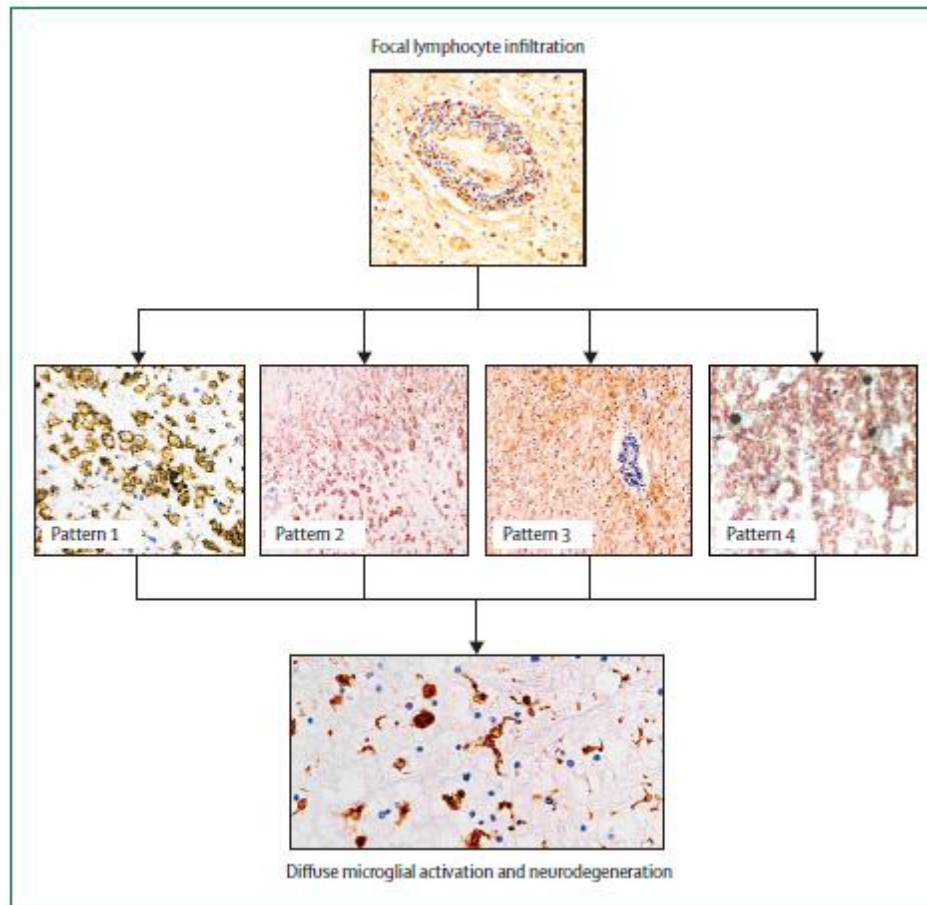
La conduction au niveau des segments nus devient continue, d'où une repartition différent des canaux sodium et potassium. Autour de la membrane axonale, une consommation augmentée d'énergie et une grande sensibilité de la conduction aux variations thermiques.

Le passage de la conduction continue du segment nu vers le segment normal entraîne des distorsions dans la transmission du message. Le contact qui s'établit entre différents axones nus est à l'origine du phénomène déphase, pouvant expliquer la possibilité de phénomènes productifs. Tels que les symptômes sensitifs. La démyélinisation est possible, la myéline néoformée pouvant elle même être l'objet d'un nouvel épisode de démyélinisation ; d'où l'épuisement du réservoir de cellules démyélinisantes, la perte axonale et la formation d'une gliose astrocytaire. Ainsi, les remissions deviennent incomplètes et le handicap peut s'aggraver (**Harosien ,1998**).

4-ANATOMOPATHOLOGIE : LES PLAQUES DE DEMYELINISATION:

La composition cellulaire et les molécules impliquées peuvent être différentes d'un patient à un autre et être décrites en quatre profils. C'est ce qui a été présenté à l'issue d'une étude des lésions activées prélevées à partir de tissus humains post-mortem.

Ces profils prennent en compte la présence et la quantité de cellules immunitaires, de complément et d'anticorps, ainsi que la perte myélinique et l'apoptose oligodendrocytaire.



FigureN12 : les quatre principaux de profils de la démyélinisation dans la sep (**compstanet al ,2008**)

Les différents profils sont décrits ci-dessous :

- Profil 1 : retrouvées dans 15% des patients, il correspond à une prépondérance de lymphocytes T et de macrophages activés, avec comme molécules effectrices le $TNF\alpha$, les radicaux libres et l' $IFN-\gamma$.

- Profil 2 : retrouvées dans environ 58% des biopsies, il correspond à la prédominance d'anticorps et de complément. Des anticorps anti-MOG et anti-MBP sont retrouvés au sein des lésions. Le mécanisme de destruction de la myéline semble médié par l'immunité humorale.

- Profil 3 : trouvées dans 26% des patients, on y retrouve une démyélinisation active avec une atteinte oligodendrocytaire. Il y a une absence de remyélinisation, d'immunoglobuline et de dépôt du complément.

- Profil 4 : Lésions extrêmement rares, trouvées dans seulement 1%. Elles sont caractérisées par une atteinte dégénérative des oligodendrocytes. Ce profil est surtout présent dans les formes progressives de SEP.

L'hétérogénéité des plaques illustrent bien les différents mécanismes de démyélinisation qui existent en SEP. (Pardat, d, p.2014, p31)

5- PHYSIOPATHOLOGIE :

La SEP comporte à la fois une composante inflammatoire et une composante dégénérative.

-L'atteinte inflammatoire du système nerveux centrale (SNC) a pour conséquence la destruction des gaines myéliniques des axones. Cette atteinte de la myéline contraste avec un apparent respect axonal : c'est la "dissociation axono-myélinique". La perte de myéline est à l'origine d'une altération de la conduction de l'influx nerveux à l'origine de la symptomatologie. Ces foyers de démyélinisation, que l'on qualifie de "plaques", sont disséminés dans l'ensemble du système nerveux central, ce qui explique le polymorphisme clinique de la maladie.

Elles évoluent indépendamment les unes des autres, à la fois dans le temps et l'espace. La progression peut se faire vers la sclérose, ou au contraire vers la remyélinisation.

Chez un même patient coexistent des plaques anciennement sclérosées et des plaques jeunes inflammatoires.

Figure 8 : Une démyélinisation d'origine immunitaire [57]

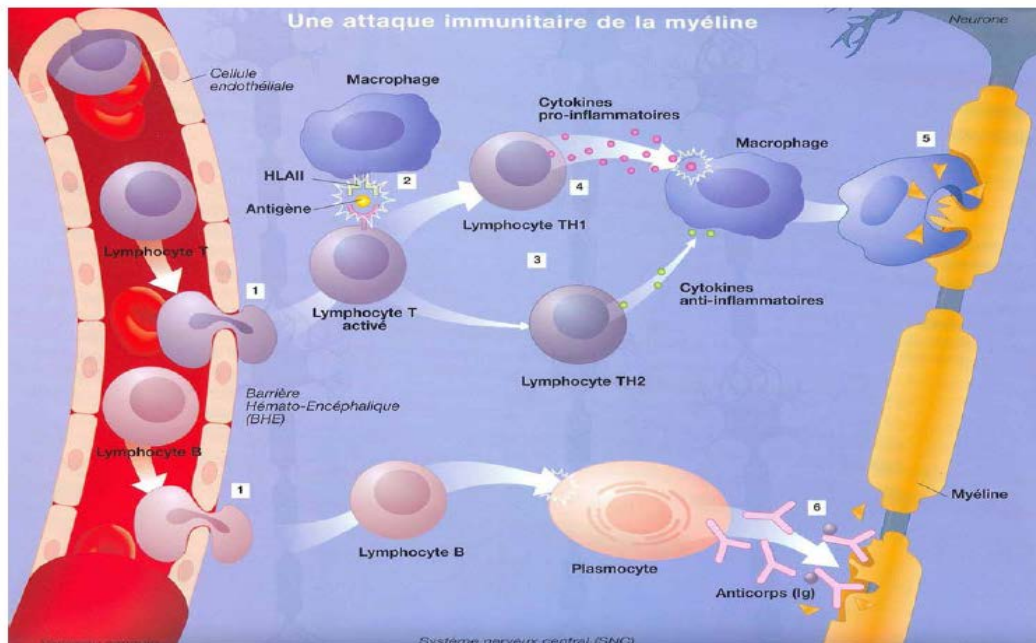


Figure N(13) Démyélinisation d'origine immunitaire

-Une dégénérescence axonale: à l'origine du caractère irréversible de la maladie, survient secondairement en raison des perturbations de l'influx nerveux causées par la destruction de la gaine de myéline. Si les lésions en elles-mêmes apparaissent tardivement, il semblerait qu'il existe une souffrance axonale dès le début de la maladie, d'abord infraclinique, puis s'exprimant par l'apparition du handicap fonctionnel.

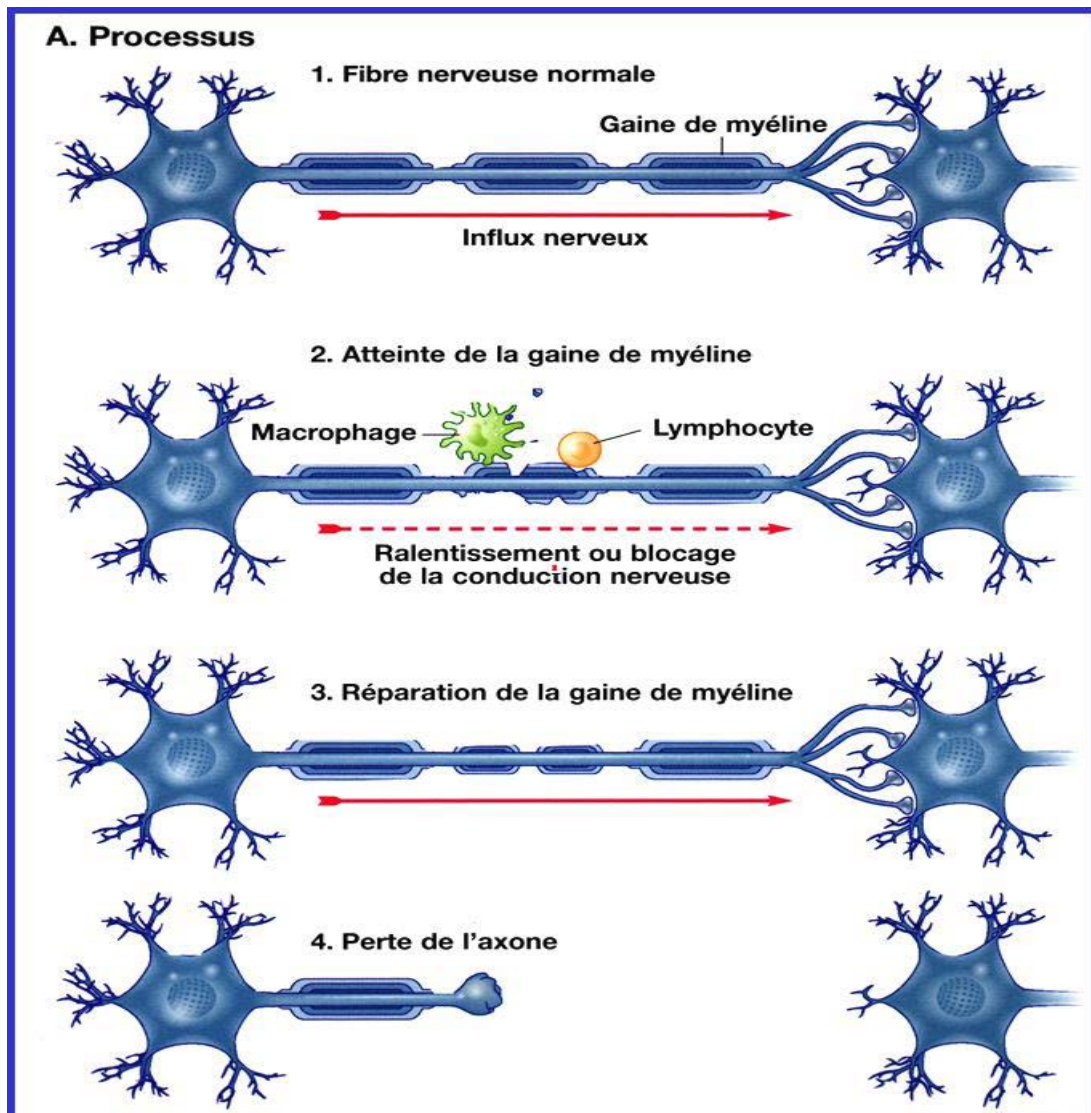


Figure N(14) une atteinte de la gaine de myéline

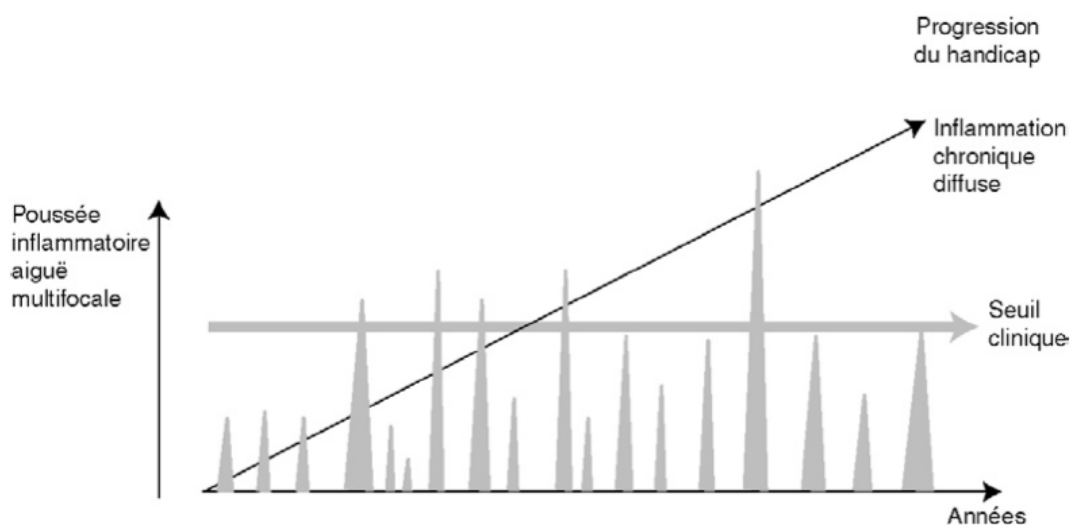
6- Evolution naturelle de la maladie :

Dès le début de la maladie, un phénomène inflammatoire et un phénomène dégénératif sont probablement associés.

Le phénomène dégénératif commence très précocement dans l'histoire naturelle, de façon asymptomatique pendant la phase rémittente avant la phase secondairement progressive.

Quel que soit son mode évolutif, la SEP aboutit souvent vers un handicap.

L'aggravation du handicap au cours de l'évolution est extrêmement variable d'un malade à l'autre, rendant difficile l'établissement d'un pronostic. Deux éléments interviennent dans cette évolution : les poussées dont chacune peut laisser persister un déficit, mais aussi le développement de lésions neurodégénératives qui jouent probablement le rôle principal lors de la phase d'aggravation progressive. (confaveux,C,2006,P56)



Shéma n (01) : Part respective des poussés et de l'aggravation progressive dans l'evaluation de la sep

Le pronostic global de la SEP est bien connu. Après un temps médian de 8, 20 et 30ans, surviennent respectivement une limitation du périmètre de marche, la nécessité de marcher avec une canne, le recours à un fauteuil roulant.

Par ailleurs, des facteurs de mauvais pronostic ont été mis en évidence : une charge lésionnelle importante à la première poussée, deux poussées ou plus lors de la première année, la transformation en phase secondairement progressive ou les forms progressives primaires, une forte accumulation de la charge lésionnelle dans les 5 premières années d'évolution.



Figure N (15) L'évolution de la sclérose en plaque

Les facteurs prédictifs classiques de bon pronostic : absence de handicap après 5 ans, un intervalle de plus de 2,5 ans entre les deux premières poussées, une faible charge lésionnelle lors de la première IRM, l'absence d'augmentation de la charge lésionnelle après 5 ans

A coté de ces formes « classiques » de SEP, il existe des formes dites « bénignes » de SEP définies par un score EDSS inférieur à 3 au bout de 10 ans d'évolution. Ces formes représenteraient 39% des patients dans l'étude de Fisniku (10). Le seul facteur pronostique de ces formes semble être l'importance du score EDSS à 10 ans

L'espérance de vie est probablement peu diminuée (5 à 7 ans) au cours de la sclérose en plaques (**créange,A,2012**).

7- Répartition selon l'âge et le sexe :

La SEP est la maladie neurologique la plus fréquente de l'adulte jeune. L'âge moyen estimé de la survenue de la maladie est de 30 ans. L'incidence reste élevée entre 20 et 40ans, tandis que sa fréquence est de 3 % avant l'âge de 16 ans et de 0,6 après l'âge de 60 ans.

Depuis ces 30 dernières années, le sexe ratio (SR) de la SEP s'est modifié à cause d'une augmentation de l'incidence de la SEP chez les femmes. Entre 1960 et 2005, le sexe ratio ajusté sur l'année de début de la SEP est passé de 1,68 à 2,45. Le risque de développer une SEP est deux à trois fois plus fréquent

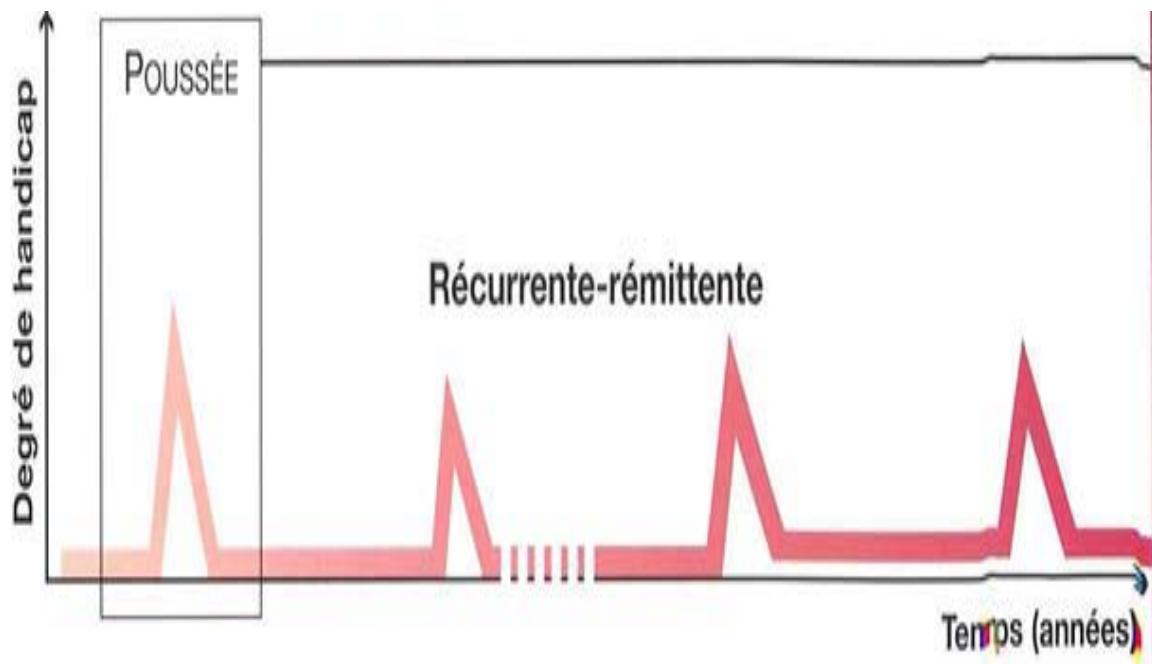
chez les femmes que chez les hommes, mais le pronostic est plutôt meilleur chez elle. (Goodin, ds, 2014,P66)

Toutefois, aucun gène significatif n'a été décrit sur le chromosome X. Une explication alternative à cette plus grande susceptibilité des femmes pourrait être hormonale plutôt que génétique. Les maladies auto-immunes en general. Et la SEP en particulier, touchent plus souvent les femmes que les hommes. (Orton, SN, 2006,P6)

8- Les formes de la sclérose en plaque

8-1 La SEP récurrente-rémittente (SEP-RR) :

Qui évolue par poussées bien individualisables laissant ou non des séquelles. Cette forme concerne la plupart des patients SEP, soit environ 85%. Au niveau anatomopathologique, les plaques sont multifocales, disséminées dans le temps, avec des plaques dites actives et des plaques chroniques. Les poussées sont le reflet de lésions focales aiguës. Dès que la perte axonale dépasse les mécanismes de compensation du SNC (remyélinisation spontanée, redistribution des canaux sodiques), la SEP-RR évolue vers une SEP-SP. (Bertrand, et , Epelbaum,2006,p ;92,Vermech,2008,P.18,Moreau,Pasquier,2017, P.133)

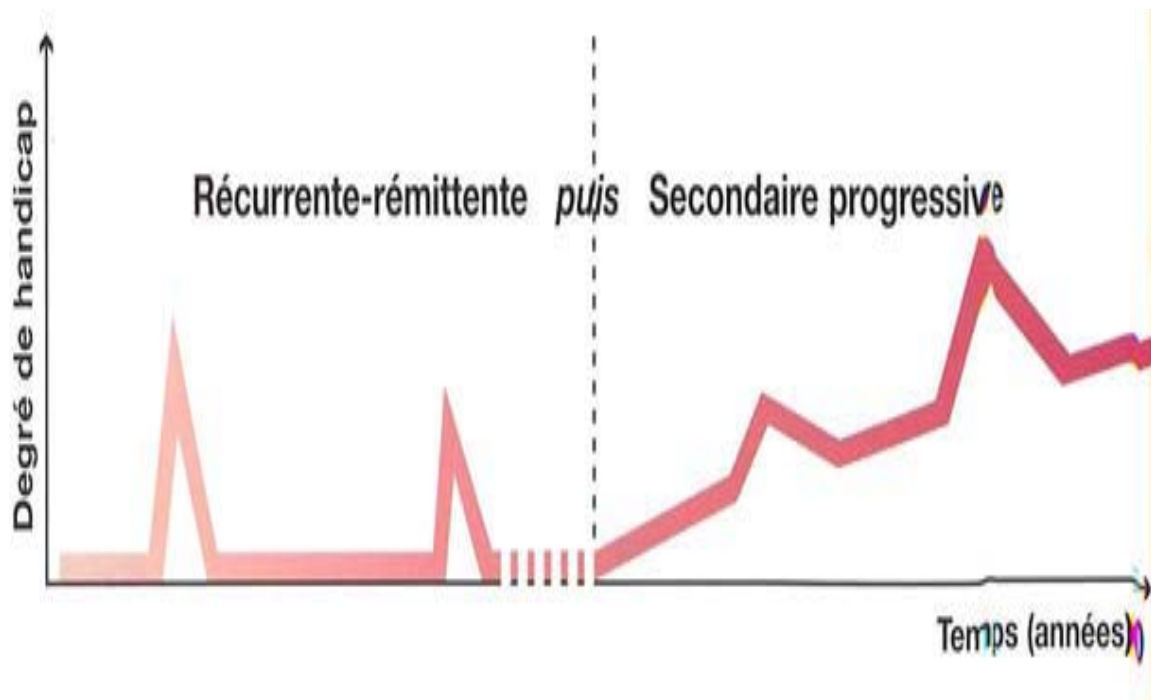


Figure(16) : forme récurrente-rémittente

8-2 La SEP secondairement progressive (SEP-SP) :

Dans laquelle après une phase initialement rémittente de 15 années en moyenne, on observe une progression du handicap avec ou sans poussées surajoutées suivies de rémissions minimales et de plateaux.

L'examen anatomo-pathologique, à ce stade, montre une atrophie cérébrale (diminution du volume du parenchyme cérébral) et une perte axonale. La perte Axonale progressive est la cause essentielle du handicap neurologique irréversible la présence de poussée n'est pas systématique, mais elle est habituellement suivie de l'augmentation du nombre de séquelles. Ce frome concerne environ 10% des patients. **(Bruno brouchet. 2017. P. 03).**



Figure(17) : Forme secondairement progressive

8-3 La SEP progressive primaire (SEP-PP)

Caractérisée par une évolution progressive d'emblée sans poussée ni rémission. Des fluctuations minimales et des phases de plateaux sont possibles. Cette forme est plus grave et plus rare touche 15% des patients, la progression du handicap est permanente et le déclin neurologique est régulier. Sur le plan anatomopathologique, cette forme se caractérise par la mort des oligodendrocytes. La première phase de la maladie (SEP récurrente-rémittente), qui dure environ 10 à 20 ans, concerne la majorité des patients (85 % des cas) puis évolue vers la seconde phase (SEP secondaire progressive) caractérisée par une invalidité progressive avec de faibles rémissions. Dans les autres 15 % des cas, les symptômes apparaissent lentement sans aucune amélioration. Cette forme de la maladie est appelée forme progressive primaire, car elle est progressive dès le début au lieu d'être une deuxième phase dérivant de la première. La forme rémittente est caractérisée par l'alternance de poussées et de phases de rémission.

Les formes secondaires progressives présentent une aggravation graduelle de l'état du patient et font suite aux formes rémittentes. Les formes primitives

Progressives présentent une augmentation ininterrompue de séquelles **Bertrand, et, Epelbaum,2006,P.93, Vermech,2008, P.18, Moreau, Dupasquier,2017, P.136)**

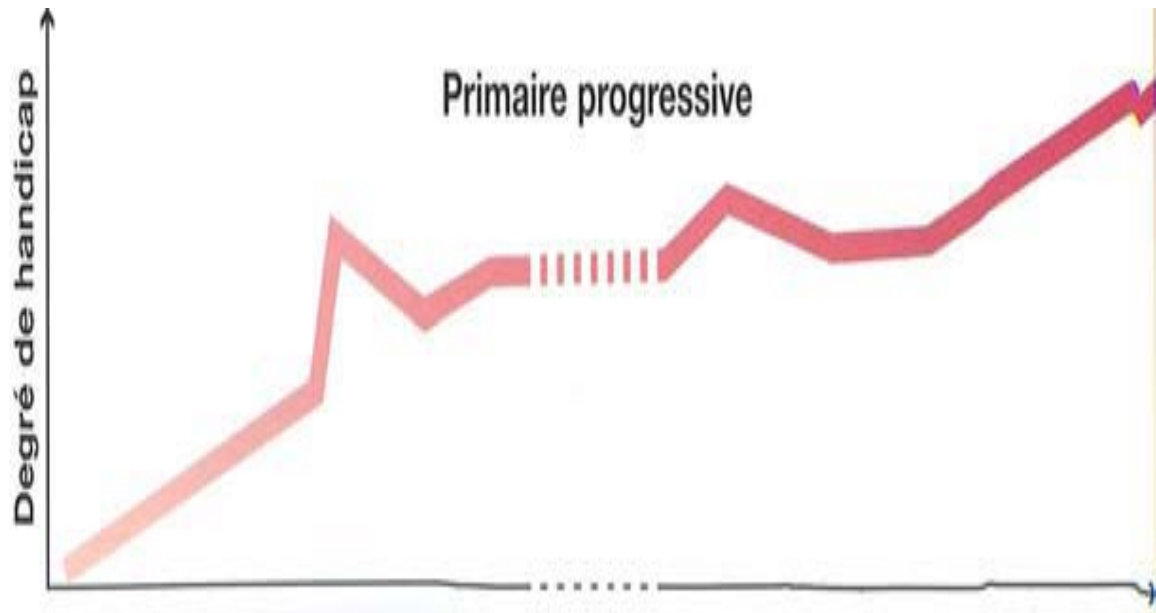


Figure (18) : Forme primaire progressive

8-4 La forme rémittente progressive ou progressive à rechutes :

Il existe clairement, des diagnostics, une évolution progressive mais avec d'authentiques poussées surajoutées avec sans récupération et des périodes entre les poussées ou il existe clairement une aggravation continue.

Cette forme est parfois apparentée aux formes primaires progressives avec la poussée surajoutée. **(Bruno brouchet. 2017. P. 03).**



Figure (19) : Rémittente progressive ou progressive à rechutes

- **Autres formes de la maladie :**

1) Le syndrome clinique isolé (SCI) :

Il se définit par l'apparition d'un premier épisode clinique évoquant une maladie neurologie inflammatoire démyélinisation (**démyélinisante**) du **SNC**. Il peut être inaugural des sep-rr. La plupart du temps, **l'IRM** révéle des lésions typiques de la maladie. Mais l'occasion, **l'IRM** est normale. Pour que l'on puisse poser un diagnostic de sci, les symptômes de la personne atteinte doivent être caractéristiques d'une poussée de "**sep**" et le neurologue doit consulter des signes tout aussi caractéristiques d'une poussée à l'examen neurologique. Les personnes qui reçoivent un diagnostic de **SCI** peuvent avoir ultérieurement ou non la sclérose en plaques.

2) Syndrome radiologiquement isolé « SRI » :

Il implique la découverte fortuite, à **l'IRM**, de lésion évocatrice de "**sep**" en absence de signe clinique associé, compatible avec la maladie. Il est parfois assimilé à une forme Asymptomatique ou préclinique « **sep** ». (**Seferaoui Marien. 2019**).

9-Etiopathogénie(causes) de la maladie de la sclérose en plaque

Toutes les maladies auto-immunes impliquent une rupture de la tolérance immunologique, dont les mécanismes empêchant le système immunitaire de s'attaquer aux cellules de son propre organisme. La tolérance au soi est assurée de plusieurs façons différentes, et donc être rompue par divers mécanismes.

La SEP est une maladie auto-immune multifactorielle faisant intervenir une susceptibilité génétique et des facteurs environnementaux qui contribuent à la perte de tolérance et conduit à l'apparition de la maladie.

❖ Facteurs génétique

Les arguments qui favorisent les facteurs génétiques prédisposant à la SEP sont les suivants :

- _ L'affection touche deux fois plus la femme que l'homme.
- _ Le risque de SEP est de 0,3 % parmi une cohorte de Canadiens Belges et Anglais. Ce risque est augmenté lorsqu'un apparenté est affecté par cette maladie. Le taux de récurrence familiale de SEP est d'environ 20 % mais ce risque diminue lorsque le degré de parenté s'éloigne. Le risque de récurrence est de 30 % pour les jumeaux monozygotes, 3 % pour les apparentés au 1er degré (frères et soeurs 5%, parents et enfants 2%), 1% pour les apparentés du 2ième ou 3ième degré (**Compston, 1999**).

L'association préférentielle à certain antigène du système HLA DR2 (human leucocyte antigen) et à certains marqueurs allo typique des immunoglobulines Gm et Km, et peut être à certains sous types de récepteurs aux lymphocytes T (TCR). Il a été montré que l'expression du gène VAV1 jouait un rôle dans le contrôle des maladies immunitaires du système nerveux central et dans la production de cytokines pro inflammatoires impliquées dans la pathogenèse de la SEP (**Jagodic et al., 2009**).

L'expression de VAV1 était augmentée chez les patients atteints de SEP et corrélée avec l'expression du TNF alpha et de l'interféron gamma dans les cellules du sang périphérique et du liquide céphalorachidien (**Jagodic et al., 2009**). Pour la première fois, cette étude a identifié une association entre un risque génétique de la SEP et des mécanismes immunologiques qui sous-tendent la physiopathologie de cette dernière.

Ces arguments permettent de conclure que la SEP est probablement multigénique et multifactorielle. La découverte de ces gènes de susceptibilité a un rôle important dans la connaissance de la maladie mais n'a pas de conséquence pratique sur le plan individuel. La part de la génétique n'interviendrait que pour moins de 1 % (**Taylor et al., 2011**).

❖ **Facteurs environnementaux:**

De nombreux facteurs exogènes interviennent à côté des facteurs génétiques : agents infectieux (en particulier les virus), agents toxiques, médicaments. Ces agents peuvent mimer des antigènes du soi (mimétisme moléculaire) ou modifier la réponse immunitaire de l'individu. Des facteurs neuroendocriniens jouent également un rôle important : hormones sexuelles, hormones stéroïdes, facteurs psychologiques.

❖ **Facteurs de risque infectieux:**

Plusieurs virus ont été incriminés dans le développement de la SEP : les Paramyxovirus responsables de la rougeole, le virus ourlien à l'origine des oreillons, et le virus herpétique humain 6 (HHV6) pour voyeur d'exanthème (**Giraudon et Bernard, 2009**). Parmi eux, l'Epstein Barr Virus (EBV) semble le plus recevable. Il est bien démontré que les sujets qui ont un taux élevé d'anticorps anti-EBV ont plus de risqué de développer la SEP (**Pohl, 2009**).

Des études cristallographie montrent que l'EBV présente des similitudes structurelles avec la protéine de la myéline, ce qui induit une confusion du système immunitaire qui s'est développé pour neutraliser le virus EBV, mais qui par similitude attaquerait la myéline (**Ascherio et Munger, 2007**).

❖ **Facteurs de risque non infectieux :**

Ces dernières années, plusieurs facteurs environnementaux non infectieux ont été rapportés comme étant potentiellement impliqués dans le déclenchement de la SEP. Les facteurs pour lesquels les arguments sont les plus convaincants sont :

➤ **Carence en vitamine D:**

La vitamine « D » semble être un bon candidat pour expliquer la survenue de la SEP (**Pierrot et Souberbielle, 2010**). Il existe une superposition importante avec une prévalence de la maladie et la région où il y a peu de soleil, sachant que le soleil permet la production de vitamine D. Il n'y a pas que dans la SEP que la vitamine D a été impliquée, il y a des données dans d'autres maladies auto-immunes, notamment le lupus (**Van der Mei et al., 2007**).

➤ **Tabac:**

Les données concernant le tabac sont les plus fragiles, toutefois, une méta-analyse récente a montré que le risque de SEP est augmenté chez les fumeurs par rapport aux non-fumeurs, par ailleurs, il semble que les patients fumeurs développent un tableau clinique plus sévère que les non-fumeurs (**Hernan, 2005**).

➤ **Les vaccins:**

Le rôle des vaccins et surtout du vaccin de l'hépatite B sur le déclenchement de la SEP est recherché par de nombreuses études, le résultat principal à retenir est qu'il n'y a pas, d'augmentation de risque de développer une SEP, cela dans la population générale, mais aussi chez les nourrissons et dans les familles de malades atteints de SEP (**Vukusic, 2014**). Il est très probable de

faire conseillé de vacciner plutôt à un âge précoce, avant l'âge adulte de cinq ans. A l'âge adulte, il est bon de rappeler le rapport bénéfice/risque et de privilégier la vaccination pour les populations de risque. Enfin, le principe de précaution chez les apparentés de patients atteints de SEP n'est pas recommandé surtout dans le cas d'un risque d'hépatite B augmenté.

➤ **Stress:**

Le stress et les émotions étaient présentés comme étant responsables du déclenchement de la SEP. Le stress agirait sur la SEP par le biais du système hypophyso-surrénalien et le système nerveux autonome (**Kern et Ziemssen, 2008**). Une des hypothèses serait qu'un stress modéré entraînerait la production de cytokines pro-inflammatoires délétères, alors qu'un stress majeur entraînerait la libération de glucocorticoïdes dont le rôle est immunosuppresseur. Dans toutes les études s'intéressant aux événements de vie stressants et à leur impact sur la SEP, ce sont les problèmes liés à la famille, le mariage (le divorce), la grossesse, les difficultés financières ou encore le changement de style de vie ou de domicile qui sont les plus impliqués (**Audrey, 2015**).

➤ **Type d'alimentation et obésité:**

A côté des facteurs classiques incriminés dans le déclenchement de la SEP, d'autres facteurs semblent plus anecdotiques tels que l'alimentation et l'obésité. De nombreuses études anciennes ont incriminé les graisses saturées animales, le sucre, l'alcool, les viandes fumées, le thé et le café (**Schwarz et Leweling, 2005**). Mais des études plus récentes n'ont pas confirmé ces données (**Habek et al., 2010**). Les mécanismes explicatifs sont mal connus. Chez l'obèse il y aurait moins de vitamine D, une production et une libération importante de cytokines favorisant la réponse Th1 ainsi qu'une diminution du nombre de LT-reg (**Habek et al., 2010**).

10- Identifier et gérer une poussée

Une poussée est la traduction de l'inflammation. Elle est définie par un ou plusieurs signes neurologiques qui apparaissent ou réapparaissent pendant plus de **24** heures, en absence de fièvre ou de problème infectieux associé (rhume, grippe, infection urinaire...). En effet, un épisode de fièvre peut entraîner des signes ressemblant à une poussée.

Habituellement, les signes de poussées s'installent en quelques heures ou quelques jours et persistent de quelques jours à deux à trois semaines.

La régression des signes cliniques peut être totale (poussée sans séquelle) où accompagnée de séquelle sans retour à l'état neurologique normal (poussée avec séquelles). En général, la régression est totale au début de la maladie. Par contre, au bout de quelques années d'évolution ou lors des formes sévères d'emblée, des séquelles neurologiques peuvent apparaître après des poussées : motrice, sensitive, sensorielle ou sphinctérienne.

La fréquence des poussées n'est pas prévisible. Un même patient au cours de l'évolution de la maladie, peut passer d'une période pendant laquelle il va présenter un nombre important de poussées à une période de calme durant laquelle les poussées sont plus rares. Habituellement, le nombre de poussées diminue avec l'évolution de la maladie.

Il n'y a aucun moyen de prévenir la survenue d'une poussée.
(Visy.JM.2006)

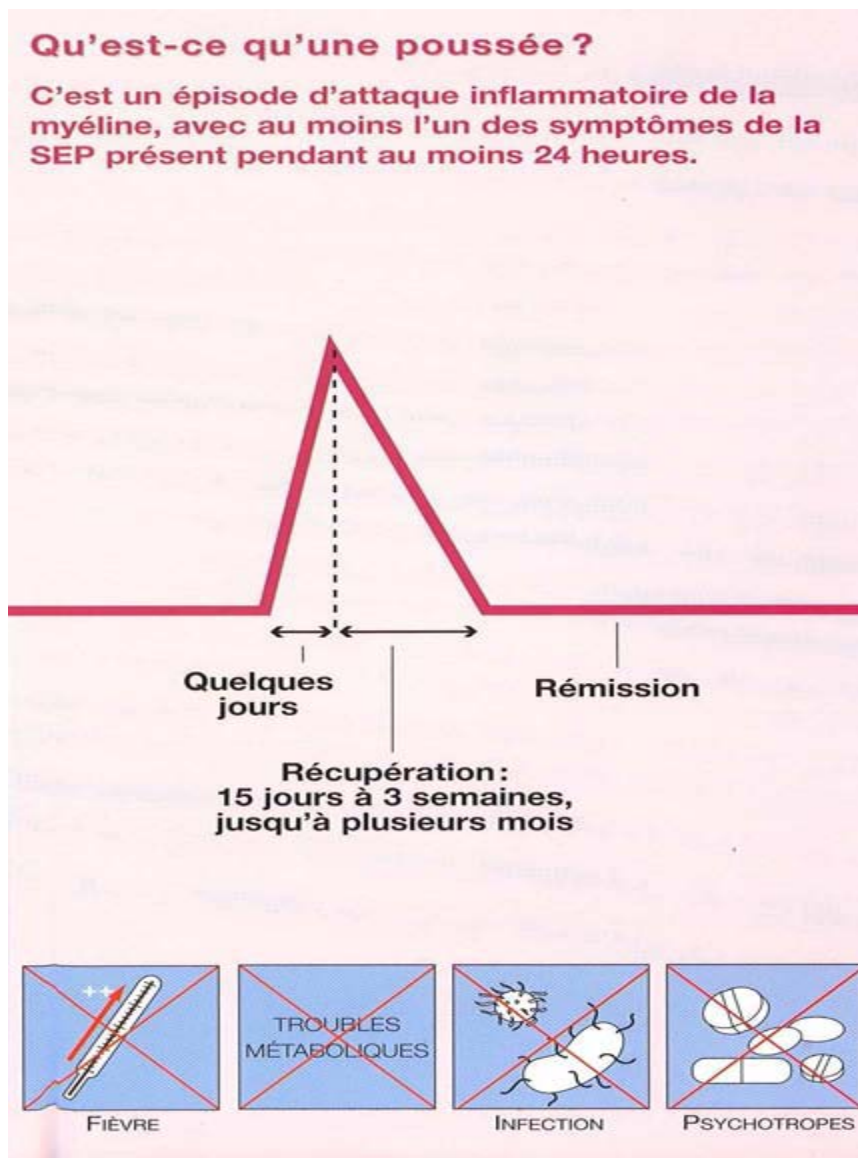


Figure (20) : Une poussée

10-1 Symptômes présentés au cours d'une poussée

Selon la zone du système nerveux central atteinte, les signes présentés au cours d'une poussée de la maladie peuvent être oculaires (baisse de la vision), sensitive (fourmillement, anesthésie...), moteurs (faiblesse musculaire d'un membre), trouble de lacoordination des mouvements, des troubles de l'équilibre ou des troubles urinaires.(Visy.JM.2006)

11- Les symptômes de sclérose en plaques :

Les signes cliniques de début sont variés du fait de la multifocalité possible des lésions au sein du SNC. Les manifestations cliniques initiales sont monosymptomatiques dans 45% des cas. Les symptômes initiaux les plus fréquents sont moteurs dans 40% des cas, visuels dans 20% des cas et sensitifs dans 20% des cas. (Visy.JM.2006)

- **Phase initiale**

- ❖ **Troubles moteurs**

-L'atteinte de la voie pyramidale est responsable d'un déficit moteur, uni ou bilatéral, et d'un trouble du tonus (spasticité). Les symptômes révélateurs sont une paraparésie le plus souvent, une hémiparésie ou une monoparésie. L'intensité est très variable, cela peut aller de la simple

Gêne motrice à type de lourdeur, à un déficit complet d'un membre.

-L'atteinte de la voie cérébelleuse donne lieu à des troubles de l'équilibre, de la coordination des mouvements, une hypotonie, et une dysarthrie (voix scandée). Cette atteinte apparaît le plus souvent au cours de l'évolution de la maladie, associée à des symptômes pyramidaux (**Campus numérique UNF3S,2010, Cambier et al. 2012**).

- ❖ **Troubles visuels : la névrite optique rétrobulbaire**

La névrite optique rétrobulbaire (NORB) résulte de la formation d'une plaque de démyélinisation au sein du nerf optique. Cette atteinte, souvent révélatrice de la maladie, est presque constante dans la SEP, elle se manifeste au début de la maladie ou au cours de son évolution. La NORB se traduit par une baisse rapide, en quelques heures ou quelques jours, de l'acuité visuelle d'un oeil, et une douleur oculaire ou orbitaire. Le fond d'oeil est normal au début mais on constate parfois un scotome central et un oedème papillaire. La névrite

optique évolue favorablement en quelques mois. La récupération est complète dans 80% des cas.

Après récupération, il peut survenir à l'effort, ou lors de l'augmentation de la température corporelle (bain chaud), une baisse transitoire de quelques minutes de l'acuité visuelle (**Cambier et al. 2012**).

❖ Troubles sensitifs

Ils sont variés : paresthésies, dysesthésies, sensations de ruissellement, de marcher sur du coton, impression de striction, de peau cartonnée. Ils peuvent être en taches ou prédominer au niveau des extrémités ou prendre un caractère systématisé, avec par exemple un niveau supérieur. Tous les modes de sensibilité peuvent être touchés. L'atteinte proprioceptive est fréquente, se manifestant par une démarche talonnante, ataxique aux membres inférieurs et une ataxie de la main aux membres supérieurs. L'examen retrouve une atteinte de la pallesthésie, une épreuve du Romberg perturbée, des perturbations de la marche du funambule. Le signe de Lhermitte est un symptôme caractéristique évocateur de la SEP. Il se manifeste par une sensation de décharges électriques à l'anteflexion de la nuque et traduit une atteinte cordonale postérieure cervicale. (**Ouallet, et, Brochet, P.2004, P.55.**)

❖ Atteinte du tronc cérébral

L'atteinte des nerfs oculomoteurs se manifeste par une diplopie, et un nystagmus. L'atteinte du trijumeau aboutit ou à une névralgie faciale (névralgie du trijumeau) qui doit faire évoquer le diagnostic de SEP quand elle survient chez un sujet jeune. L'atteinte des voies vestibulaires se traduit par des vertiges, des nausées lors des changements de position ou de rotation de la tête et des troubles de l'équilibre (**Cambier et al.2012**).

❖ La perte d'équilibre

- Des fourmillements ou l'impression de décharge électriques. Ces dernières sont surtout ressenties lorsqu'on bouge la tête.
- Un engourdissement ou une faiblesse dans un ou plusieurs membres.
- Des tremblements et une difficulté à contrôler ses mouvements (troubles de la marche, par exemple).(Audrey, H. 2014. P 183 à 213).

❖ Atteintes du tronc cérébral et nystagmus

Les troubles oculomoteurs sont fréquents au cours de la SEP, et sont responsables d'une diplopie. La paire crânienne la plus souvent lésée est la VIe, puis la IIIe.

Les lésions de la bandelette longitudinale postérieure sont responsables de L'ophtalmologie internucléaire antérieure.

Les autres atteintes des nerfs crâniens observées peuvent être : une paralysie faciale périphérique, une névralgie du trijumeau et/ou des troubles de la sensibilité dans le territoire du nerf trijumeau. La présence d'un nystagmus est fréquente.

Des vertiges rotatoires, des troubles de la déglutition, une dysarthrie sont Également des symptômes rencontrés dans la SEP. La surdité, quant à elle, est rare. (Ouallet, et, BROCHET,2004, P.233, Castelnovo, et col,2003, P.55)

• Phase d'état**❖ Troubles sphinctériens et génitaux**

Les troubles vesicosphinctériens sont fréquents au cours de la maladie et Responsables d'un handicap majeur. Ils peuvent être présents dès le début de L'affection dans 10%des cas, atteignant 80 à 90%des cas au cours de l'évolution.

Ils sont représentés d'une part par des mictions impérieuses ou urgenturie, une

Pollakiurie, une incontinence urinaire témoignant d'une hyperactivité vésicale, et d'autre part par une dysurie, conséquence de l'hypocontractilité du detrusor et/ou dyssynergie vesicosphinctérienne.

Les troubles fécaux sont probablement sous-estimés. Les troubles sexuels sont fréquents au cours de la SEP, rapportés dans les deux sexes. (**Kathy, et, Patrick, 2008, P.65**).

❖ Troubles vésicosphinctériens et sexuels

Les troubles urinaires les plus fréquents sont l'impériosité mictionnelle (85 %), une incontinence urinaire, une pollakiurie ou une dysurie. En plus de la gêne fonctionnelle, ces troubles favorisent la survenue d'infections urinaires répétées. A cela, s'ajoute fréquemment une constipation.

Les troubles sexuels sont également très fréquents : troubles de l'érection chez l'homme, baisse de la libido et sécheresse vaginale chez la femme (**Ouallet et al. 2004, p414**).

❖ La fatigue:

La fatigue est une plainte très fréquemment rapportée par les patients atteints de SEP (50 à 90 % des cas). Elle peut être le symptôme le plus invalidant et est considérée par une majorité de patients comme l'un des trois symptômes les plus sévères de leur maladie. Elle apparaît parfois chez les malades avant les premiers signes cliniques neurologiques déficitaires. Elle est souvent responsable d'un arrêt précoce de l'activité professionnelle. La fatigue rencontrée dans cette affection est une sensation subjective exprimée de façon différente par les patients. Ses caractéristiques comparées à la fatigue normale sont toutefois bien différentes.

Elle apparaît rapidement après un effort minimal et le temps de récupération est plus long. Elle est plus fréquente et plus sévère que la fatigue normale. Cette fatigue peut être responsable d'une exacerbation des autres symptômes de la

Maladie. La chaleur est un facteur influençant l'état de fatigue. Les liens entre Fatigue et troubles cognitifs seront développés plus loin. (Bethoux, 2006, P.265)

❖ Troubles cognitifs

Les troubles cognitifs concernent 40 % à 70 % des patients atteints de SEP. Ils surviennent plus tardivement dans l'évolution : difficultés de concentration, un apragmatisme, des troubles de mémoire sur les faits récents. Dans les formes très évoluées de SEP, il peut exister une démence. Le caractère et le comportement peuvent être atteints, avec tantôt une euphorie, tantôt un syndrome dépressif. (Vukusic, 2014, p85).

❖ Les douleurs:

Les douleurs sont fréquemment rencontrées dans la SEP. Elles sont chroniques à type de broiement souvent dans les membres, signant le déséquilibre musculosquelettique (dû à un déficit moteur et à la spasticité) ou peuvent être plus aiguës, paroxystique à type de décharges.

	Phase initiale (%)	Phase d'état (%)
Atteinte pyramidale	20	80 à 90
Atteinte cérébelleuse	10	70
Atteinte sensitive	20	70
Troubles visuels	20 à 25	50
Dysarthrie		40 à 50
Troubles cognitifs		40 à 70
Problèmes de mémoire		40 à 70
Troubles urinaires	2 à 34 ^a	50 à 80
Troubles du transit		50
Troubles sexuels		26 à 75
Fatigue		50 à 75

Tableau N 03 : Répartition des atteintes présentes dans la sclérose en plaque
(additif de rédaction)

12- Le diagnostique de la sclérose en plaque :

La sclérose en plaques est une maladie qui se manifeste de manière variable selon les individus. La diversité des symptômes et l'absence d'indicateurs spécifiques rend le diagnostic long et difficile.

❖ **Imagerie:**

Dans la SEP, les altérations de la composition du tissu cérébral sont responsables d'une augmentation des temps de relaxation T2. L'IRM permet de détecter les lésions de la SEP dans 100 % des cas si l'on explore le cerveau, la moelle épinière et les nerfs optiques.

Les séquences pondérées en T2 sont les plus sensibles aux modifications du parenchyme pathologique de la SEP du fait du T2 allongé dans les lésions par rapport à la substance blanche (SB normale). Les lésions aiguës ainsi que chroniques apparaissent comme des plages de signal hyperintense (zone hyper signal T2). Cette hyperintensité n'est pas spécifique et représente une large gamme de tissus pathologiques incluant l'inflammation, l'œdème, la démyélinisation, la perte axonale. Elles sont relativement bien délimitées, de forme généralement ronde ou ovoïde, et mesurent de quelques millimètres à plus d'un centimètre de diamètre mais peuvent être entourées d'un halo de signal moins hyperintense probablement dû à l'œdème dans la phase très aiguë de l'inflammation. Elles sont irrégulières lorsqu'elles deviennent confluentes. Cependant, la distinction des lésions hyperintenses dans les zones périventriculaires ou juxta-corticales du LCR de signal également élevé en pondération T2, peut être difficile. Tandis qu'une séquence pondérée en densité de protons (DP) permet de mieux visualiser ces lésions en diminuant le signal du LCR (fig.1.12-b). La plupart des lésions visibles en T2 ou DP persistent avec éventuellement une modification de taille ou de l'intensité. Elles disparaissent rarement. (Mesloub, K.P19)

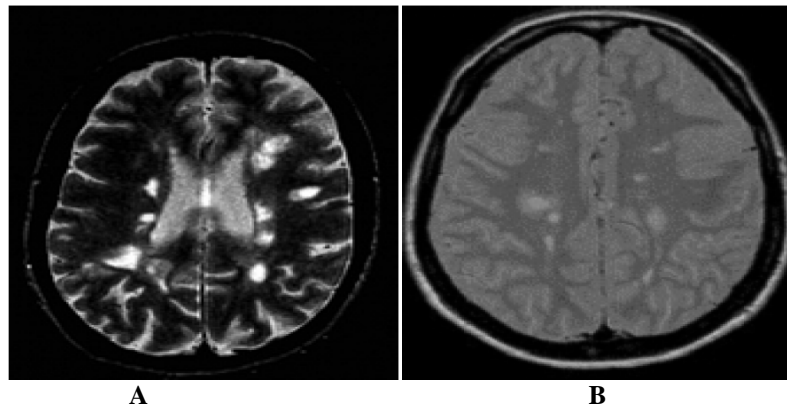


Figure 21 : les lésions caractéristiques de la Sep en T2 et en DP.

(A) Les lésions apparaissent comme des zones ovoïdes hyperintenses en T2.

(B) Les lésions à proximité du LCR sont mieux visualisées en DP.

Une autre proches pour faciliter la distiction des lésions a proximité du LCR est la réalisation d'une séquence FL AIR qui supprime le signal de l'eau libre sur une image fortement pondérée en T2 . La séquence FLAIR améliore ainsi la délimitation des signaux hyperintenses dans les zones préventriculaires et juxta-corticales.

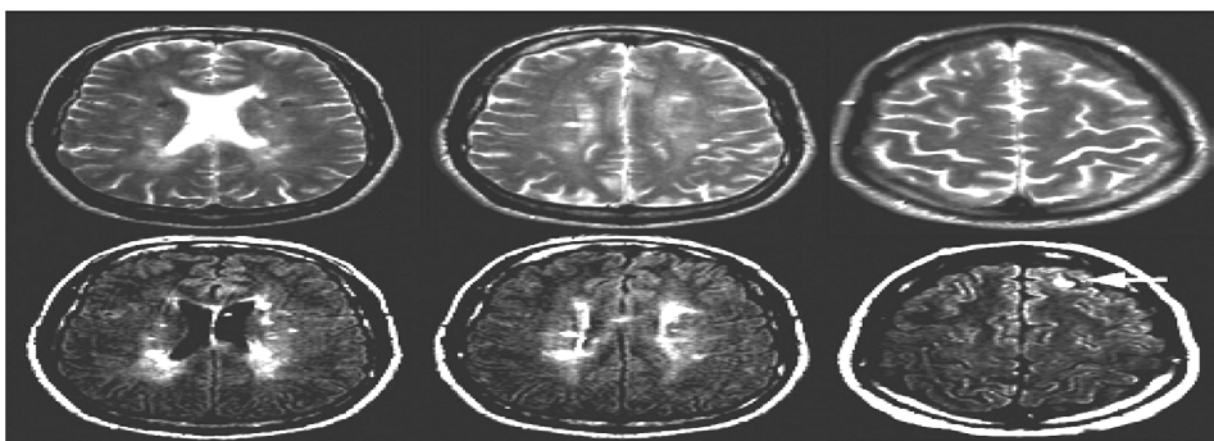


figure 22 : séquence axiale pondérée T2(haut) et séquence flaire (bas).ces du cerveau d'un patient atteint de sep illustrent l'augmentation de la sensibilité pour la détection des lésions sur des images flaire .

Certaines lésions hyperintenses en **T2(10-20%)** sont également visibles sur les images pondérées en **T1** comme des aires de signal hypointense, trous noirs, en comparaison avec la SB normal. A la phase aigue, les trous noirs sont probablement la conséquence d'un oedème marqué avec ou sans destruction tissulaire et peuvent disparaître quand l'inflammation diminue. Les lésions hypointenses chroniques persistent indiquent une destruction tissulaire plus sévère avec la réduction de la densité axonale.

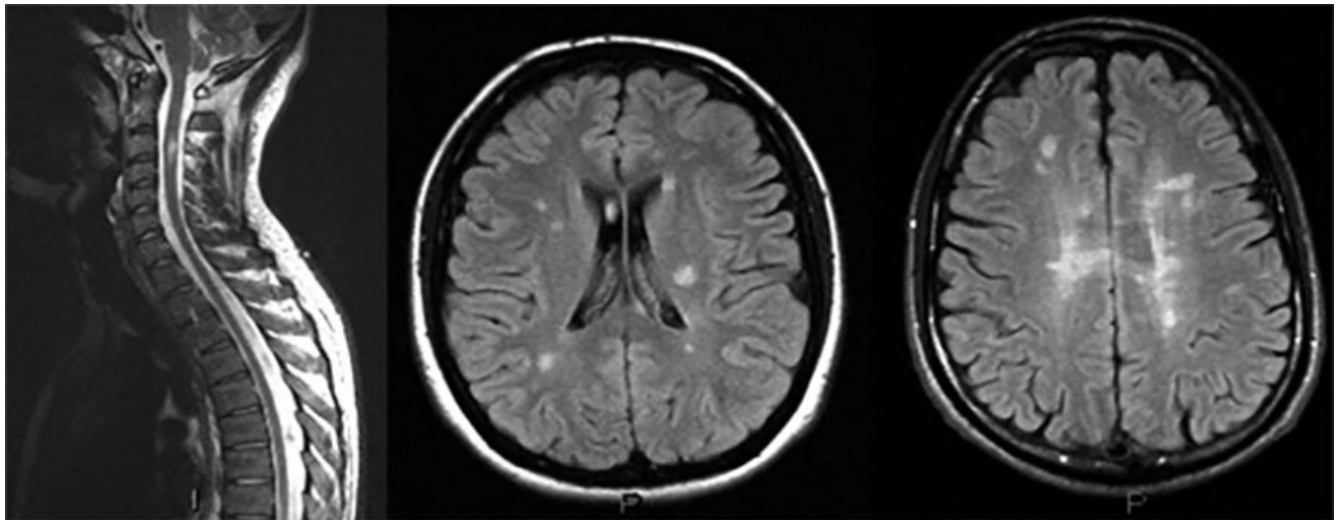


Figure N23° :IRM cérébral et IRM médullaire atteints de la sclérose en plaque (Moreau et Dupasquier, 2017, P.117)

Un produit de contraste (le gadolinium) est injecté par voie intraveineuse afin de renforcer le signal de certaines lésions de la sclérose en plaque sur des images pondérées en T1. Elle permet de séparer les lésions (actives) des lésions (inactives). La prise de contraste de nouvelles lésions est la preuve de la rupture de la barrière hémato-encéphalique, signe d'une inflammation aiguë. Le renforcement des lésions peut également indiquer la récurrence de l'inflammation dans des lésions préexistantes. Le nombre de lésions renforcées est le paramètre IRM le plus pertinent pour mesurer l'activité de la maladie inflammatoire. (Mesloub, K. P19)

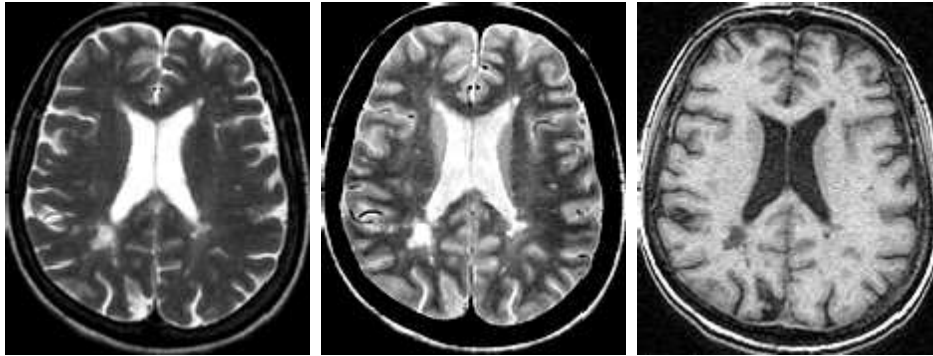


Figure24; IRM ET SCLÉROSE EN PLAQUES

Plusieurs variantes de sclérose en plaque existent, chacune ayant une signature différentes en IRM. Pour les formes aiguës de la SEP, le diagnostic est encore différent. Par exemple pour les scléroses en plaques à révélation tardive touchant des patient de 60 et plus la coexistence de la pathologie.

Fréquentes (hypertension artérielle) associées à la SEP rend l'interprétation de l'IRM et des potentiels évoqués délicate et le diagnostic n'en est que plus difficile. Les SEP progressives, qui se caractérisent par une aggravation relativement continue de l'état général du patient, doivent être traitées différemment du point de vue de l'IRM : le signal de la matière blanche n'est plus uniforme et les lésions sont plus difficiles à identifier

(Mesloub,K.P19)

- ❖ **IRM** est donc une aide au diagnostique de la « **SEP** », en étayant le caractère multiple des lésions, en montrant des lésions relativement suggestives par leur aspect et leur topographie et en éliminant d'autres diagnostics. Il est cependant inutile de faire des « **IRM** » répétées dans le suivi évolutif, en dehors des essais thérapeutiques contrôlés. (**Le Groupe pitié, Année 2000**).

13- Le potentiel évoqué :

Les potentiels évoqués sont peu contributifs dans la démarche diagnostique de « **SEP** ». Les potentiels évoqués visuels « **PEV** » reste le plus

pratiquées. Ils permettent de mettre en évidence un trouble de conduction infraclinique du nerf optique. Ils ont un intérêt en cas de symptômes atypiques, de confirmation d'un déficit clinique passé inaperçu ou d'un mode de début progressif d'emblée. Ainsi, une altération des « PEV » signe une atteinte actuelle ou antérieure permettant d'affirmer qu'il existe un autre déficit neurologique une dissémination spatial et/ ou temporelle. (Gilles Defer, 2010).

14- Analyse biologique de liquide céphalo-rachidien «LCR » :

Le LCR est anormal dans 90 % des cas de la SEP ; la détection d'une synthèse locale d'IgG au niveau du SNC est un examen qui peut aider au diagnostic lorsque l'IRM manque de spécificité (chez les sujets âgés), lorsque la présentation clinique de la maladie est atypique ou lorsqu'elle objective un liquide inflammatoire surtout à l'occasion d'une poussée. Peut être prélevé par une ponction lombaire.

✓ Les paramètres principaux orientant vers une SEP :

❖ Profil oligoclonal des IgG dans le LCR

Le principe d'analyse est basé sur la comparaison des profils de migration électrophorétique des IgG du LCR et du sérum. La prolifération d'un nombre limité de clones lympho-plasmocytaires se traduit par l'apparition de plusieurs bandes distinctes d'IgG dans le LCR (aspect dit « d'oligoclonalité correspondante »).

❖ Index IgG

Cet index permet d'évaluer une présence anormalement élevée d'IgG dans le LCR. Cet index permet de tenir compte des anomalies éventuelles des taux d'albumine et d'IgG dans le sérum (Charlotte, Dutilleul, 2015, P36)

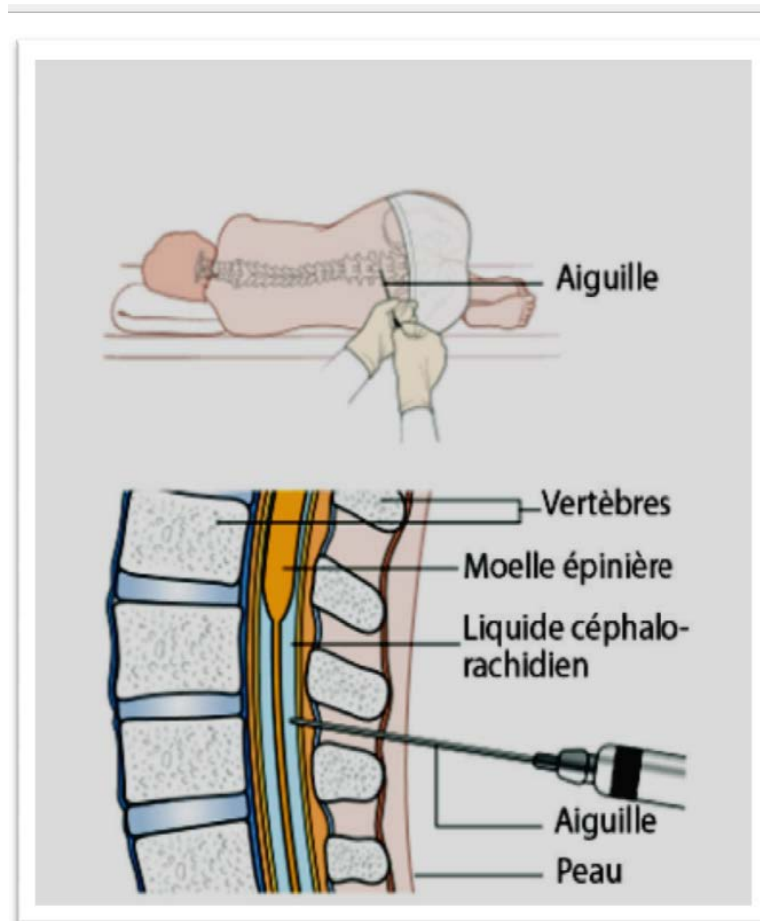


Figure N25 : Prélèvement du LCR par la ponction lombaire

15- Le diagnostique différentiel :

Les maladies inflammatoires systémiques comme la sarcoïdose, la maladie de Behçet, le lupus érythémateux disséminé, la maladie de Gougerot-Sjögren, les artérites cérébrales, les infections à tropisme neurologique, les maladies cérébrovasculaires à attaques successives peuvent simuler une « SEP » rémittente. La recherche d'une altération de l'état général, d'une atteinte d'un autre organe que le « SNC » à l'interrogatoire ou à l'examen clinique général, la présence d'un syndrome inflammatoire dans le sang, d'une méningite et/ ou l'absence de bandes Oligo clonales dans le « LCS » sont des arguments pour évoquer ces maladies.

Les atteintes neurologiques localisées, même si elles évoluent par poussées, doivent faire rechercher une tumeur, une malformation vasculaire ou une compression médullaire. La neuro-imagerie éliminé à ces diagnostics.

(Collègue des enseignants de neurologie. 2016. P 183).

16- lediagnostique positif :

Aucun marqueur diagnostique spécifique de la maladie

Quatre critères indispensables :

- **Dissémination temporelle** : au moins deux épisodes neurologiques.

Figure N°18 : IRM dissémination temporelle

- **Dissémination, spatiale** : atteinte de plusieurs zones du « SNC »

Figure N° 19 : IRM dissémination spatiale

- Inflammation du «SNC »
- Absence d'autres maladies évolutive

(Jean-jacques lehot (pu) et xavier ricaud. 2012).

17- Traitement de la sclérose en plaques :

La prise en charge thérapeutique à considérablement évalué ces dernières années elle ne se limite pas à la consultation du neurologue et la prescription du traitement de fond mais et est devenue globale et multidisciplinaire aux médecins généralistes, rééducateurs, psychologues, ophtalmologistes, assistance sociales. **(Tourba H. A, Elsevier Masson, S, 5-1100, 2010).**

17-1 Traitements de la poussée : Qui visent à limiter l'intensité et la durée de la poussée. Pour le moment, seuls les corticoïdes à fortes doses ont démontré leur intérêt dans cette situation : Ce sont de puissants anti-inflammatoires

17 -2 Traitement du fond de la maladie : Qui ont objectif ambitieux de ralentir l'évolution naturelle de la maladie, c'est-à-dire de réduire la fréquence des poussées et de retarder l'apparition du handicap, quels que soient leur mode d'expression clinique (les principaux sont des immunomodulateurs et supprimeurs qui contribuent « étouffer » la composante inflammatoire de la maladie.

(Tourba H. A-Maceau. T/, 2005).

17-3 Les traitements symptomatiques : Qui soulagent les symptômes divers et variés que peut présenter le patient pendant mais surtout entre les poussées, ces traitements n'ont rien de spécifique à la « SEP » et sont utilisés au cours d'autres pathologies. (Zéphir, h, 137 (3) : 207, 209).

18- La rééducation :

La rééducation de la sclérose en plaques est un traitement complémentaire du traitement médical prescrit par les neurologues. Selon les différents stades de la maladie, son objectif est de préserver une fonction, d'optimiser les capacités résiduelles ou de prévenir les complications (neuro-orthopédiques, urinaires, de décubitus).

Selon le type de déficit ou le degré d'évolution de la maladie, la prise en charge en rééducation implique de la kinésithérapie, un séjour en milieu spécialisé, une prise en charge de la spasticité, des troubles urinaires, des conseils pour le maintien à domicile...

L'intervention précoce permet d'éviter la survenue de compensations nocives qui, une fois installées, sont difficiles à corriger. Lorsque les déficits moteurs, sensitifs ou le syndrome cérébelleux se majorent, le but de la rééducation est de maintenir la plus grande autonomie possible. Quand le handicap devient sévère et les déficits définitifs, il faut envisager la phase de réadaptation avec l'apport des aides techniques (fauteuil roulant électrique, synthèses vocales, adaptation du domicile...) (Cochet et al., 2000).

❖ Conseils hygiéno-diététique:

Quelques conseils peuvent aider à améliorer la qualité de vie des patients atteints de laSEP :

- Éviter le surmenage, le stress, les efforts physiques importants.
- Éviter la chaleur (piscine chauffée, séjours en pays chauds).
- Conseiller les bains froids.
- Régime normal ou sans sel si corticothérapie.
- Reclassement professionnel si besoin.
- Avoir un aide médico-sociale.

La grossesse n'augmente pas le risque de poussées (voire une diminution de la fréquence des poussées durant le troisième trimestre), mais le risque est augmenté en postpartum. (**Cochet et al.,2000**).

Conclusion

Les quelques éléments présentés dans ce chapitre ne donnent pas toutes les subtilités de la maladie mais ils permettent de prendre conscience de la complexité de la sclérose en plaques. Les causes de la maladie sont encore mal connus. Les symptômes sont très nombreux et très variés selon la localisation des plaques et le patient.

Le principe de l'imagerie par résonance magnétique et son apport dans le cadre de la sclérose en plaques ont été présentés. Nous pouvons ainsi mieux prendre conscience des difficultés d'une segmentation Automatique des lésions de la SEP en terme de traitement d'image d'une part et en terme de choix des données à utiliser d'autre part.

Cependant, bien que l'IRM ait nettement amélioré la compréhension des Mécanismes de la SEP, elle fournit une information limitée en termes de précision et de spécificité.

Chapitre 03

Les fonctions exécutives

I- définition des fonctions exécutives

II- Le développement de la fonction exécutive

III- Notions des fonctions exécutives

III- Les modèles théoriques des fonctions exécutives :

IV- Le rôle des fonctions exécutives :

V- Anatomie

VI- Les troubles des fonctionsexécutives

VII- Fonction exécutives dans la SEP

Introduction :

Dans ce chapitre ; nous allons aborder le thème des fonctions exécutives qui sont des processus cognitifs supérieurs auxquels l'individu a besoin dans sa vie quotidienne. Vu leur importance ; le fait qu'elles lui permettent de planifier, de contrôler et de terminer l'action ainsi le geste ou le travail programmé et lui assurent l'adaptation au monde qui l'entoure. Après les avoir défini, nous présenterons leurs composantes et les modèles théoriques qui les ont étudiés depuis plusieurs angles.

1- définition des fonctions exécutives

Le terme des fonctionsexécutivesestdefinie par plusieurschercheurs,apparaît pour la première foisdans les travaux de Luria entre 1950 et 1970 pour décrire des fonctions cognitive de haut niveau servant au contrôle des tâchescognitivesdiverses. Depuis, la définition des fonctionsexécutivesn'acesséd'évolueret d'être precise.

selon " **Monica Baciu**",Les fonctions exécutives désignent un ensemble de processus cognitifs de haut niveau permettant un comportement flexible et adapté au contexte.

Cela regroupe des capacités liées à la planification, la mémoire de travail, le control cognitif, la pensée abstraite, L'apprentissage des règles, l'attention sélective, la sélection de réponse motrices, la stratégie, les émotions, les comportements sociaux et l'organisation de la personnalité. Les fonctions exécutives dépendent des aires associatives situées au niveau du lobe frontal et particulièrement au niveau du cortex préfrontal.**(Baciu M, 2011, p. 195).**

Pour"**LilianeManning**",Les fonctions exécutives sont les capacités qui permettent d'établir des patrons nouveaux de comportement et des manières nouvelles de raisonnement et d'avoir sur eux, un regard introspectif.

Ces capacités sont sollicitées dans des situations inconnues et dans des situations pourlesquelles les répertoires de comportement ou de raisonnement que possède la personne, ne sont plus utiles ou sont inappropriés.

Les fonctions exécutives sont en ce sens des capacités adaptatives par excellence, comme le sont la créativité, la pensé abstraite, l'introspection et toute autre habilité qui répond aux questions concernant « quel est mon objectif ? » et «comment puis-je l'atteindre?». **(Marring L, 2004, p. 192).**

Et pour "**Serom et AL**", Les fonctions exécutives sont des fonctions cognitives de haut niveau, elles permettent de nous adapter à notre environnement. La définition donnée par "**Serom et AL**" "**1999**" décrit ceci : « les fonctions exécutives couvrent un ensemble de processus cognitifs dont le rôle est faciliter l'adaptation du sujet aux situations nouvelles ou complexes, quand les habilités cognitives sur-apprises ne sont pas suffisante »

Ces fonctions sont impliquées dans la plus part des activités complexes, de la résolution de problèmes jusqu'à la théorie de l'esprit (capacité à se mettre à la place d'autrui). (**Emmanuel MADIEU et Charlotte SWIATEK, 2018, p. 03**).

Etpour "**Michael, T. ET Volker, H**", Les fonctions exécutives constituent le plus haut niveau des nombreuses compétences du cerveau humain.

Elles sont principalement localisées dans le cortex préfrontal et s'étendent dans des réseaux complexes à travers le cerveau.

Les fonctions exécutives sont impliquées dans toute action orientée vers un but. Elles favorisent les capacités à se créer de nouvelles espérances, à se fixer des objectifs, à établir des stratégies pour atteindre ses objectifs, à se motiver à agir, à organiser ses efforts, à inhiber les comportements incompatibles avec ses objectifs, à initier et exécuter les stratégies nécessaires à suivre les résultats et le échéant, à effectuer des ajustements pour atteindre le but fixé. (**Michael THAUT ET Volker Hoemberg, aout 2019, p. 353**).

2- Le développement de la fonction exécutive

Afin de mieux comprendre le développement des fonctions exécutives, il est nécessaire de s'intéresser aux processus de maturation du cerveau chez l'enfant. Longtemps, certains auteurs ont considéré que les fonctions exécutives apparaissent tardivement dans le développement et qu'il n'était pertinent de les évaluer qu'à partir de l'adolescence (Godstein, 1981, cité par Roy et al., 2005). Mais les études en psychologie développementale ont permis de caractériser le

développement précoce et progressif des diverses composantes exécutives à différents niveaux de l'échelle d'âge (**Zesiger, 2009**).

Il y a quelques décennies, on considérait que le cortex préfrontal n'était fonctionnel qu'à partir de l'adolescence et, conséquemment, que les FE n'étaient pas ou peu opérationnelles avant cet âge. On sait maintenant que le CPF est actif et contribue à la réussite de tâches de FE dès l'âge de un an (**Zelazo & Müller, 2002; Diamond, 2002**). Le développement des FE est considérablement prolongé lorsque comparé à d'autres fonctions cognitives telles que le langage. Ce développement prolongé se superpose au développement neurophysiologique prolongé des structures préfrontales au plan de la synaptogenèse, de myélinisation et de la cohérence bioélectrique (**Roth, Randolph, Koven, & Isquith, 2006**).

Le développement du CPF, étudié à la fois à l'aide de l'BEG, de l'imagerie cérébrale et des analyses métaboliques, présente des périodes de développement accélérés entre 0-2 ans, 7-9 ans et 16-19 ans (**Anderson, Levin & Jacobs, 2002**). Les chercheurs considèrent que ces périodes de développement accélérés se superposent également au développement des FE. Les divergences entre les études pourraient s'expliquer par un rythme développemental différent selon les diverses composantes des FE, une hypothèse actuellement à l'étude (**Huizinga, Dolan, & van der Molen, 2006**).

Dans leur recension des écrits sur le développement des FE, (**Best et al. 2009**) ont montré qu'effectivement les FE ne semblent pas se développer au même rythme et aussi, que des changements qualitatifs peuvent s'observer quant aux zones cérébrales impliquées au cours du développement. Ainsi, l'inhibition se développe rapidement de la petite enfance jusqu'au début de l'âge adulte (21 ans) et avec l'âge, l'activation cérébrale devient plus spécifique au CPF ventral, cingulaire et orbitofrontal droit. La MT semble se développer jusqu'à l'adolescence et des changements plus complexes dans l'activation cérébrale s'observent également en fonction de l'âge. La flexibilité semble aussi se

développer jusqu'au début de l'adolescence et chez les adultes, les épreuves de flexibilité sollicitent dans une plus grande proportion les régions frontales inférieures, pariétales et le cortex cingulaire antérieur. L'inhibition aurait ainsi un développement accéléré en bas âge, tandis que la MT et la flexibilité montreraient une progression plutôt linéaire. À l'autre bout du continuum développemental, les effets délétères du vieillissement sur les FE commencent à s'observer après soixante ans (Best & Miller, 2010).

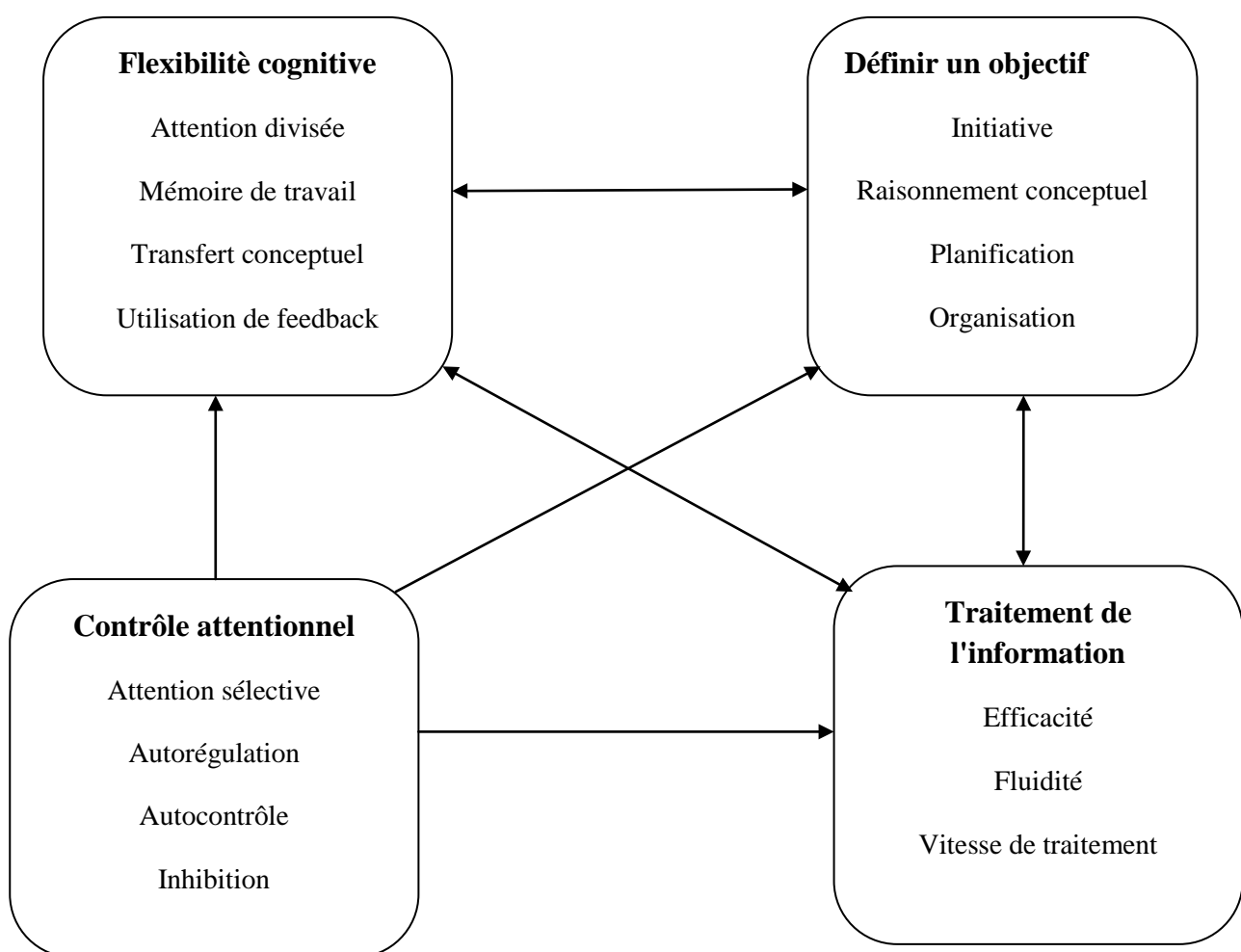


Schéma 02: Développement des fonctions exécutives

modèle d'Anderson. Ce modèle intègre quatre domaines qui englobent les différents composants du fonctionnement exécutif (C. Borradori, K. Barisnikov, F. lejeune, P. HÛppi 2014, P 1036).

3-Les situations d'intervention des fonctions exécutives

Les fonctions exécutives interviennent dans des cas bien particuliers : lors de situations nouvelles, inhabituelles, conflictuelles (plusieurs informations interfèrent les unes avec les autres), ou complexes, quand sont mises en jeu des actions sensori motrices ou cognitives pas encore automatisées, et dans la résolution de problèmes (Mazeau&Pouhet, 2014). Plus précisément, (Rabbitt 1997) expose huit critères qui justifient l'emploi des fonctions exécutives et/ou dont la présence augmente la charge exécutive de la tâche à accomplir:

- **Le critère de nouveauté:** Il demande un contrôle exécutif puis que l'individu ne possède pas de plan d'action en mémoire (a contrario, si une tâche complexe est déjà automatisée, et ne présente donc pas ce critère de nouveauté, elle ne demandera pas un contrôle exécutif important).
- **La recherche délibérée d'informations en mémoire:** il s'agit de la recherche active et planifiée d'informations spécifiques en mémoire à long terme.
- **L'allocation de ressources attentionnelles,** avec le passage d'une séquence comportementale à l'autre selon les exigences de l'environnement,
- **L'inhibition de réponses non appropriées** au contexte.
- **La coordination de deux tâches réalisées de manière simultanée,** et le contrôle des exigences propres à chacune de ces tâches.
- **La détection et la correction d'erreurs,** par modification du plan initial (ce qui implique l'identification des stratégies préférables pour atteindre un but, et la mise en place du nouveau plan d'action),
- **Le maintien soutenu de l'attention** sur des périodes de temps importantes,

- **L'accessibilité à la conscience** (contrairement aux processus non exécutifs).

Il s'agit là de critères définissant des situations pour lesquelles il n'y a pas de schéma adéquat préétabli pour atteindre un but fixé (**Fernandez-Duque et al., 2000**). Alors, pour y parvenir, il est nécessaire de disposer d'un contrôle exécutif efficient. Ainsi, les fonctions exécutives sont l'ensemble de ces processus « permettant à un individu de réguler de façon intentionnelle sa pensée et ses actions afin d'atteindre des buts » (**Miyake et al., 2000**). Toutes ces tâches cognitives sont capitales dans nos actions quotidiennes.

4- Notions des fonctions exécutives

4-1 Mémoire de travail

La **MTD** est définie comme la capacité à retenir et à manipuler mentalement des informations pendant un temps limité. (**Allouvay, Gathercole et Pickering, 2006**). Le développement de la **MDT** serait très graduel et linéaire au cours de l'enfance et jusqu'à la fin de l'adolescence avec des raffinements tardifs pour les tâches de maintien et manipulation de multiples items. (**Best et Miller, 2010**) ; (**Luciana, Conclein, Hooper, Yarger, 2005**).

La mémoire de travail représente une pièce maîtresse dans le développement des fonctions exécutives. En contexte éducatif, elle permet à l'enfant de retenir une formation et de l'utiliser d'une manière appropriée dans un autre contexte. (**Diamant, 2013**).

Cette composante des **FE** réfère ainsi à la capacité de stocker temporairement des informations en mémoire afin de les manipuler et de contrôler ultérieurement. (**Dekker, Ziermans et swaab, 2016**).

La mémoire de travaille est organisée selon le schéma décrit par baddeley par:

- **La boucle phonologique** : est un sous-système de la MdT permettant le maintien temporaire de l'information verbalisable. Elle est constituée de deux composantes distinctes : un stock phonologique qui assure le stockage passif de l'information pendant une durée inférieure à 2 sec. env., et un mécanisme de répétition subvocale (ou articulatoire) permettant de rafraîchir, grâce à cette répétition, l'information du stock phonologique au-delà de ces 2 secondes.
- **Le registre visuo-spatial**: est l'équivalent de la boucle phonologique pour les informations visuo-spatiales. Il est également divisé en une sous-composante passive, appelée stock visuel, et une sous-composante de traitement actif, appelée script interne. La fonction du stock visuel est d'assurer le stockage passif des informations visuelles. Le script interne est le processus actif qui permet la transformation, la manipulation ou l'intégration des

Informations visuo-spatiales stockées.

- **Le buffer épisodique** : est un système dynamique de stockage temporaire (au même titre que la boucle phonologique et le registre visuo-spatial), multimodal, et de traitement simultané des informations issues à la fois des différents sous-systèmes et de la mémoire à long terme aboutissant, par intégration, à une représentation épisodique unitaire.
- **L'administrateur central** : est considéré comme le système de contrôle qui interagit avec les sous-systèmes. Il est principalement impliqué dans la supervision et la régulation du système de la MdT.(M. MAZEAU, P. LAPORTE, 2013, p 73)

Grace à la forte implication exécutive dans le fonctionnement de l'administrateur centrale (fonction de flexibilité, de mise à jour, d'inhibition et de gestion de doubles tâches notamment celui-ci gère les ressources attentionnelles et leur allocation aux sous-systèmes verbale et visuelle, sélectionne les stratégies les plus appropriées et coordonne les information et

issues des différentes sources. (C. Guillaune, B. Guillery-Girard, F. Eustache, B. Des granges, 2009, p. 06).

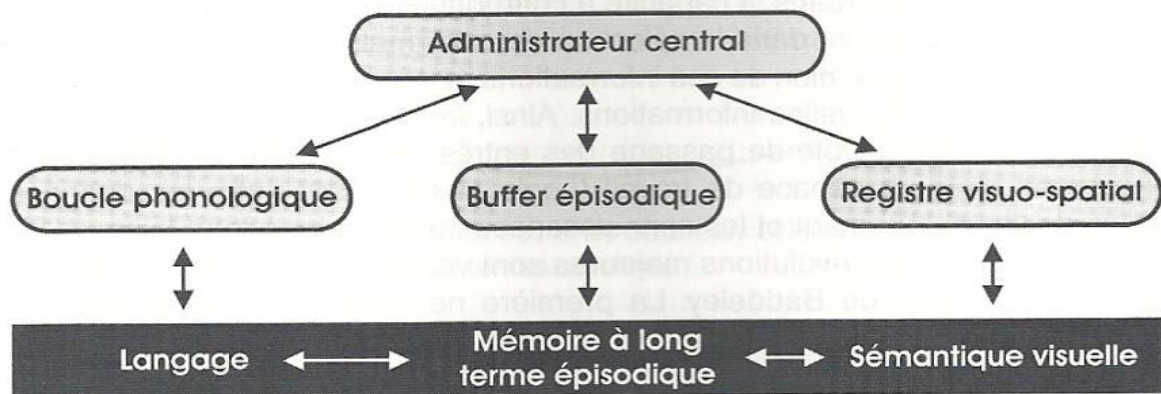


Figure 3 : Le modèle actualisé de mémoire de travail de Baddeley (2000) incluant le *buffer épisodique*.

4-2la flexibilité cognitive

Définition:

La **flexibilité cognitive**, ou shifting, correspond à la capacité à passer d'un type de traitement de l'information à un autre de manière fluide et rapide.

Elle est envisagée par (Seron, Van der Linden et al. 1999) comme un des processus exécutifs « dont la fonction principale est de faciliter l'adaptation du sujet à des situations nouvelles, et ce notamment lorsque les routines d'actions, c'est-à-dire les routines sur apprises, ne peuvent suffire ». (Camus, 1996) aborde la flexibilité comme une conduite sous dépendance des processus attentionnels.

La flexibilité mentale requiert la capacité à désengager son attention d'une tâche, d'une procédure ou d'un état mental afin de l'orienter volontairement vers un autre (Miyake, Friedman et al. 2000)

La flexibilité permet au sujet de déplacer son focus attentionnel, c'est-à-dire d'alterner entre différents registres mentaux alors que dans l'inhibition, le focus attentionnel reste fixé sur un type de stimuli. Selon (Eslinger et

Grattan ,1993), la flexibilité cognitive comprend deux processus distincts : la flexibilité réactive et la flexibilité spontanée.

La flexibilité cognitive comprendrait en réalité deux types de processus distincts : **la flexibilité réactive** et **la flexibilité spontanée**,

- La **flexibilité réactive** correspond à la capacité d'alterner entre des « sets » (états) cognitifs différents, lorsque les contraintes de la tâche exigent un changement pour une conduite adaptée. Elle permet donc un déplacement du focus attentionnel, lorsque l'environnement change et que les contraintes de la tâche exigent une modification de la réponse, en vue d'une conduite adaptée.
- La **flexibilité spontanée** concernerait la production d'un flux d'idées ou de réponses suite à une question simple. Elle se manifeste quand le sujet produit des réponses variées dans un environnement stable qui ne contraint pas nécessairement au changement (**.Moret,Mazeau,2013**)

4-3la planification

➤ **définition**

La **planification** correspond à la capacité à élaborer et coordonner mentalement une séquence d'actions permettant d'atteindre un but. Elle permet d'anticiper et ainsi de guider les choix actuels en tenant compte des événements futurs possibles et/ou probables.

Pour planifier, il est nécessaire :

- d'avoir une représentation de la situation et du but à atteindre
- d'élaborer un ensemble de stratégies appropriées à la situation et au but visé
- de superviser l'exécution du plan et s'assurer que les stratégies employées sont pertinentes pour atteindre le but déterminé.

Selon **Luria (1978)**, la planification est la capacité d'organiser son comportement envers un but spécifique qui sera accompli avec une série de

comportements intermédiaires. En psychologie cognitive, la planification désigne les processus de formulation d'une séquence d'opération en vue d'atteindre un but.

En 1982, **(Shallice, T 1982)** affirme que la planification occuperait une place centrale dans les processus sous-tendus par le cortex préfrontal.

Avec **(Norman, D.A 1986)** ils énumèrent la planification parmi les situations nécessitant l'intervention du S.A.S. : pour être mise en œuvre, la planification requiert l'activation de nouvelles procédures de résolution.

(Grafman, 1989 ; Shallice, 1982) ont avancé que la planification se fait à un double niveau à savoir la formulation et l'exécution :

- Le niveau de formulation correspond à la capacité de développer mentalement une stratégie logique pour déterminer les actions à mettre en place pour atteindre un objectif.
- Le niveau d'exécution correspond à la compétence de superviser et guider l'exécution d'un plan pour parvenir à ce même objectif. Ce dernier va permettre d'identifier et d'organiser de manière efficace les différentes étapes à mettre en place pour la réalisation de l'intention mais également déterminer ce qui est nécessaire au succès de sa réalisation. La planification demande aussi de visualiser les conditions actuelles de l'environnement, la capacité de mettre en place des alternatives, penser aux avantages et aux inconvénients de ce comportement, hiérarchiser les étapes et de prendre une décision finale. De plus, il est important de pouvoir contrôler son impulsivité et d'être capable d'utiliser de manière efficiente sa mémoire. **(Neurey Noém, 2018, p 23)**.

4-4 Le mécanisme inhibiteur

➤ Définition

L'inhibition est un processus qui permet la suppression d'informations et des schémas d'actions évoqués automatique mentale lors qu'ils ne sont pas pertinents dans la situation en cours, afin de sélectionner d'autres réponses secondaires et plus appropriées à une situation précise (**ANDRES & LINDEN, 2004**). Ces réponses doivent donc être inhibées. Cette capacité d'inhibition s'avère tout à fait nécessaire et courante et concerne différents domaines dépendants de la cognition tels que les apprentissages ou les activités quotidiennes. Penser, réfléchir, décider sont autant d'actions qui admettent l'activation de données correctes, mais aussi le freinage de celles surtout ?) fermer ceux qui ne sont pas actuellement appropriés (pour l'action en cours) »(**MORET & MAZEAU, 2013**).

L'inhibition est un mécanisme exécutif général et permanent de régulation cognitive. Il est coûteux et entraîne un ralentissement et une fatigue cognitive. De plus, il implique un circuit cérébral et neuronal spécifique (**MORET & MAZEAU, 2013**).

(**Friedman, NP.Miyake, A2004**) distinguent 3 types d'inhibition : la résistance à l'interférence des distracteurs (capacité à résister à l'interférence d'une information externe non pertinente pour la tâche en cours), la résistance à l'interférence proactive (capacité à résister à des intrusions en mémoire d'une information qui n'est plus pertinente) et l'inhibition de la réponse prédominante (capacité à supprimer la réponse prédominante automatique).

Pour (**Norman et Shallice, en 1986**), cette composante inhibitrice est une des fonctions de contrôle réalisée par le Système Attentionnel Superviseur, décrit dans leur modèle.

Il existe une distinction pour certains auteurs (**Arbuthnott en 1995 ; Popp&Kipp, 1998**) entre mécanismes involontaires et automatiques versus intentionnels ou contrôlés cités par (**Meulemans, T. Collette, F et al. 2004**). Une tâche d'inhibition automatique induit une réaction résiduelle involontaire de traitement de l'information appropriée. On la nomme généralement inhibition réactionnelle. Une tâche d'inhibition contrôlée se caractérise par l'aptitude à inhiber volontairement des réponses prépondérantes ou spontanées. Ce type d'inhibition, de nature exécutive, requiert la suppression consciente de réponses non appropriées. C'est cette inhibition exécutive qui nous intéresse dans le cadre de ce mémoire.

(**Zacks et Hasher, 1997**) ont proposé de différencier trois fonctions de l'inhibition:

- le contrôle de l'accès en MDT d'informations activées mais non pertinentes pour la tâche en cours.
- la suppression d'informations devenues non pertinentes pour la tâche en cours.
- une fonction de restriction permettant le contrôle de l'action ou des pensées.

5-la relation des habilités du fonctionnement exécutif

L'être humain peut être amené à choisir entre plusieurs éventualités, puis en fonction des contingences, changer de choix ce qui suppose d'inhiber le premier choix et se diriger ensuite vers un autre. Les processus qui permettent ces différents niveaux de traitements de l'activité, on les appelle fonctions exécutives.

Il s'agit principalement de la planification l'inhibition, et la flexibilité mentale ainsi que la mémoire de travail. D'autres processus interviennent, comme la déduction ou le maintien des règles et le contrôle et l'action exécuté.

L'inhibition désigne la capacité à ne pas orienter notre attention vers une source d'information qui l'attire automatiquement elle sert aussi à interrompre une activité en cours, dans les tâches de mémoire, elle aide à éliminer les informations non pertinentes retenues par la mémoire de travail.

La planification est ce qui nous permet d'envisager l'action avant de l'accomplir et de sélectionner le meilleur moyen pour y parvenir, ainsi les besoins frontales entraînent une persévérance, adhérence à la tâche désinhibitions, difficultés d'abstraction, difficultés de réaliser les tâches complexes cependant une altération dans l'une de ces fonctions entraîne le dysfonctionnement des autres (Jolly, 2011-2012, p

6- Les modèles théoriques des fonctions exécutives :

Parmi l'ensemble des troubles évoqués, les fonctions exécutives représentent une des aptitudes cognitives pour lesquelles de nombreuses modélisations conceptuelles existent. Pour mieux les aborder il semble important de s'attarder quelque peu sur les modèles considérés comme les plus représentatifs. Cela permettra d'observer leur domaine de pertinence en vue de les réinvestir dans la suite de l'étude.

❖ Les modèles théoriques :

6-1 Le modèle précurseur de Luria: atteinte frontale et résolution de problèmes

Luria est le premier à avoir adopté une modélisation des processus intervenant dans le comportement. Il sera le premier à explorer des modèles en lien avec les aptitudes cognitives qui permettent de s'adapter de façon flexible à l'environnement, ses travaux ont eu une influence considérable en neuropsychologie et de nombreux auteurs s'en sont inspirés dans leurs études. Pour établir sa théorie, **Luria** est parti d'observations cliniques qui mettent en

avant l'association des déficits de résolution de problèmes et des lésions frontales.

Selon lui, les stimulations arrivent au cerveau de telle sorte que le système nerveux présente des dispositions spécifiques à réaliser certain type d'action. L'intégration et la discrimination d'informations afférentes sont réalisées par les parties postérieures du cortex, alors que les parties antérieures s'occupent de la régulation de l'activité de l'organisme et élaborent la programmation et le contrôle d'actions plus complexes. Dans cette approche **Luria** distingue les régions médio-basales, pré-motrices, et dorso-latérales en lien avec des troubles spécifiques.

-Les désordres dans la prise d'information en lien avec la région médio-basale. Cela correspond à deux fonctions que sont le maintien de l'activité tonique et la synthèse des informations intéroceptives/extéroceptives qui permettent à la personne d'inhiber certains stimuli (qui pourraient interférer) tout en sélectionnant les informations pertinentes qui permettent de réaliser un programme d'action. Par exemple sur un plan visuel l'exploration active de l'environnement devient difficile suite à l'accident car la recherche visuelle ne se présente plus comme elle le devrait, c'est-à-dire une suite organisée d'hypothèses au cours de laquelle la personne sélectionne parmi plusieurs solutions possibles dans l'environnement celles qui lui paraissent adéquates (notamment pour s'orienter).

Les désordres dans la régulation des mouvements en lien avec la région pré-motrice qui assure l'organisation dynamique de l'activité et une fluidité de l'action. Tout mouvement qui n'est pas automatisé nécessite une programmation préalable et des contrôles permettant la correction des erreurs. Selon lui, pour les patients atteints de troubles frontaux, le geste ne sera plus contrôlé adéquatement: soit le patient n'arrive plus à créer un plan d'actions, soit les facteurs environnementaux activent des programmes inadéquats correspondant à des stéréotypes pathologiques.

-Les désordres de l'activité intellectuelle en lien avec la région dorso-latérale .Correspond au lieu de confrontation entre les informations intéroceptives et extéroceptives. **Luria** considère l'activité intellectuelle comme un comportement surgissant au moment où un obstacle se dresse entre le sujet et le but de l'action. Le fait de détourner ce but initial amène un certain nombre d'actions: rassemblement d'informations sur une situation donnée, réalisation d'un plan d'action puis réalisation séquencée, planification et contrôle jusqu'au résultat envisagé. Cette approche correspond au schéma de résolution de problème

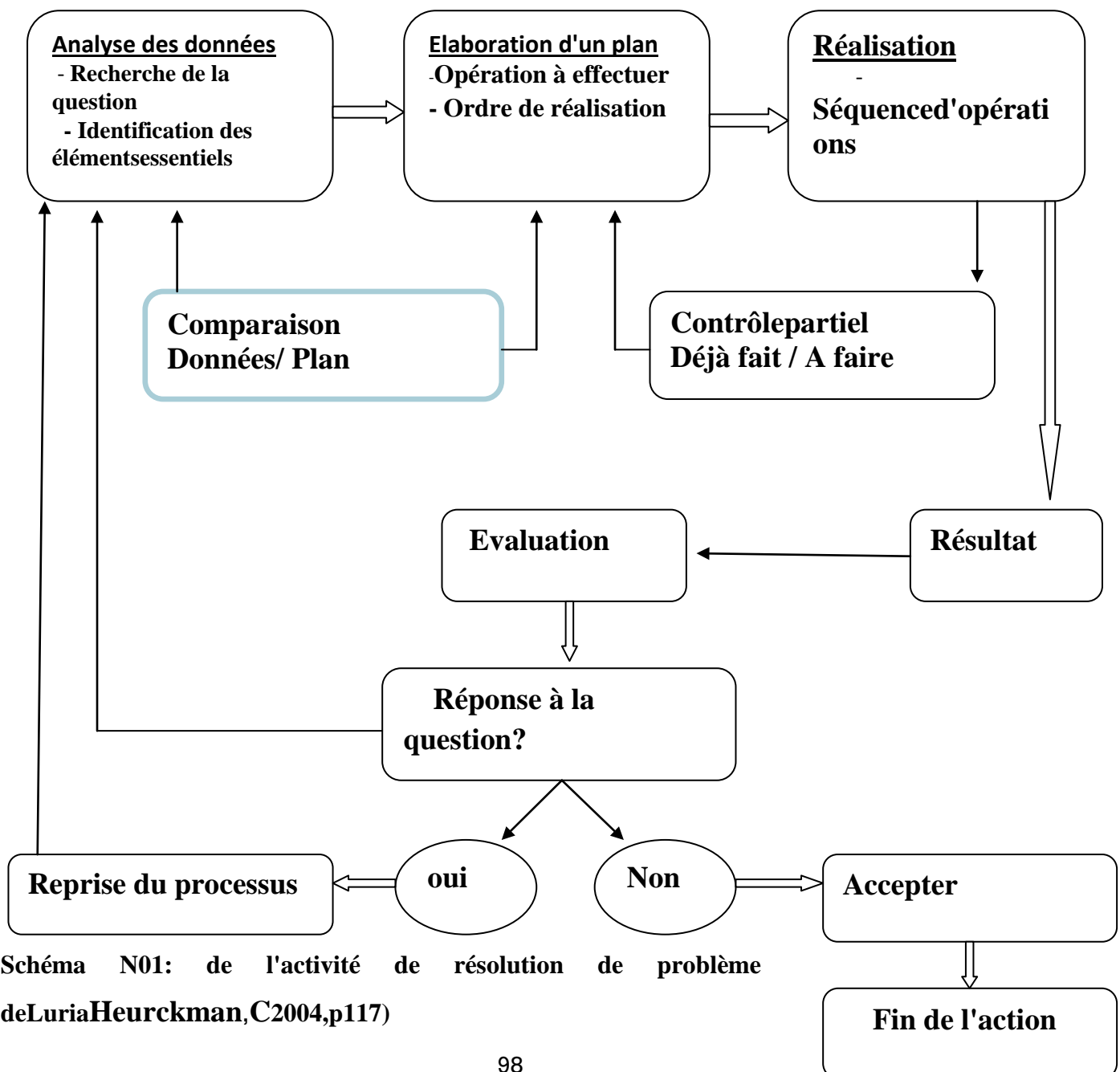


Schéma N01: de l'activité de résolution de problème de Luria (Heurckman, C2004, p117)

Les actions orientées vers un but pourraient être formulées selon quatre étapes:

- L'analyse des données initiales et la prise d'initiative quant à un potentiel but à atteindre
- L'élaboration et l'organisation dans le cadre d'un programme d'action avec différentes séquences à accomplir
- L'exécution du programme
- La confrontation des données obtenues avec les données initiales, c'est-à-dire l'aboutissement du programme d'action avec des possibles ajustements.

Ces étapes peuvent être synthétisées selon trois fonctions que sont: la volition, la planification et le contrôle.(**Azouvi P., Perrier D., Van der Linden M., 2000**)

6-2Le modèle de "Norman" et "Schallice" (1986)

D'autres auteurs ont ensuite tenté de déterminer les composantes du système exécutif.(**Norman et Shallice ,1986**), influencés par la conception de Luria, ont proposé un modèle de fonctions exécutives actuellement dominant en neuropsychologie, qui s'appuie sur le contrôle attentionnel de l'action. En effet, ces auteurs distinguent les actions routinières, automatisées, qui ne requièrent pas d'attention particulière, des actions nouvelles qui exigent un contrôle attentionnel plus important pour être menées correctement à terme. Ils considèrent que pour être accomplies, ces actions non routinières nécessitent l'intervention de processus spécifiques.

Ce modèle comporte 3 composantes : les schémas, le gestionnaire de conflits et le Système de Supervision Attentionnelle (**S.A.S**).

❖ Les schémas

➤ Les **schémas d'actions** constituent l'unité de base du modèle.

Ils correspondent à des structures de connaissances qui contrôlent les actions de pensée sur-apprises, déclenchées sans intervention attentionnelle. (**Seron,**

Van der Linden et al. 1999) ont proposé une hiérarchisation des schémas en :

- **schémas de bas niveau** : c'est-à-dire les routines comportementales, comme par exemple, lors de la conduite automobile, contrôler la tête et les yeux en regardant dans le rétroviseur.
- **schémas de haut niveau** : ils constituent l'ensemble des actions coordonnées à effectuer, par exemple à l'abord d'un feu de circulation.

Chaque schéma d'action est déclenché quand un seuil spécifique est dépassé. Ce niveau d'activation peut être induit par :

- des messages perceptifs provenant de l'extérieur,
- des messages internes provenant du sujet (intentions),
- l'activation d'autres schémas associés.

Dans certaines situations, il arrive que plusieurs schémas soient activés simultanément. Cette sélection du schéma le plus pertinent se fait par le gestionnaire de conflit.

❖ Le gestionnaire de conflits (ou *Contention Scheduling Mechanism*)

Le **gestionnaire de conflits**, est un mécanisme semi-automatique qui opère par inhibition collatérale des schémas antagonistes. Son rôle est donc de gérer la compétition entre les différents schémas potentiellement activables, en inhibant les schémas incompatibles.

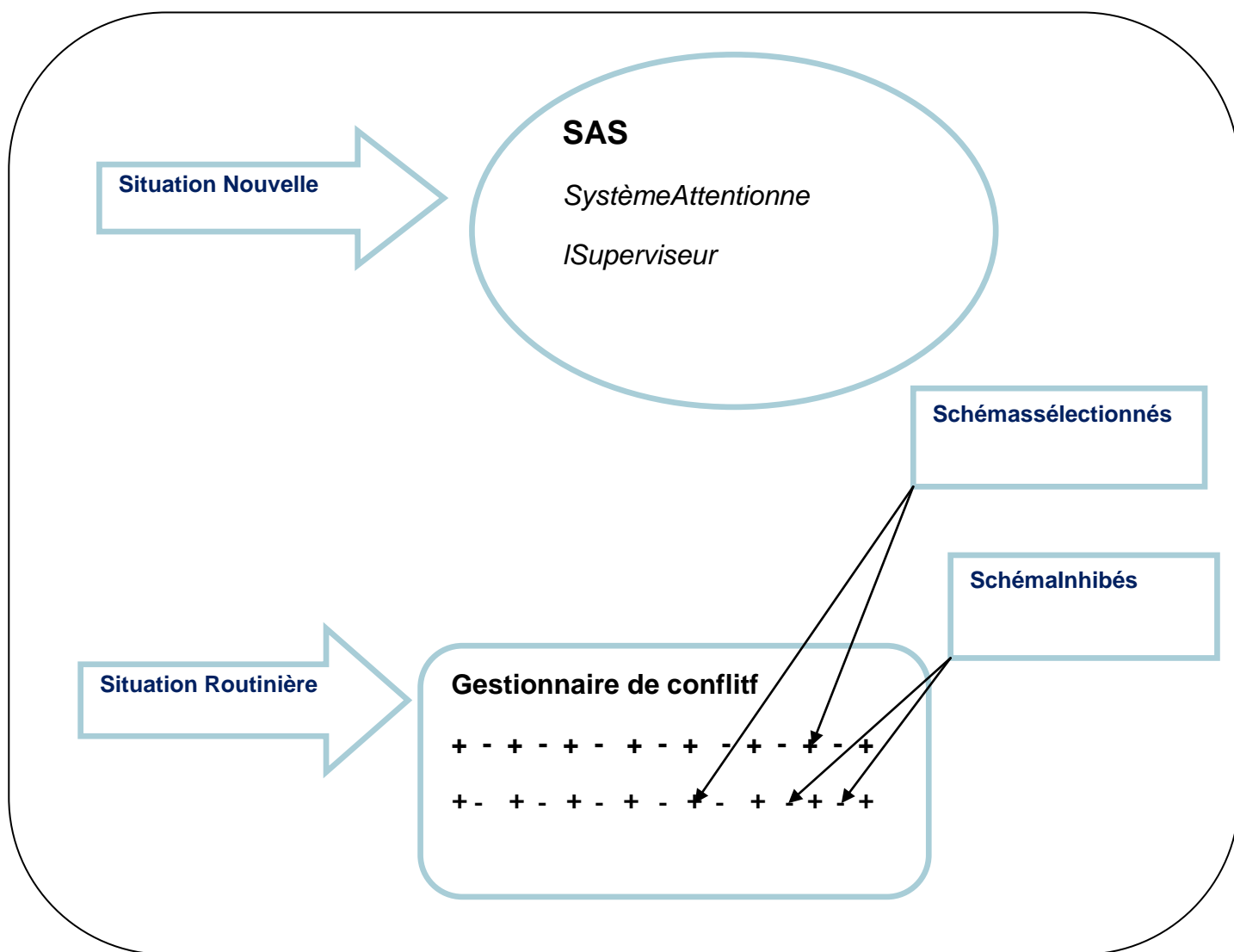
(**Van Zomeren 1994**) précise que cette sélection se fait grâce aux représentations en mémoire à long terme, parmi lesquelles sera choisi un schéma enregistré. Mais il ajoute que le gestionnaire de conflits ne sera plus suffisant lors d'une confrontation à une situation nouvelle, pour laquelle il faudra planifier une action ainsi que d'autres schémas, les schémas routiniers n'étant plus adéquats. Le contrôle du S.A.S. devient alors nécessaire.

❖ Le système de supervision attentionnel (**S.A.S.**):

- Le **système de supervision attentionnel** regroupe les fonctions de contrôle de l'action, dans le cas où il n'existe pas de procédures de

résolution connues, ou si celles-ci sont inefficaces ou bien nécessitent d’être réorganisées.

Le rôle du **S.A.S.** est de moduler l’action du gestionnaire de conflits en ajoutant de l’activation ou de l’inhibition afin que le schéma le plus adéquat supplante les schémas de routine et soit finalement mis en oeuvre. **Le S.A.S.** est donc un processus à capacité limitée qui permet l’activation de schémas non habituels, tout en inhibant le déclenchement de routines automatiques.



Selon (**Van Zomeren ,1994**) , c’est aussi un processus volontaire basé sur une stratégie active en mémoire de travail : assurant des liens entre schémas, cette modulation qu’effectue le **S.A.S.** permet un comportement adéquat dans une situation non routinière.

(Norman et Shallice 1986) énumèrent 5 situations dans lesquelles l'activation automatique n'est pas suffisante, et nécessitent donc l'influence du **S.A.S.** :

- celles qui impliquent un processus de planification ou de prise de décision,
- celles qui impliquent la correction d'erreurs,
- celles dans lesquelles les réponses ne sont pas bien connues ou qui requièrent de nouvelles séquences d'action,
- les situations difficiles ou dangereuses,
- les situations qui exigent d'inhiber une réponse habituelle forte.

Cette voie de contrôle est plus lente que le gestionnaire de conflits car plus élaborée. De plus, elle requiert une plus grande flexibilité. Comme le précisent (Allain et Le Gall ,2008) , pour que la sélection des schémas en conflits soit réalisée par cette voie, il est nécessaire que cette dernière ait accès aux représentations des situations passées et présentes, aux buts et intentions du sujet ainsi qu'au répertoire de schémas de haut niveau.

6-3Le modèle de "Baddeley"

En (1986)."Baddeley" , fait le lien entre les fonctions exécutive, mémoire et attention et propose son modèle tripartite de la mémoire de travail composé de deux systèmes périphériques qui sont :

La boucle phonologique et calepin visuo-spatial et d'un administrateur central (A. C).

Ce dernier pour "baddely", posséderait les fonctions exécutives que celles attribuées au **S. A. S** par "**Norman**" et "**Schallice**". En effet l'administrateur central est un centre exécutif et correspond à un système de contrôle attentionnel à capacité limitée chargé de contrôler la réparation des opérations du traitement cognitif.

En (1996),"Baddeley" fractionne aussi l'**A. C** sous composante exécutives spécialisées et dissociables.

- La coordination de deux tâches réalisées simultanément (double tâches) une des premières fonctions attribuées à l'administrateur centrale dans le modèle de "**baddeley**" est la coordination des deux autres composantes de modèle, la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial.

Il existe des arguments en faveur de cette fonction en neuropsychologie, une série d'études de "**Baddeley**" et de ses collaborateurs a été réalisée sur des patients qui présentent la maladie d'Alzheimer résultant que ces patients trouvent souvent des difficultés de mémoire épisodique qui augmentent, lorsque les deux aspects, verbale et spatiale, de la mémoire de travail sont concernés simultanément, à titre d'exemple : la tâche de (tracking) poursuite, dans laquelle le sujet doit suivre avec le doigt un point lumineux qui se déplace sur un écran et une tâche de stockage articulatoire, dans laquelle il doit retenir des syllabes.

- Les modifications des stratégies de récupération de l'information.
- L'attention sélective.
- Le maintien et la manipulation de la formation en mémoire à long terme.

" **Baddeley**" a évoqué également le processus de mise à jour, fonction qu'il attribue à l'administrateur central et qui permet de modifier en continu le contenu mémoire de travail avec l'apport d'information plus récente.

En (2000), "**Baddeley**" rajoute une autre composante à son modèle : le buffer épisodique sous contrôle de l'administrateur central, Ce buffer épisodique est conçu comme un système à capacité limitée permettant le maintien, le regroupement et la manipulation d'informations multimodales provenant de différentes sources (boucle phonologique. Calepin visuo-spatial et mémoire à long termes). Le buffer stocke des épisodes dans les quelles l'information est intégrée dans l'espace et dans le temps et fait ainsi le lien entre la mémoire à court terme et la mémoire à long terme. (**Scouarnec A, 2014, p. 10**).

❖ **Les travaux plus récents: Damasio et Grafman et Miyak:**

6-4 (Damasio 1994) à partir du cas « **EVR** », un patient cadre commercial qui après avoir été opéré d'un méningiome frontal alla de désastres professionnels en désastres affectifs, **Damasio** et ses collaborateurs se sont intéressés aux troubles du comportement observés chez des patients frontaux porteurs de lésions principalement ventrales et médianes. Ces malades ne présentent pas de perturbations significatives dans les épreuves neuropsychologiques classiques destinées à mesurer les fonctions exécutives ou la mémoire de travail. **Damasio** a émis l'hypothèse de l'existence de marqueurs somatiques selon laquelle certaines structures préfrontales seraient nécessaires à l'acquisition de liens associatifs entre des classes de situations et des états émotionnels habituellement associés à ces situations.

Cette hypothèse considère donc que les processus émotionnels influencent significativement les processus de raisonnement et de prise de décision par le biais de ces marqueurs somatiques qui constituent des traces de la valence « bonne » ou « mauvaise », « positive » ou « négative » de l'émotion ressentie lors de la réponse comportementale. Ces marqueurs sont acquis au cours des processus de socialisation et d'éducation. Ils ont pour fonction de signaler automatiquement le caractère néfaste ou non du résultat probable d'une situation donnée. Autrement dit, lorsqu'un sujet est confronté à une situation d'une classe particulière, le cortex ventro-latéral, qui a appris par le passé le lien entre cette situation et un état interne singulier, est activé, ce qui rend disponible l'état interne approprié, donc la qualification de la situation en fonction des conséquences qui lui étaient associées. Le marqueur somatique joue ici un rôle d'incitation ou de contrainte sur les processus de décision, en prévenant les conséquences indésirables ou dangereuses et en recherchant les solutions avantageuses ou agréables. **(Sylvain, D. 2010, P63, 64)**

Pour **Bechara et al.**, les patients porteurs de lésions frontales ont perdu la capacité d'élaboration des marqueurs somatiques permettant de faire

automatiquement des projections sur la valeur positive ou négative de leur décision. Les mêmes auteurs ont montré une double dissociation entre déficit de mémoire de travail et déficit de prise de décision chez des malades présentant des lésions pré-frontales dorso-latérales ou ventrales. (Sylvain,D.2010,P63,64)

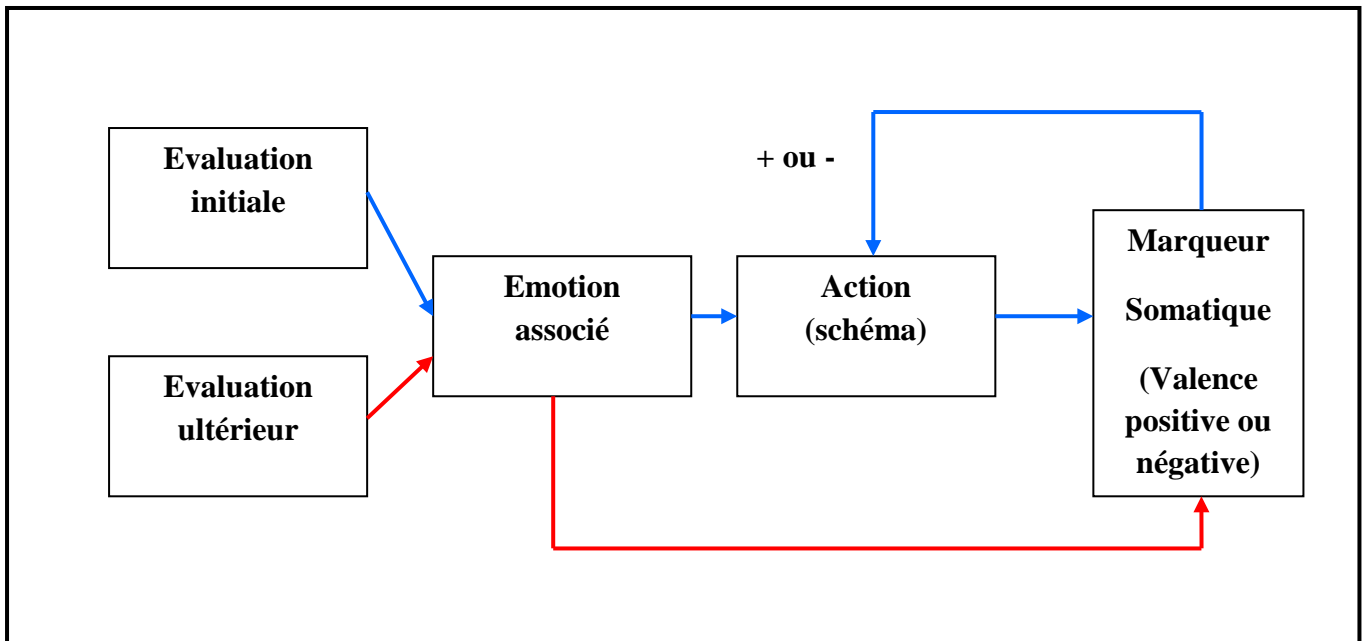


Schéma n 03 :modèle des marqueurs somatique de Damasio(Sylvain,D.2010,P63,64)

6-5L'approche de **Grafman** apporte aussi de nouvelles clés d'interprétation dans la manière d'aborder les fonctions exécutives. En effet celui-ci accorde plus d'importance aux représentations stockées qu'aux processus effectués par le cortex préfrontal. L'auteur suggère qu'un individu utilise des unités de connaissances en lien avec une série d'événements contextualisés²³. La gestion de ces informations et les comportements qui en découlent s'inscrivent au sein d'unités que l'auteur appelle "**Managerial Knowledge Unit**" (MKU) et sont organisés temporellement en fonction de contraintes physiques, culturelles ou individuelles Ces **MKU** seraient hiérarchisées en fonction des situations suivantes:

-Au sommet de la hiérarchie se trouve les **MKU** abstraites qui intègrent des séries d'événements qui ont un début, des buts, des actions et une fin, sans faire référence à une activité particulière. Celles-ci peuvent être activées dans des situations entièrement nouvelles

-Les **MKU** indépendantes du contexte représentent des comportements spécifiques (se coiffer, se laver les dents)

-Les **MKU** dépendantes du contexte correspondent à des comportements selon un contexte particulier (conduire entre chez soi et son travail)

-Les **MKU** épisodiques impliquent une notion de temps et une localisation spécifiques (manger à midi dans une pizzeria).

-Au dernier pallier se trouve, les règles d'usage (saluer son responsable), les procédures (utiliser un marteau pour enfoncer un clou), les réponses conditionnelles (attendre qu'on m'interroge quand je lève la main dans un séminaire) et les habiletés (retirer une roue de voiture)

Pour mieux comprendre l'imbrication entre ces différentes **MKU** **Graffman** insiste sur deux notions qui sont la fréquence d'exposition et la force associative.

La première notion indique que les **MKU** les plus souvent utilisées correspondent à celles dont le seuil d'activation est le plus bas (par exemple, pour certaines personnes, utiliser un ordinateur avec windows correspond à un seuil d'activation plus bas que pour un Macintosh), par conséquent en cas de lésion frontale la **MKU** qui est habituellement la plus sollicitée sera la mieux conservée. La deuxième proposition implique la notion de similarité, ainsi les **MKU** similaires ou proches temporellement sont plus fortement associées (par exemple "se laver les dents" pourrait aussi activer les **MKU** proches telles que "s'habiller", ou " se laver la figure"). Pour résumer, selon **Graffman** les troubles exécutifs (qui font suite à une lésion frontale) seraient une dégradation des réseaux de connaissance plus ou moins imbriqués et associés, entraînant un déficit dans la réalisation d'un nouveau plan d'action mais aussi dans la mise en oeuvre de pratiques routinières. (mathilde ,a.sylvie,2013p19)

Modèle de Miyake

6-6 (Miyake ,al,2000) ont cherché à déterminer si les fonctions exécutives pouvaient être envisagées comme des processus unitaires, dépendants ou non d'un même mécanisme sous-jacent. Ils ont proposé à une population de 137 sujets différentes tâches cognitives permettant d'évaluer trois types de processus:

- la **mise à jour** grâce à une épreuve de mémoire de lettres,
- la **flexibilité** grâce à une épreuve de + 1 et de - 1 à partir de chiffres,
- l'**inhibition de réponses prédominantes** grâce à une tâche de Stroop qui évalue la capacité d'inhibition de réponses automatiques par la mesure de la disposition à une interférence.

Les résultats obtenus à l'issue de leur étude mettent en avant l'indépendance de ces trois processus bien que des relations communes apparaissent entre eux. A partir de ces résultats, ces **trois fonctions exécutives spécifiques** partageant des **processus communs** sont mises en avant.

Cependant, les corrélations restant modérées, une unicité de ces fonctions est tout de même suggérée. Deux hypothèses sont alors mises en avant pour expliquer cette modération :

- L'implication de la mémoire de travail présente dans l'ensemble des tâches proposées.
- La participation de l'inhibition dans la réalisation des trois tâches proposées parce qu'elles mobiliseraient des processus conjoints.

(Miyak,f.,Emeson,2000,p41)

Au terme de ce passage en revue des principaux modèles traitant des fonctions exécutives, il apparaît qu'il existe des divergences fondamentales entre les auteurs. Certains partent de fonctions associées aux lobes frontaux comme **Luria**, alors que d'autre préfèrent s'intéresser à un fonctionnement plus général de l'attention comme Norman, **Shallice**. Des auteurs comme **Damasio** accordent

une place prépondérante à la composante émotionnelle, alors que des modèles alternatifs comme celui de **Grafman** démontrent une corrélation entre des processus frontaux et des capacités de manipulations d'informations symboliques situées ailleurs dans le cerveau. Pour des raisons qui seront abordées dans la suite de l'étude, la conception de **Grafman** s'est avérée des plus pertinente dans le cadre de cette recherche et sera davantage mobilisée. En effet, cette approche permet d'établir une relation étroite entre, les performances du patient du point de vue des fonctions exécutives, et des situations contextualisées liées aux habitudes de vie de celui-ci. Cet aspect offre donc une ouverture vers des mises en situation au plus proche du patient qui permet d'aborder ses aptitudes (fonctions exécutives) dans des tâches concrètes.

Après ce passage en revue des différents modèles, il apparaît difficile dans ces conditions de pouvoir clairement définir les fonctions exécutives. Le développement de la neuropsychologie cognitive a largement amené l'idée qu'il était plus intéressant de se centrer davantage sur la compréhension du trouble cognitif que sur la mise en évidence d'une lésion cérébrale particulière. Le glissement de l'appellation du syndrome " frontal" à celui de "dysexécutif" met bien en évidence cette conception différente. La suite de l'étude permettra d'observer comment la neuropsychologie délimite ces différentes fonctions notamment à travers leurs modes d'évaluation.

IV- Le rôle des fonctions exécutives :

- Planifier des actions.
- Terminer un travail à temps.
- Garder à l'esprit plus d'une chose à la fois.
- Evaluer des idées.
- Changer d'avis.
- Apporter des corrections à mi-parcours d'une action.
- Demander de l'aide si besoin.

- S'engager dans une dynamique de groupe.
- Formuler des buts et des plans d'action.
- D'en conceptualisé les conséquences à terme et d'identifier les diverses alternatives.
- Déterminer le comportement international, organisé et dirigé vers un but.
- Inhiber des informations distractives et inutiles à la tâche en cours.(Baciu, 2011, p. 159).

7- Anatomie

Les fonctions exécutives sont principalement rattachées au développement des **régions frontales**, considérées comme leur siège anatomo-fonctionnel.

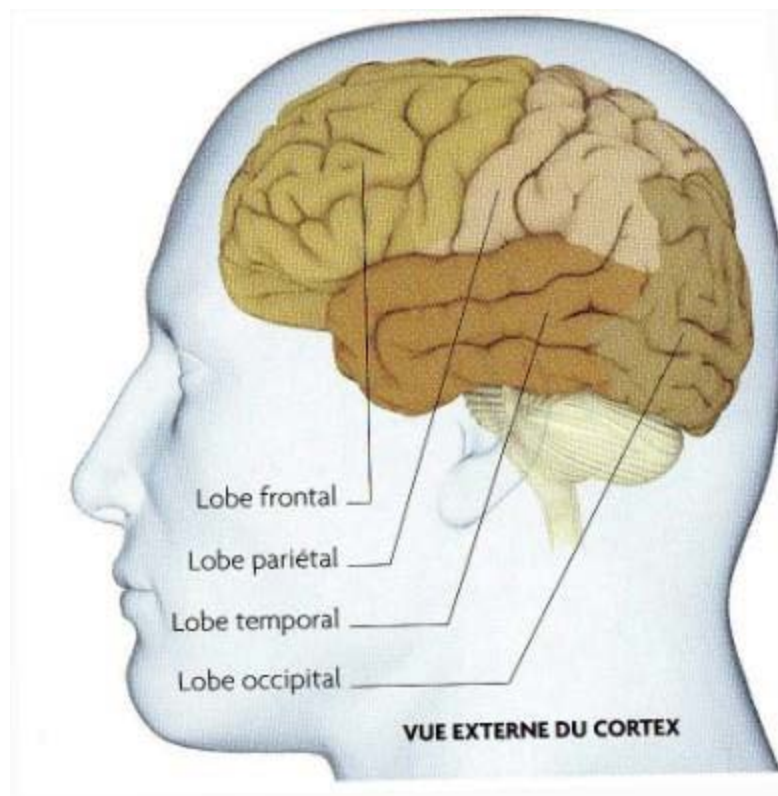


Figure 8 : Les lobes cérébraux (Le Grand Larousse du Cerveau, 2011).

L'ontogénèse rapporte qu'il s'agit des dernières structures cérébrales à se développer, jusqu'au début de l'âge adulte (ROY, 2007). Cependant, l'activation des aires frontales dépend des relations étroites qu'elles

entretiennent avec diverses structures sous-corticales (thalamus, hypothalamus, structures limbiques ...) ainsi qu'avec des régions postérieures du cerveau (cortex occipital, temporal, pariétal...) (ANDERSON, 2002). Ces interconnexions ont permis d'attribuer au cortex préfrontal, qui est le cortex associatif du lobe frontal, une fonction d'intégration des données environnementales, des états internes ainsi que des événements passés, lorsqu'il s'agit d'adapter ou d'actualiser un plan d'action (BOUJON & LEMOINE, 2002).

Les lobes frontaux sont situés en avant de la scissure de Rolando et au-dessus de celle de Sylvius (ROY, 2007).

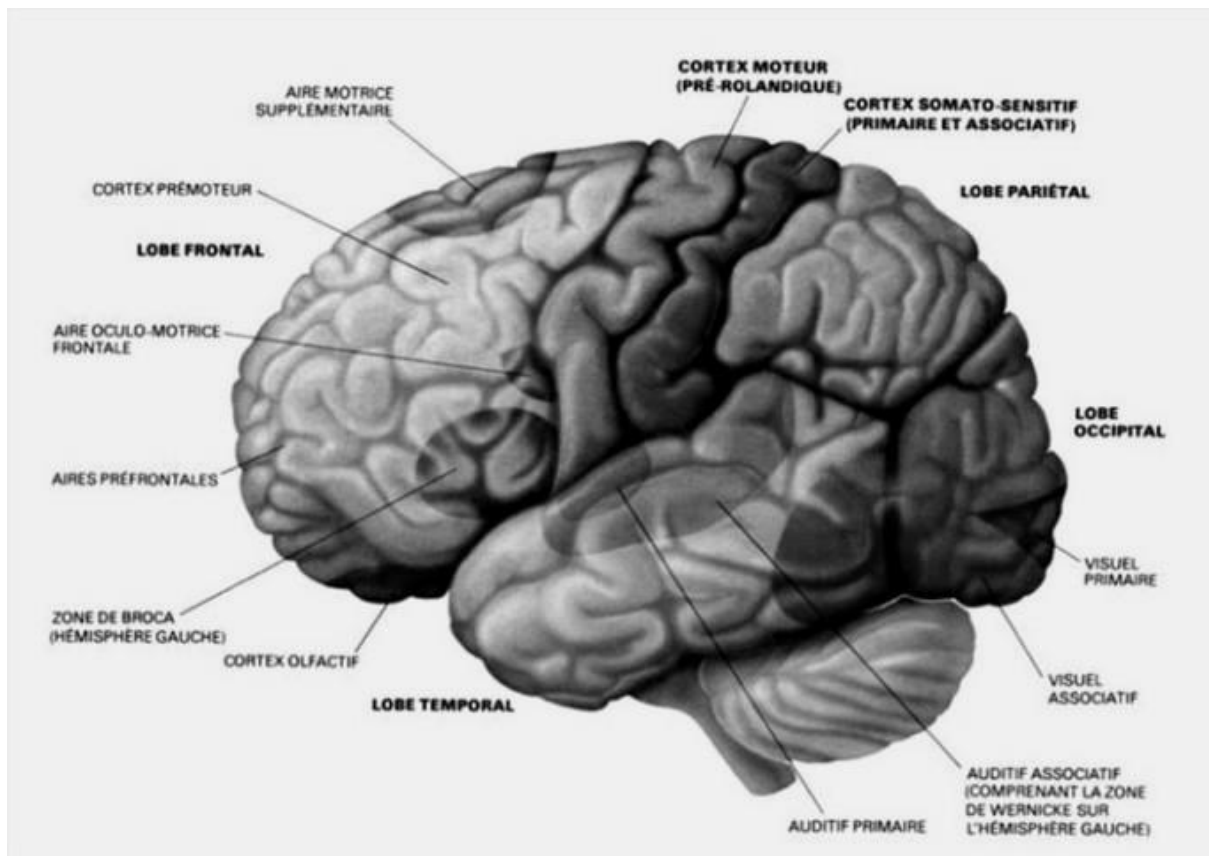


Figure 9 : Représentation schématique du cortex cérébral de l'homme (SANS, 2009).

Ils sont divisés en 3 régions :

- Le *cortex moteur primaire* : organisé selon l'homonculus, il détermine la motricité volontaire.
- Le *cortex pré-moteur* : il comprend une aire motrice supplémentaire. Il permet une programmation motrice élaborée.
- Le *cortex pré-frontal*: il comprend l'aire oculomotrice, les aires de Broca et trois autres parties : la partie dorsolatérale, la partie orbitaire et la partie interne.

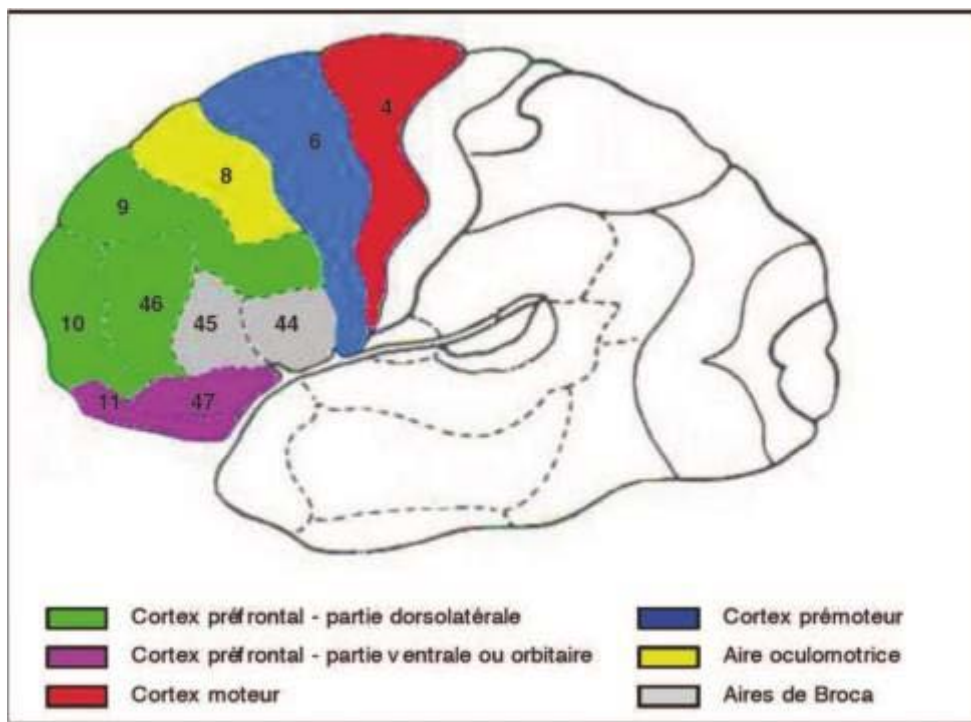


Figure 10 : Représentation des différentes zones du lobe frontal à partir des aires citoarchitectoniques de Brodman (ROY, 2007).

Le cortex préfrontal est relié au reste du fonctionnement cérébral par de nombreux circuits corticaux et sous-corticaux qui permettent aux informations de transiter de manière réciproque. Le cortex préfrontal entretient des connexions avec l'hippocampe, l'amygdale, le thalamus, l'hypothalamus et avec le cortex limbique. Il se comporte ainsi comme une interface entre la cognition

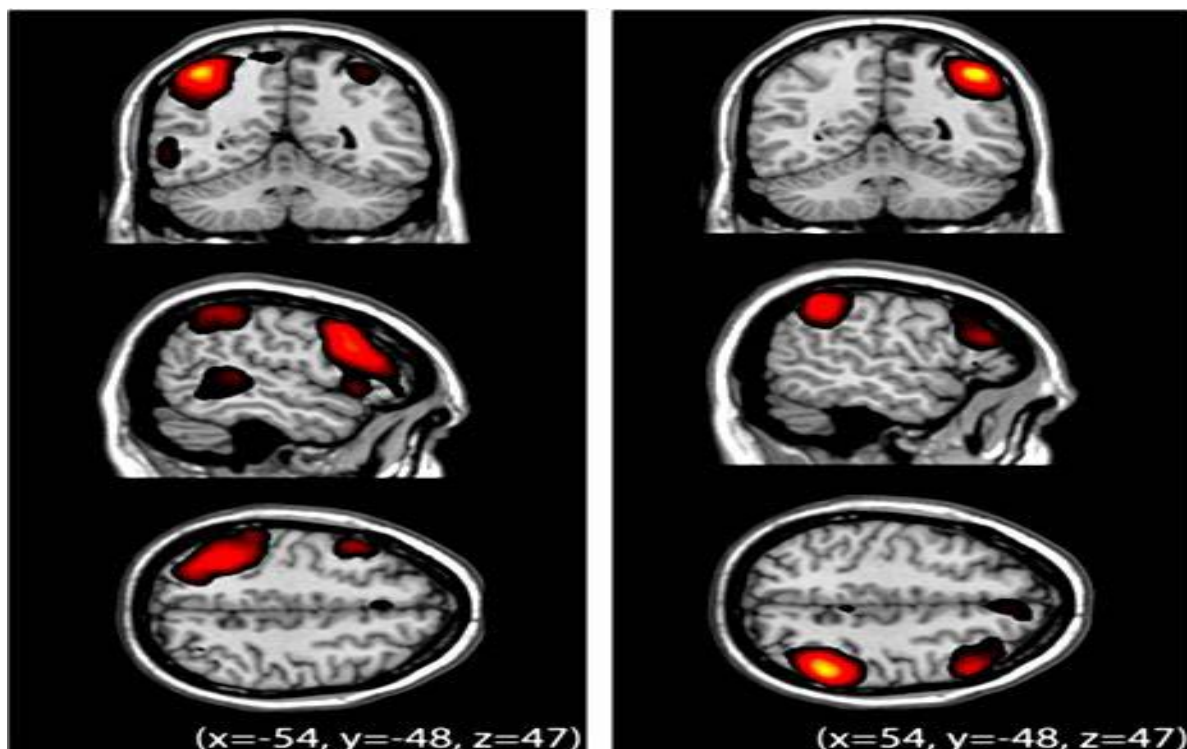
et les émotions (GIL, 2010). Il est également impliqué dans les processus mnésiques par l'intermédiaire du système limbique ainsi que dans les processus attentionnels par le thalamus.

Ces fonctions couvrent un certain nombre de processus cognitifs, l'inhibition, la flexibilité, la mise à jour de la mémoire de travail, l'attention ou encore la planification, qui font l'objet de nombreux modèles théoriques.

Les recherches menées jusqu'à présent se réfèrent, d'une part, à des modèles exécutifs qui comprennent un régisseur central dont dépendent plusieurs processus (BADDELEY, 1998), comme c'est le cas de la mémoire de travail, et d'autre part, à l'observation de (Miyake et al.2000), détaillée par la suite, qui met en avant l'existence de mécanismes communs aux fonctions exécutives.

contrôle exécutif (gauche)

Contrôle exécutif (droit)



IRMf: Implication marquée du **cortex préfrontal**
implication du cortex pariétal (jean,P,walch , 2017)

8-Les fonctions exécutives chez les personnes âgées :

Le déclin d'un grand nombre de fonctions cognitives est observé avec l'avancement en âge. Les études récentes suggèrent que les fonctions exécutives seraient particulièrement sensibles aux effets du vieillissement. Leurs perturbations peuvent avoir des conséquences significatives sur le comportement des personnes âgées dans la vie de tous les jours. (Luis, B., Sylvie, B., 2004, p182).

Les études réalisées sur des sujets âgés tout-venant ont montré que des changements liés à l'âge se marquaient davantage au niveau des fonctions exécutives par rapport aux autres habilités cognitives.

En effet, les études post-mortem (autopsie) et de neuroimagerie ont mis en avant une détérioration des zones frontales plus grande que les autres zones du cerveau dans cette population. De plus, les modèles récents en neuropsychologie ont avancé que ces dégradations frontales étaient responsables des changements cognitifs liés à l'âge. Par ailleurs, les fonctions exécutives sont associées au bon fonctionnement quotidien. Des faibles performances dans certaines fonctions exécutives peuvent notamment avoir pour conséquences, une augmentation du risque d'accidents de la route chez ces individus. De manière générale, les capacités cognitives débutent leurs déclins vers l'âge de 60-70 ans. Après 70 ans, ce déclin s'accélère et devient plus important. Enfin, le déclin exécutif augmente l'apparition de maladies neuro dégénératives. (Neurey Noém, 2018, p 14).

9- Les troubles des fonctions exécutives

Les perturbations des fonctions exécutives, dans le cadre d'un traumatisme crânien, d'un AVC ou certaines maladies infectieuses ou inflammatoires du cerveau telles que la méningite et l'encéphalite auto-immune .

Il y a aussi certaines maladies du métabolisme telle que la maladie de Wilson, certaines tumeurs cérébrales, tel qu'un anévrisme cérébral, les suites de diverses maladies neurologiques, et génétiques telles que l'épilepsie, la sclérose tubéreuse ou en plaque et la neurofibromatose (Campanella et Streel, 2008; Deslandre et al., 2004; Lechevalier, Eustache et Viader, 2008).

De toute autre étiologie pouvant entraîner une lésion cérébrale, peuvent s'exprimer à travers des manifestations comportementales ou socio-émotionnelles (défaut d'initiative, désinhibition comportementale, indifférence, difficultés d'empathie...) et des manifestations cognitives. Par conséquent, il est désormais communément admis qu'il faut distinguer le syndrome dysexécutif comportemental du syndrome dysexécutif cognitive. D'autant plus qu'ils peuvent se manifester indépendamment l'un de l'autre.

Selon les neuropsychologues (**Degiorgio, Fery, Polus et Watelet, p 16**) les personnes avec une atteinte des FE sont confrontées sur une base quotidienne à des difficultés à s'adapter dans les sphères familiale, sociale et professionnelle. Par ailleurs, il est possible de souffrir des conséquences d'une atteinte des FE sans avoir de lésion cérébrale. Par contre, ces auteurs indiquent que les altérations du système exécutif se présentent dans une moindre mesure. De plus, chez une personne saine, les dysfonctionnements du système exécutif sont moins invalidantes car elles surviennent beaucoup moins fréquemment et leur intensité est moins élevée.

(**Godefroy, Roussel-Pieronne et al.2004**) expliquent que la diversité des déficits exécutifs est due à la localisation de la lésion : un syndrome dysexécutif par lésion médio-basale entraîne typiquement des troubles comportementaux alors qu'une lésion latérale engendre surtout des troubles cognitifs.

De plus, ils ajoutent que les lobes frontaux sont interconnectés avec de nombreuses autres structures sous-corticales qui, lorsqu'elles sont atteintes, pourraient engendrer d'autres déficits fonctionnels similaires. La symptomatologie très variée dépend aussi de la nature de la lésion : un traumatisme crânien provoque une atteinte cérébrale diffuse alors qu'un AVC engendre généralement une lésion plus focale.

Dans cette partie seront décrites les perturbations des composantes qui impliquent les fonctions exécutives et qui concourent au contrôle cognitif des tâches nouvelles, chez les cérébrolésés, soit les troubles de l'inhibition, de la flexibilité mentale, de la mise à jour et de la planification d'actions.

❖ **Inhibition:**

Les altérations des mécanismes inhibiteurs se traduisent par des difficultés à s'empêcher de produire des actions inappropriées.

Pour (**Godefroy, Roussel-Pieronne et al. 2004**) , un déficit des mécanismes inhibiteurs s'envisage aisément pour rendre compte d'une impulsivité, d'une distractibilité ou d'une désinhibition.

En 1996, **Burgess** et **Shallice(adolphs,R.,baron-cohen,s,trancl,d.2000)**montrent, dans le Hayling Test, que les sujets avec lésion frontale, en condition inhibition, commettent un taux d'erreurs élevé et n'utilisent pas les stratégies employées par les sujets tout venants (nom d'objet présent dans la pièce ou proposition d'un mot en rapport avec la phrase précédente). Ces observations suggèrent donc que le syndrome dysexécutif perturbe l'inhibition d'actions automatiques, et que ce déficit est en lien avec une utilisation moindre de stratégies qui permettent le maintien de productions automatiques.

(**Godefroy ,O,lhullier,c,Rousseaux,1996**) mettent en relief, dan une épreuve chronométrique de type « Go/No-Go », que le taux d'erreurs plus élevé chez une population cérébrolésée frontale est en lien avec un déficit dans l'inhibition des réponses non pertinentes et avec un maintien inapproprié d'un schéma d'action automatisé.

❖ Flexibilité mentale

Les patients souffrant de lésions du lobe préfrontal peuvent perdre la capacité à adapter leur plan d'action à de nouveaux besoins.

(**Siéroff, 2009**) explique qu'un trouble de la flexibilité mentale, chez un sujet cérébrolésé, peut se manifester par des persévérations (répétitions inappropriées d'une règle opératoire utilisée antérieurement), un déficit dans l'élaboration de stratégies dans des tâches complexes, et encore davantage par des difficultés à modifier sa stratégie

(**Schnider, 2008**) précise que ce manque de flexibilité cognitive peut conduire le patient, dans une forme très grave, à un syndrome de dépendance à l'environnement : les actions du patient ne sont plus guidées par un objectif précis mais sont dépendantes des stimuli de l'environnement.

Ce syndrome induit chez le patient un comportement d'imitation, d'utilisation, et ses préhensions sont pathologiques (**Peskine, Chevignard et al. (2006)**)

❖ Planification:

Les déficits en planification peuvent se situer à différents niveaux : le maintien de l'objectif fixé initialement, la planification et la sélection des différents plans d'actions qui permettent d'atteindre ce but.

(**Schnider, 2008**), met en relief que ces échecs de séquençage sont particulièrement visibles lors d'une épreuve sans concept, et que cela peut conduire en vie quotidienne à des difficultés à anticiper, un manque de conscience des difficultés et une surestimation de ses capacités.

❖ Mémoire de travail:

Quelle que soit la conception théorique adoptée, il importe de souligner que les auteurs se sont accordés sur le fait que les troubles de la MDT peuvent

provenir d'une atteinte de processus de bas niveau ou/et d'une perturbation de contrôle de plus haut niveau. Cliniquement le handicap cognitif ne sera pas le même selon le niveau de traitement atteint. Les processus de contrôle (ou l'administrateur central pour Baddeley) constituerait le facteur principal déterminant les différences individuelles en MDT, leur fonctionnement semble corrélé à des tâches cognitives de haut niveau comme les mesures d'intelligence. Ainsi une atteinte de l'administrateur central est susceptible d'occasionner des troubles intellectuels plus invalidants de l'un des systèmes esclaves.

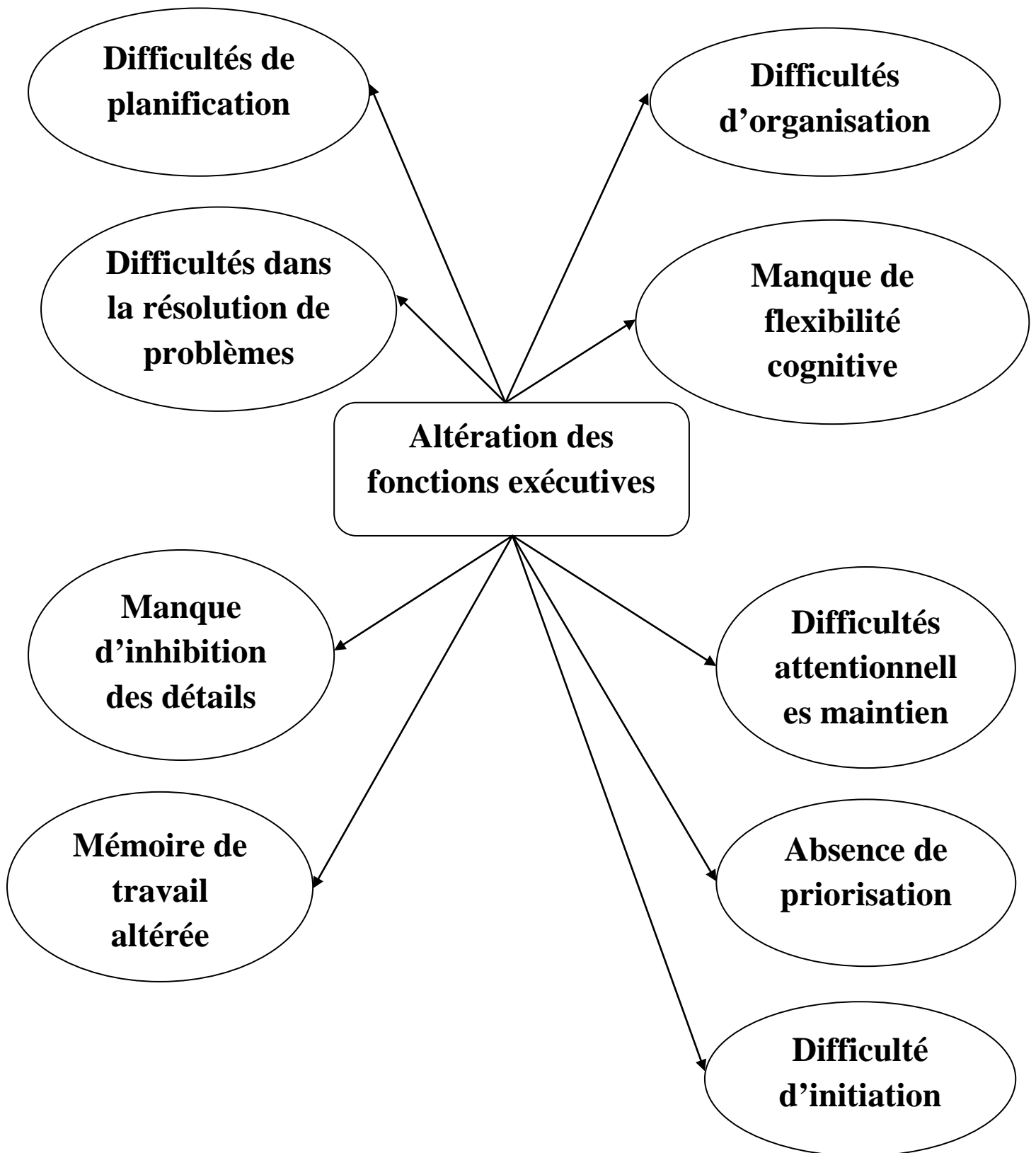
Chez un patient il importe donc d'explorer les différents processus impliqués dans la MDT ce qui suppose l'implication d'outils adaptés. **(Defer et Brochet, 2010, P. 108-109).**

Les troubles de la mémoire de travail limitent les capacités du patient à garder temporairement les informations actives à l'esprit, et les informations utiles pendant la réalisation d'une activité cognitive complexe, perturbant ainsi l'aptitude à coordonner plusieurs aspects d'une activité ou plusieurs tâches. Ces difficultés sont susceptibles d'irradier l'ensemble du développement cognitif et des apprentissages: lecture et écriture (automatisation des stratégies d'adressage et d'assemblage), calcul et résolution de problèmes (maintien des données numériques et engagement des opérations mentales), mémoire à long-terme (bénéfice limité l'effet de récence), quotidiennement, les troubles de mémoire de travail sont souvent apparentés à des problèmes d'attention. Le patient tend à « oublier » l'activité en cours ou la liste des choses à faire, ou parvient difficilement à se maintenir sur les exercices et les terminer (d'autant plus s'ils sont nombreux ou comportent plusieurs étapes). La compréhension des consignes est affectée au premier plan, avec de surcroît une tendance à perdre le fil du raisonnement. **(Arnaud, p09)**

<p>Raisonnement</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Troubles de choix, de la sélectivité, des stratégies - Résolution de problèmes - Sériations, classements - Problème a emboitements, étapes successives - Gestion simultanée de plusieurs éléments aux plusieurs données - Choix multiples <ul style="list-style-type: none"> - Échec a toutes les taches d'alternances 	
<p>Comportement</p>	<p>Défaut d'inhibition Trouble de l'attention Distractibilité majeur Impulsivité Rires émotive Défaut d'inhibition social (énurésie, masturbation public, etc.) Persévération (tripotage, alimentation etc.)</p>	<p>Excès d'inhibition Troubles de l'attention -apathie, absence général d'intérêt -absence d'initiatives - indifférence affectives -apragmatisme/adynamism</p>

Graphisme	Persévération (loops, gribouillages, échec aux figures alternées cf. figure de luria etc.)	Pas de production , ou grande pauvreté Agraphie totale (gribouillages, traits ou loopsisolés)
Langage	Echolalie, persévération, diffluences logorrhées, fuite des idées, parenthétisations successives, trouble de la pragmatique, incohérence du discours(cf "cocktail syndrome party ") -épreuve de fluence très pauvre -échec aux épreuves de récit	Réduction majeure, pseudo-mutisme (sans agrammatisme, ni déviance, ni trouble phonologique) -phrases minimale -réduction moindre en spontané, nettement aggravée en langage "contraint"
Mémoire	-troubles de l'attention/ motivation: fixation -troubles de la sélectivité du rappel (rappel libre): oublis, confusion, amalgame -ajouts d'intrus, de persévérations, diffluences. Oublis, rappel pauvre -troubles d'apprentissage	

Tableau.N04: le syndrome exécutives d'après michélemazeau



Altération des fonctions exécutives. (Jean-philippe piat, 2018).

10- Les troubles associés



Gagné, P.P., Leblanc N. et Rousseau, et Rousseau, A. (2009)

11-Les difficultés liées à l'évaluation des fonctions exécutives

Suite à l'élaboration de l'ensemble des tests neuropsychologiques, il est apparu que ces épreuves ne permettaient pas toujours de bien rendre compte des difficultés réelles des patients dans leur vie de tous les jours. En effet, malgré des performances adéquates aux tests classiques, certains présentaient des difficultés dans leur vie familiale et professionnelle. A titre d'illustration, **Eslinger** et **Damasio** dans un de leur cas clinique avaient pu observer qu'un patient testé plus de 6 ans après la résection d'un méningiome orbito-frontal étendu, obtenait un QI supérieur à 130 et réussit un grand nombre de tests, y compris certaines épreuves qui pouvaient être à l'époque considérées comme sensibles à un dysfonctionnement frontal. Cependant malgré les excellents résultats en test, son aptitude à organiser sa vie socioprofessionnelle était encore fortement altérée. **Shallice** et **Burgess** décrivent aussi trois patients traumatisés crâniens avec des lésions principalement frontales dont les performances à 13 tâches frontales sont normales, ou même supérieures à la moyenne mais qui conservent des difficultés majeures dans l'organisation de leur quotidien. (**Diehl P, Brun V, Azouvi, .p122**)

Certains auteurs ont suggéré que le caractère trop structuré des évaluations n'offrait pas toujours la possibilité d'observer les difficultés réelles des patients dans leur quotidien. En effet, il est possible de différencier d'une part « *les situations expérimentales de la neuropsychologie classique qui utilisent des tâches dont l'objectif est clairement déterminé, le déroulement linéaire, la durée relativement brève, le contexte hautement structuré, et d'autre part les situations naturelles de la vie quotidienne, où l'objectif dépend davantage des motivations du sujet, où plusieurs actions peuvent se dérouler en parallèle et sur des durées beaucoup plus longues, où le contexte est plus ouvert, les distracteurs plus nombreux et moins prévisibles* »(**Diehl P, Chevignard M. Poncet F. 2009, 27**)

Il est rarement demandé au patient d'organiser ou de planifier son comportement sur une période de temps plus longue et de réaliser des priorités entre diverses tâches, aspect qui est toujours présent dans le quotidien. Les tests créent en quelque sorte des situations artificielles, très encadrées qui n'admettent que très peu d'initiative de la part du patient.

Van der Linden (AzouviP,PerrierD, Van der Linden M,2000,p167) résume les différentes difficultés d'évaluation des fonction exécutives de manière générale en plusieurs points :

➤ Les évaluations exécutives restent difficiles à évaluer à cause d'un **manque de spécificité de la relation trouble/ lésion**. Comme il a déjà été évoqué précédemment, un déficit aux tâches exécutives n'est pas nécessairement lié à une atteinte frontale, et certains patients avec une lésion frontale obtiennent des résultats satisfaisants aux tests exécutifs.

➤ Les processus exécutifs sont de **type « amodal »** et ne peuvent être mesurés de façon directe et simultanée. De par leur fonction de contrôle et de coordination, ils sont dépendants du type de processus simplifié par la tâche.

➤ Comme les processus exécutifs sont requis dans des activités nouvelles, il est nécessaire d'évaluer le **degré d'expertise** de chaque personne face à la tâche proposée.

➤ Pour une même personne, différentes tâches exécutives mesurant le même processus ne sont pas altérées simultanément. L'**absence d'homogénéité** peut-être liée à la différence quantitative de ressources attentionnelles que comporte chacune des tâches, mais elle peut aussi être due au fait que divers processus qui sont regroupés actuellement pourraient être dissociés à l'avenir.

11- Fonction exécutives dans la SEP

(**Rao et al,1991**) ont été parmi les premiers auteurs à mettre en évidence un ralentissement de la **VTI** chez les patients **SEP** .Cette atteinte de la **VTI**semble précoce puisque présente dès le premier évènement neurologique. Dans **50%** des cas le **SDMT**était perturbé chez les sujets **SEP RR** récemment diagnostiqués (**Deloire et al .,2005**)

Le ralentissement de la **VTI** est un déficit central dans la **SEP** , largement reconnu et étudié. Toute fois, l'étude de cette composante se heurte à de nombreuses difficultés. En effet, la **VTI** est un concept un multifactoriel qui fait intervenir les processus de mémoire de travail en fonction des épreuves sélectionnées et rend difficile l'interprétation des déficits. Ces tests sont généralement soumis à des perturbée dans la **SEP**. Ils devraient donc être écartés afin de ne pas majorer le ralentissement et pénaliser le sujet

Dans la **SEP**, de nombreuses études se sont intéressées aux processus exécutifs et ont montré des perturbations(**Beatly et al (1996)**,

Malgré la variabilité des résultats, **15 à 20%** des patients **SEP** présenteraient une perturbation des fonctions exécutives (**Rao et Al 1991**). Ce pendant, l'évaluation "**exhaustive**" des processus exécutifs reste rare ne nous permettant pas de savoir si un profil spécifique de trouble exécutifs existe. "**Beatty et Al**"(1996) ont montré des déficits dans le concept de conceptualisation, de raisonnement abstrait ou encore une prise en compte réduite du feedback et des difficultés d'inhibition et de flexibilité mentale ont également été rapportés. (**Troyer et Al, 1996, Arnelt et Al (1997) chiaravalotliet Al 2008, Rogers et Al, 2007**),drew et Al (2008) ont réalisé une étude évaluant sur un même échantillon de nombreux processus exécutifs différents. Ils ont montrer que les patients ne présentaient pas un pattern spécifique de déficits exécutifs s'articulant autour de troubles de la flexibilité, de l'initiation verbale(flouence) l'inhibition et de raisonnement .Ces résultats rejoignent ceux d'autres études examinant les processus exécutifs de façon

moins exhaustive. L'évaluation de la flexibilité, de l'inhibition et de l'initiation repose sur des tâches chronométrées suggérant que le ralentissement de la **VTI** puisse être en partie responsable des déficits. (**Audrey Henry 2013, p. 74**)

Les troubles de la mémoire de travail sont observés à tous les stades de la maladie. Toutefois, elle semble plus altérée dans la **SEP SP** que dans la **SEP RR**. Les études en **IRFM** et en tenseur de diffusion ont permis de montrer que les patients, même à des stades précoces de la maladie, recrutaient des réseaux cérébraux différents. Ceci suggère la mise en place de mécanismes de compensation précocement au cours de la maladie que ce soit en termes de profils d'activation ou de connectivité (**Audoin et al 2003,2005,2007; Mainero et al, 2004; Wishart et al, 2004; Au Duong et al, 2005a,2005b,Cader et al.,2006**).

Des auteurs interprètent les troubles de la mémoire de travail comme un déficit à la fois de la boucle phonologique et de l'administrateur central. (**DeLuca , al 1994**) proposent plusieurs hypothèses pour expliquer les troubles de la mémoire de travail, d'une part, le ralentissement de la **VTI** seraient deux déficits indépendants. Quant aux patients sans troubles de la mémoire de travail, ils auraient davantage de réserve cognitive.

Certaines études ont mis en évidence un déficit de la boucle phonologique dans la **SEP** et plus particulièrement du processus de récapitulation articulatoire. En effet, cette boucle phonologique comprend un stock phonologique et un processus de récapitulation articulatoire (**Litvan et al 1988, Rao et al 1991a; Ruchkin et al 1994; Sweet et al 2010**).

L'étude dont il est question avait pour but d'évaluer les fonctions exécutives qui sont atteintes chez les adolescents souffrant de sclérose en plaques (**SP**) et

de déterminer les paramètres cliniques et neurologiques qui sont corrélés à l'atteinte des fonctions exécutives.

L'étude a été menée auprès de 32 adolescents atteints de SP (dont 26 jeunes filles) et de 20 témoins (dont 17 jeunes filles) appariés selon le sexe et l'âge. Lors de l'évaluation, les patients étaient âgés en moyenne de $16,2 \pm 2,1$ ans, et les témoins de $15,5 \pm 1,9$ ans. Les composantes des fonctions exécutives évaluées étaient les suivantes : maîtrise de l'attention/mémoire de travail, inhibition, flexibilité mentale, traitement de l'information et manifestations comportementales des fonctions exécutives (mesurées à l'aide du questionnaire BRIEF destiné aux parents). Des analyses de régression linéaire multiple ont été réalisées pour évaluer les corrélations entre les composantes des fonctions exécutives atteintes et certaines variables cliniques (âge auquel la SP est apparue, durée de la SP et nombre total de poussées) et relatives à la neuro-imagerie (volume des lésions dans l'ensemble du cerveau sur les séquences pondérées en T1 et en T2, et volume des lésions dans le lobe frontal en T2), en tenant compte de l'âge, du sexe et du QI. Les lésions en IRM multi-spectrale ont été segmentées grâce à une technique entièrement automatisée basée sur le théorème de Bayes, et des corrections manuelles ont été apportées au besoin.

Dans le groupe de patients atteints de SP, la SP était apparue en moyenne à l'âge de $12,1 \pm 3,7$ ans et se manifestait depuis $4,1 \pm 3,2$ ans, et le nombre moyen de poussées s'élevait à $3,3 \pm 2,1$. Les patients atteints de SP avaient un QI significativement moins élevé ($t = -3,63$, $P < 0,01$) que celui des témoins et ont obtenu des scores relatifs au traitement de l'information et à la flexibilité mentale significativement moins élevés que ceux des témoins. Chez les patients atteints de SP, une corrélation significative a été établie entre le volume des lésions dans l'ensemble du cerveau et dans le lobe frontal sur les séquences pondérées en T2 et toutes les mesures des fonctions exécutives,

avec des valeurs de r^2 comprises entre 0,43 et 0,46 ($P < 0,01$ pour toutes les mesures).

Conclusion de cette étude: Les fonctions exécutives des adolescents atteints de SP sont significativement réduites par rapport à celles des témoins. La corrélation qui a été établie entre l'atteinte des fonctions exécutives et le volume des lésions dans l'ensemble du cerveau et dans le lobe frontal a mis en évidence le rôle de l'activité inflammatoire dans le déficit des fonctions exécutives associé à la SP. (Travaux subventionnés par les Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC), la Société canadienne de la SP et la Fondation pour la recherche scientifique sur la SP. Recherche et programmes nationaux)

Chapitre 04

La rotation mentale

Introduction

La première partie : L'image mentale

- 1- Définition de l'image mentale.
- 3- Les modèles et l'image mentale
- 4- Les images mentales chez Jean Piaget
- 6- Différents types d'imagerie
- 7- la perception et l'image mentale

La deuxième partie : Rotation mentale

- 1- Définition de la rotation mentale

Les types

- 2- genèse de la rotation mentale des
- 3- Système de représentation imagées concernant en groupe et transformation (I. VH(2))
- 4- La nature des représentations, imagées à contenu spatial
- 5- Les apports de la psychologie cognitive
 - A. Le rapport de « Shepard »
 - B. Le rapport de « Marmor »

Conclusion

1-Définition de l'image mental:

l'imagerie mentale est un concept qu'il convient de définir afin de préciser notre champ de recherche. Ce concept a été de nombreuses fois défini, principalement en psychologie cognitive et dernièrement en marketing (**Helmr-Guizon 1997, Gavard-perret ,1987,et Lutz 1978, Holt 1964**).

En psychologie cognitive, l'imagerie mentale se définit comme une forme singulière de représentation mentale permettant à l'esprit humain de conserver et de manipuler l'information extraite de son environnement. C'est une modalité de représentation qui a pour caractéristique de conserver l'information perceptive sous une forme qui possède un degré élevé de stimulation structurale avec la perception.

Selon (**Wraga , Kosslyn2002, p. 466, cités dans Bonnal & Hillaire, 2014**) définissent l'imagerie mentale comme *la capacité à simuler une information dans son esprit alors que celle-ci n'est pas perçue par les sens à ce moment-* C'est une activité cognitive qui rend présent ce qui est perceptivement absent (s'orienter en voiture sans carte routière par exemple). Pour (**Kosslyn,1980**) évoquer mentalement une image consiste donc à activer des représentations internes, cette activation ne nécessitant aucune stimulation extérieure. C'est donc cette définition du terme « représentation mentale » que nous utiliserons dans la suite de notre étude.

D'après (**Ryan , Simons 1982, p. 41**), il s'agit d'une «activitépsychologique qui consiste à évoquer les caractéristiques physiques d'unobjet ou d'une situation en l'absence de ces derniers (absence temporaire ou permanente du champ perceptuel)». On la retrouve chez (**Piaget et Inhelder,1966**),où l'image n'est pas conçue comme un prolongement de l'activité perceptive,plutôt comme le produit de l'activité symbolique. Pour eux, le processus d'imagerie estessentiellement actif et constructif. Ils définissent l'image mentalecomme une «imitation active

intériorisée». Pour (**Paivio 1971, Denis 1975**), les activités perceptives sont sources d'imagerie mentale: l'image a une fonction de substitution, contrairement à ce qui se passe chez **Piaget** et **Inhelder. Denis**, qui a tenté plusieurs expérimentations sur la mémorisation de matériel figuratif et verbal, voit dans l'image mentale «les différents aspects imagés du signifié». **(Helme-Guizon ,1997)** propose de définir l'imagerie comme l'apparition en mémoire du travail d'une ou de plusieurs entités ayant une réalité propre, résultant de l'activation, sous l'impulsion d'un stimulus, d'un ou de plusieurs éléments d'information multisensoriels préalablement stockés en mémoire à long terme. Les images mentales se répartissent sur un continuum allant d'une image proche de la perception à une représentation phénoménologique complexe.

En (**Richardson, 1969**) propose une définition de l'image mentale, devenue classique dans l'histoire de la psychologie : il affirme que l'imagerie mentale fait référence à toute expérience quasi sensorielle ou quasi perceptive (c'est-à-dire toute représentation figurative d'états sensoriels ou perceptifs) dont nous pouvons avoir conscience et qui se développe en l'absence des conditions de stimulation connues pour produire son correspondant sensoriel ou perceptif authentique et dont on peut attendre qu'elle ait des effets différents de son correspondant sensoriel ou perceptif.

Cette définition nous conduit à penser que l'imagerie mentale se décline dans toutes les modalités que peut connaître la perception (**Finke, 1985**). Les images mentales peuvent donc être visuelles, auditives, olfactives, gustatives, cutanées, kinesthésiques et organiques (**Burns et al., 1993 ; Finke, 1985 ; Helme-Guizon, 1997**).

Le concept d'imagerie mentale se définit alors à deux niveaux de compréhension : une structure qui vise à conserver une information perceptive, et un processus de manipulation de l'information extraite de son environnement.

Selon (**Charmard 2000**), les images mentales font ainsi référence à une activité et à des entités, des structures des connaissances. (**Lutez , 1978**) définissent les images mentales comme "un événement impliquant la visualisation mentale d'un concept ou d'une relation".

Dans un concept français, (**Helme-Guizon ,1997**) propose à l'issue d'une revue de littérature mentale d'un concept ou d'une relation:

"L'imagerie mentale est définie comme l'apparition en mémoire de travail d'une ou de plusieurs entités ayant une réalité propre, résultat de l'activation, sous l'impulsion d'un stimulus, d'un ou de plusieurs élément(s) d'information multi sensorielle préalablement stocké(s) en mémoire à long terme, et éventuellement de leur combinaison les uns aux autres ou de leur intégration au stimulus. Les images mentales se répartissent sur un continuum allant d'une image proche du percept à une représentation phénoménologique complexe".

2-Les théories et modèles explicatifs des effets de l'imagerie mentale

❖ Théorie psycho-neuro-musculaire

La théorie de (**Jacobson ,1932**) a été une des première théorie expliquant les effets de l'imagerie mentale sur les performances motrices. Cette théorie dite psycho-neuro-musculaire est basée sur l'observation qu'au cours de l'imagerie d'un mouvement particulier, les mêmes muscles, voies neuro-motrices et motoneurones sont activés qu'au cours de l'exécution réelle de ce mouvement (**Boshker, 2001 ; Driskell, Cooper & Moran, 1994 ; Page, Levine, Sisto & Johnston, 2001**). Elle propose que lorsqu'un individu simule mentalement l'exécution d'un mouvement, des impulsions nerveuses sont envoyées du cortex

moteur aux muscles cibles. Ces impulsions, similaires mais plus faibles que celles produites au cours de l'exécution réelle d'action, seraient suffisantes pour produire des rétroactions proprioceptives utilisables pour renforcer le programme moteur correspondant aux actions simulées mais aussi pour permettre des régulations lors des essais ultérieurs (**Magill, 1998**).

Les résultats des expériences de (**Jacobson ,1931, 1932**) supportent cette théorie. En effet chez des sujets qui avaient comme consigne de s'imaginer réaliser des mouvements de flexion pour lever un poids avec leur bras droit, l'auteur a enregistré des micro-contractions au niveau du biceps dans plus de **90%** des essais. Cependant, au cours de l'imagerie, l'amplitude des micro-contractions était une fraction de celle observée en pratique réelle. Ces résultats ont été confirmés par des études plus récentes qui ont mis en évidence une activité électromyographique limitée aux muscles participant aux actions mentalement simulées et proportionnelle à la quantité d'effort imaginé (**Bakker, Boschker & Chung, 1996 ; Boschker, 2001 ; Hashimoto & Rothwell, 1999 ; Weiss & Hansen, 1994**)

Cependant, selon (**Kohl, Roenker ,1983**), l'activité neuro-musculaire enregistrée au cours de la simulation mentale d'un mouvement n'est pas un argument suffisant pour expliquer les effets positifs de ce type de pratique sur la performance. De plus, selon (**Schmidt ,1993**), l'activité neuro-musculaire mesurée au cours de la pratique en imagerie n'a pas la configuration de celle enregistrée en pratique réelle. Cette activité ou « résidu d'activité musculaire » serait le résultat d'une inhibition incomplète de la commande motrice (**Jeannerod, 1994**).

❖ **Théorie de l'apprentissage symbolique**

La théorie de l'apprentissage symbolique (**Sackett, 1934 .Savoyant, 1986**) considère l'imagerie mentale comme étant une activité à caractère hautement

symbolique. Elle propose que l'imagerie permet la répétition cognitive des différentes composantes de la tâche tout en prenant en compte les caractéristiques spatiales de celle-ci, les problèmes potentiels ainsi que les buts. Selon (**Wrisberg ,Ragsdale 1979**), l'imagerie reflète la mise en oeuvre d'un plan d'action élaboré au niveau central. Elle a donc (au moins) en commun avec la pratique physique l'étape de planification des actions (**Fitts , Posner, 1967**). La théorie statue enfin que l'imagerie est plus efficace pour des tâches à dominantes cognitives que pour des tâches purement motrices car elle attribue essentiellement l'efficacité de l'imagerie au traitement cognitif qui accompagne cette activité

Plusieurs études ont obtenu des résultats en accord avec cette théorie (**Feltz ,Landers, 1983**) pour revue. Par exemple,(**Ryan , Simons ,1983**) ont comparé l'acquisition d'une tâche très cognitive, facile à apprendre avec celle d'une tâche moins cognitive, difficile à apprendre. Les tâches consistaient à reproduire une forme géométrique en tournant des molettes qui bougeaient un stylet soit de façon horizontale, soit de façon verticale. La tâche simple consistait à utiliser une seule main pour reproduire une forme simple, tandis que la tâche complexe consistait à utiliser les deux mains afin de déplacer le curseur en diagonale pour reproduire des formes géométriques plus complexes. Ces deux tâches étaient réalisées soit en pratique physique soit en pratique en imagerie. Les auteurs ont fait l'hypothèse que si l'imagerie était un processus essentiellement cognitif, alors l'apprentissage de la tâche facile à dominante cognitive bénéficierait plus d'une pratique en imagerie que la tâche difficile à dominante motrice. Comme prédit, la performance obtenue suite à une pratique en imagerie était supérieure à celle obtenue sans pratique mentale uniquement pour la tâche simple.

Cette théorie est appuyée par de nombreux travaux qui ont mis en évidence que l'imagerie activait des aires cérébrales connues pour leur rôle dans la programmation et la planification (**Jeannerod, 1999 pour revue**).

❖ Théorie bio-informationnelle de Lang (1979)

La théorie bio-informationnelle de Lang (1979) est une théorie intégrative basée sur la conception de (Pylyshyn, 1973) qui considère que les images sont des structures propositionnelles logiques ou verbales. Cette théorie donne une grande importance aux paramètres psycho-physiologiques et considère que l'imagerie et le comportement observable sont en étroite interaction. Selon (Lang, 1985), l'imagerie mentale proviendrait de la capacité du cerveau à produire des informations et serait très précisément organisée en trois niveaux stockés en mémoire à long terme : la proposition de stimulus, la proposition de réponse et la proposition de signification. La proposition de stimulus, regroupant le contenu du scénario à imaginer, s'appuierait sur les informations visuelles et verbales et fournirait des informations sur l'environnement imaginé. La proposition de réponse associerait aux comportements des réponses physiologiques ainsi que des paramètres verbaux. Enfin la proposition de signification contiendrait des informations sur le sens des stimuli ainsi que sur les conséquences des actions.

La théorie bio-informationnelle semble être à cheval entre d'une part la théorie de l'apprentissage symbolique car elle attribue à l'imagerie mentale une fonction de traitement cognitif des informations avec la proposition de stimulus, et d'autre part la théorie psycho-neuro-musculaire car l'imagerie faciliterait l'utilisation des informations neuromusculaires avec la proposition de réponse. Cependant, contrairement aux modèles de double codage comme le modèle (ALI d'Annett, 1988, 1994), la théorie bio-informationnelle n'évoque pas clairement le lien que l'imagerie permettrait de faire entre l'action et les autres formes de traitement de l'information comme le langage (Hall, 2001).

❖ Modèles de double codage

Dans son modèle, **(Paivio 1969, 1971, 1975)** a contribué à donner à l'imagerie mentale une légitimité nouvelle en développant l'hypothèse du double codage. Il existerait ainsi deux « systèmes de codage » ou « modes de représentation symbolique » qui régiraient l'activité psychique. Le premier est le format imagé. C'est un système de représentations figuratives, basé sur une « sémantique de la ressemblance » dont le développement est lié à l'expérience perceptive de l'environnement. Il est composé de représentations mentales imagées d'objets et de leurs transformations qui se rapprochent des perceptions sensorielles et qui ne sont donc pas seulement visuelles. Le second est le codage verbal. C'est un système de représentation abstrait de forme propositionnelle qui est lié à l'expérience que l'individu a du langage. Il consiste en une symbolisation linguistique de l'information sous forme de mots, phrases et textes. Selon **(Paivio ,1975)**, la mise à disposition des informations sous différents formats de représentation permet d'alléger le travail de la mémoire de travail ainsi que la charge cognitive.

❖ **Le modèle analogique:**

Contrairement au modèle propositionnel **(Pylyshyn, 1973)**, les travaux de **(Kosslyn ,1973)** ont permis d'expliquer les rapports existant entre la perception et l'imagerie mentale . L'auteur a ainsi proposé qu'il y aurait une analogie fonctionnelle entre la structure de l'image mentale et celle de l'objet. Les images mentales seraient des représentations qui entretiendraient avec l'objet une correspondance analogique non arbitraire, c'est-à-dire qu'à chaque partie de l'objet correspondrait une partie de la représentation conservant les caractéristiques structurales de l'objet (distances et tailles relatives par exemple) **(Kosslyn, 1980)**. L'étude de **(Kosslyn, Ball et Reiser, 1978)** est à la base de la théorie analogique.

Pour **Kosslyn** l'imagerie mentale contient des processus qui génèrent, rafraichissent, maintiennent, inspectent et transforment l'image. Il propose un modèle de l'imagerie mentale qui, dans sa version de **1994**, contient sept sous-systèmes indépendants mais interconnectés :

- Le buffer visuel traiterait ici des informations visuelles en provenance de la rétine tout en servant de support aux représentations imagées. Il permet de rendre accessibles les informations implicites relatives aux propriétés visuelles des objets encodés en mémoire visuelle
- Ce buffer contient plus d'information qu'il n'est possible d'en traiter à un moment donné. Une « fenêtre d'attention » mobile sélectionne donc la région du buffer qui fera l'objet du traitement ultérieur.
- Cette partie sélectionnée va ensuite être traitée par le système « d'encodage des propriétés de l'objet » correspondant à la voie ventrale et qui répond à la question « quoi ? » et le système « d'encodage des propriétés spatiales » qui correspond à la voie dorsale et répond à la question « où ? ».
- Les informations provenant de ces deux systèmes convergent vers la « mémoire associative » amodale où elles sont reliées l'une et l'autre et associées à d'autres informations concernant l'objet (nom, catégorie...).
- Le « système de recherche d'information » sonde cette mémoire pour y trouver une propriété distinctive de l'objet candidat ainsi que sa localisation.
- Cette localisation est transmise au système de déplacement de l'attention qui commande les mouvements de la fenêtre d'attention.

Il semble nécessaire de clarifier les termes de représentation mentale et d'image mentale. Les représentations mentales correspondent à une actualisation par des expériences perceptives des informations contenues dans la mémoire à long terme. Lors de la réalisation d'une tâche, elles vont passer dans le buffer visuel sous forme d'image mentale qui pourra être traitée (générée, maintenue, transformée...).

Les images mentales semblent être des représentations analogiques des événements perçus, l'analogie avec la perception s'explique par la communauté des structures neuronales sollicitées.

Les images mentales chez Jean Piaget

Les images mentales sont un concept important dans la théorie de Jean Piaget. Il refuse la conception de l'image, trace résiduelle de la sensation ou simple prolongement de la perception mais attribue un statut symbolique à l'image, mentale. Il étudie le développement de l'image mentale en fonction du développement cognitif de l'enfant.

L'apparition des images est liée pour "**J. Piaget**" à l'apparition du langage ou fonction symbolique entant différenciation des objets ou événements non actuellement perçus.

Dans l'hypothèse de la connaissance-copie, l'image est une copie de l'objet, qui est censé être donné tout organisé et avec toutes ses propriétés, elle constitue alors un instrument essentiel de la connaissance elle-même. Dans l'hypothèse qui sera la notre, d'une connaissance- assimilation, l'objet n'est connu que conceptualisé à des degrés divers. L'image reste bien toujours le produit d'un effort de copie concrète et même simili-sensible, mais cette copie demeure fondamentalement symbolique puisque la signification effective est à chercher dans le concept. (**J. Piaget, et B. Inhelder, 1966**)

Les images reproductrices anticipatrices selon Jean Piaget

Jean piaget et Inhelder différencie deux types d'images : Les images reproductrices et les images anticipatrices.

- ❖ **Les images reproductrices** : représentent des objets ou événements absents que le sujet a déjà rencontrés, vus ou vécus : les images

anticipatrices représentent des objets ou des événements non perçus antérieurement.

Les images reproductrices évoquent des scènes, objet ou événement connus du sujet. Elles peuvent être statiques, cinétique ou de transformations. (**Pr : Piaget et Inhelder, 1966**).

- **Les images statiques** concernent un objet ou une configuration immobile comme, par exemple, l'image d'un objet familier statique, d'une droite.
- **Les images cinétiques** évoque un objet en mouvement au cours duquel l'objet conserve sa forme initiale, par exemple la représentation de deux objets qui se déplacent à la même vitesse et se croisent.
- **Les images transformations** « figurent » des modifications déjà connues par la personne, par exemple, la transformation d'un arc en droite pour un enfant qui a déjà vu cette modification avec un fil de fer. (**Elizabeth, G, P 32**)

❖ **Les images anticipatrices :**

Les images anticipatrices cinétiques représentent des déplacements d'objets non perçus antérieurement par la personne

Un enfant voit un tube dont l'extrémité rouge est à sa droite et l'extrémité bleue est à sa gauche : il doit se représenter le tube après une culbute, c'est-à-dire une rotation de 180° avec permutation de l'extrémité bleue par rapport à la position de départ. L'enfant anticipe mentalement la rotation du tube qui ne change pas de forme au cours de la culbute.

les images anticipatrices de transformations concernant des déplacements avec des changements de formes comme les problèmes de pliages : plier deux fois une feuille carrée en deux parties égales enlevé d'un coup de ciseaux le point

d'intersection des plages et imaginer avant de déplier qu'on verra un seul trou au centre de la feuilles tandis qu'en pliant trois en deux, on verra deux trous.

Dans l'anticipation des transformations, l'image joue pour la majorité des sujets un rôle d'instrument de représentation indispensable. (**Grobctet, p. 32**).

Différent types d'imagerie

De nombreuses typologies d'images mentales ont été proposées. La plus ancienne met en évidence la distinction, qui deviendra classique, entre les images de mémoire et des images d'imagination (**Per Ky, (1910)** ; **Vinacke, (1952)**, cités par **Deny, (1989)**). Comme celle de **Richardson (1969)**, comptent quatre formes d'imagerie, en fonction du degré vivacité et contrôle des images :

- **La post-imagerie :** (ou imagerie consécutive) est la persistance momentanée d'un état sensoriel induit par un stimulus bref et intense, ou encore le stockage en mémoire à très court terme d'une image rémanente consécutive à la projection tachistoscopique d'un stimulus.
- **L'image éditique :** est une netteté quasiment hallucinatoire, vive, détaillée, mais difficilement contrôlable, que peu de personnes sont capables d'expérimenter.
- **L'image d'imagination :** est vive, mais également difficilement contrôlable est elle concerne la formation d'objets non perçus antérieurement.
- **L'image de mémoire :** ou pensée, consiste en la production mentale d'une perception ou impression, en l'absence de l'objet lui ayant donné naissance. Elle a reçu plus d'attention et certaines définitions ne renvoient d'ailleurs qu'à l'image de mémoire, ainsi, (**Holt ,1964**) définit l'image comme « une représentation subjective atténuée d'une sensation ou perception, sans la sollicitation sensorielle correspondante. (**Marie,L. Perret,AgnésH, p. 69**).

Perception et image mentale

Une des fonctions intéressantes de l'imagerie mentale consiste à servir de substitut à des perceptions motrices ou kinesthésiques. Différente recherche montrent visualiser une scène complexe et la voir en les mêmes régions d'activation corticale "Farah" (1989), "Koslyn" (1994), "Le bihan" et "Al" (1993), à partir de techniques d'imagerie cérébrale (pet) ont découvert que la carte du champ visuel est dans l'aire du cerveau nommé V1. Les expérimentations sur des macaques ont montré qu'en présentant un ensemble de lumière clignotantes dans le champ visuel d'un macaque, après l'absorption du 2-DG (désoxy glucose radioactif). Relève une carte du champ visuel dans l'aire V1. (Santarpia, Lanchet et al 2007).

Bases neurocognitives d'imagerie : anatomie fonctionnelle:

L'imagerie mentale a été la cible de nombreuses recherches en neuro-anatomie, afin de faire avancer les connaissances de l'anatomie fonctionnelle de ce système cognitif encore plein de mystères. Les différents travaux expérimentaux menés étaient issus d'approches diverses, telles que la psychologie expérimentale, la neuropsychologie, ou l'imagerie anatomo-fonctionnelle. Chacune de ces approches a replacé l'imagerie mentale au cœur de la vie psychique, insistant également sur son interaction étroite avec les autres grands systèmes cognitifs, à savoir la perception visuelle, le langage et la mémoire.

Si dès l'Antiquité les philosophes se sont intéressés aux images mentales, ce n'est qu'à partir du XIXe siècle que leur étude prend une dimension scientifique. Ce n'est qu'au début du XXe siècle que Jacobson observe scientifiquement ce phénomène : en enregistrant l'activité nerveuse commandant les muscles fléchisseurs du bras, il démontra que le simple fait de s'imaginer fléchir le bras entraînait des micro-contractions dans les muscles impliqués dans cette action. Il émit alors l'hypothèse que les images mentales sont un double de la réalité, puisqu'elles activent des régions similaires à celles mises en œuvre lors

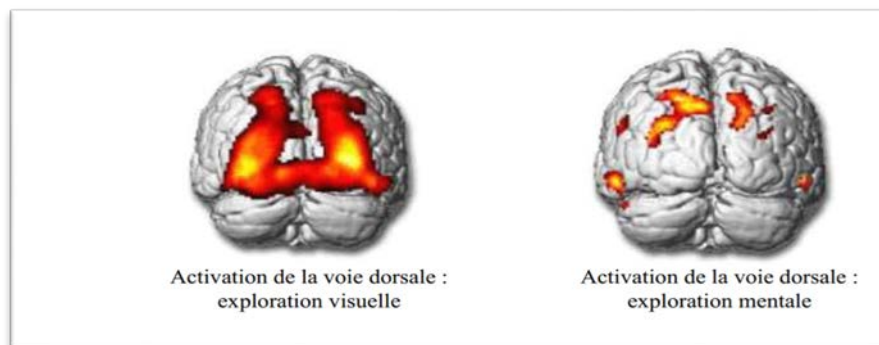
de la réalisation réelle du mouvement. Les recherches en psychologie ont ensuite montré, notamment par les travaux de (Pylyshyn, 1973) que le temps mis pour effectuer mentalement des actions était proportionnel à celui nécessaire à leur réalisation réelle. Dans les années 1990, les techniques d'imagerie cérébrale ont permis de faire la démonstration du fonctionnement nerveux associé à l'imagerie mentale : en effet, la représentation mentale du mouvement active des zones du cortex qui correspondent aux territoires corticaux activés pendant l'action réelle.

Les différentes voies impliquées:

❖ Voie dorsale

La voie dorsale est également appelée occipito-pariétale. Elle entre en jeu dans la perception spatiale, et permet de déterminer où se trouve ce que nous regardons et quelles en sont les caractéristiques spatiales (Où sont placés différents objets dans une scène les uns par rapport aux autres, par exemple). Il a été montré que cette voie peut intervenir en l'absence de toute entrée visuelle. En effet, une expérience d'imagerie cérébrale fonctionnelle a été mise en place afin de mesurer cela. L'expérience est découpée en deux parties :

- Une tâche d'exploration visuelle d'une carte représentant une île,
- Une tâche d'exploration mentale d'une carte (« île imaginaire »)



Ainsi, comparées à une condition de repos, ces deux situations montrent des activations pariétales. Cette expérience permet donc de conclure que la voie dorsale, spécialisée dans le traitement des informations visuo-spatiales, intervient également concernant les aspects spatiaux des images mentales.

❖ Voie ventral

La voie ventrale, ou occipito-temporale, permet la reconnaissance des objets. Elle permet de répondre à la notion sémantique de ce que l'on observe. C'est la voie du « quoi » ou du « qui ».

La plupart des études en TEP (Tomographie à émission de positons) ou en IRMf (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle) concernant la génération d'images mentales d'objets ont montré des activations dans le gyrus temporal inférieur ainsi que dans le gyrus fusiforme adjacent. Or on sait qu'une catégorisation des différents objets est faite : les études montrent que ces classifications sont également réalisées dans le domaine de l'imagerie. Katherine O'Craven et Nancy Kanwisher ont comparé l'activation de deux aires lors d'une tâche d'imagerie mentale de visages, et lors d'une tâche d'imagerie mentale de lieux. Dans la première tâche, c'est l'aire FFA (fusiform face area) qui est activée, alors que dans la deuxième, c'est l'aire PPA (parahippocampal place area). Ces résultats sont appuyés par ceux de Ishai et al. qui ont montré que l'imagerie mentale de chaises, de maisons et de visages implique les mêmes aires que celles qui sont activées lors de la perception visuelle de ces catégories d'objets.

Ainsi, les voies dorsales et ventrales sont aussi bien impliquées dans les tâches de perception que dans les tâches d'imagerie. Il est cependant important de noter que lors de ces deux tâches, le sens du flux d'information est contraire :

- Pour la perception, l'information part des aires visuelles primaires pour aller vers les aires visuelles associatives, et enfin vers les aires intégratives (traitement dit « de bas en haut »).
- Pour l'imagerie mentale, l'information part des aires intégratives pour aller vers les aires associatives (traitement dit « de haut en bas »).

La deuxième partie : Rotation mental

1- La définition de la rotation mentale

La rotation mentale (**RM**) est une capacité qui consiste à faire tourner mentalement une image en **2** ou **3** dimensions. Ses relations avec les processus moteurs restent controversées. Entre stratégie interne ou égocentrique et stratégie externe ou visuelle, entre l'activation des régions motrice et des régions visuelles, les résultats restent contradictoires. La question de l'activation des régions motrice attestant des processus moteurs nécessaires à la résolution des problèmes de la rotation mentale ou simple reflet de la planification et l'exécution d'une réponse motrice n'a pas encore reçu de réponse définitive. On ne sait pas non plus précisément si la capacité de rotation mentale est liée à l'expérience professionnelle, motrice, ou sportive. (**Nody Hoyek, C. Collet, A. Guillot Hal Id, 26/04/2018**).

La rotation mentale est un processus cognitif de transformation élaboré, elle nous permet de juger de la similitude ou de la différence entre deux objets, et sert à la planification mentale des actions et à l'anticipation des résultats perceptifs et donc des conséquences de nos actions. La rotation mentale intervient tant dans le facteur visualisation spatiale que dans le facteur orientation spatiale, c'est pourquoi il semble admis qu'elle puisse intervenir dans une tâche éminemment spatiale tout aussi bien que dans d'autre tâche de résolution de problèmes.

Des pré-requis semblent essentiels au bon fonctionnement de cette compétence, des capacités perceptives, mnésiques et cognitives qui sont :

- fixer mentalement l'information perçue et lui faire subir des transformations mentales dans la mémoire de travail,
- stocker en mémoire à long terme une représentation de l'expérience perceptive. C'est-à-dire des capacités de représentations mentales. (**enteric, 2010**)

2-Deux types de rotations mentales

En 1986 ; pécheux et streri deux types de rotations mentales :

- l'une est basée sur l'orientation des objets par rapport à l'observateur, elle fait référence à « **l'espace des objets** » qui est basé sur les propriétés de l'objet et permet de le reconnaître quelque soit son orientation dans l'espace.

Cette forme de rotation mentale est dite « **d'orientation** », elle est utilisée chez les plus jeunes enfants (**lejeune ; 1992**).

En effet les expériences de **Narmor (1975-1977)** montrent qu'ils en sont capables des "4"- "5" ans.

- L'autre est basée sur la position des objets dans le champ visuel de l'observateur, et fait référence à "**l'espace des positions**" qui est basé sur l'anticipation de la position dans l'espace d'un objet ayant subi un déplacement en rotation. Cette forme est dite de « **positionnement** », elle est la plus efficace et se développerait plus tardivement comme le suggèrent les expériences de (**Courbois 1998**) et celles de (**Dean , Green 1983**).

D'après **L'aurendeau et Dinard en 1968** et **Coie, Costan Zo et Farnill en 1973**, il y aurait deux étapes dans le développement des stratégies de positionnement : d'abord la restitution de distances, et plus tard celle des relations droite/gauche l'évolution des capacités de rotation mentale progresse donc de « **ce qui est vu** » à « **comment les objets soient vu** » et enfin à « **où les objets sont** ». (**Enteric Maryon, Vilotitch lara,2010**).

3-Mécanismes de la rotation mentale :

La rotation mentale doit prendre en compte un certain nombre de critères qui déterminera la rapidité d'exécution et le niveau d'efficacité de ce processus : elle doit respecter les critères de forme, de dimension, d'orientation du dispositif à transformer. Elle doit tenir compte du contexte dans lequel la représentation mentale de l'image a été réalisée. Et enfin elle doit respecter l'intégrité structurale du dispositif : les structures intrinsèques comme les axes de symétrie, l'allongement ou l'orientation habituelle sont les bases à partir desquelles nous saisissons l'apparence des objets (Rock, 1973 ; Shepard et Cooper, 1982). Ces axes sont transportés avec l'objet alors que son orientation change en fonction de certains cadres de référence. Par exemple, un animal possède un devant, un derrière, un dessus, un dessous, une gauche, une droite identifiables peu importe sa position. (entéric,2010)

4- Genèse de la rotation mentale chez Piaget

Dans leur ouvrage consacré à l'image mentale (Piaget,Inhelder,1966) ont développé la thèse selon laquelle l'imagerie évoluerait en fonction du développement de l'intelligence conceptuelle ou opératoire la question était de savoir si la compréhension logique de l'espace, des opérations de mesure et des systèmes de références spatiales, constituait un pré-requis imager des mouvements et des transformations ou si cette représentation mentale pouvait être accomplie seulement par une figuration imaginative. Sur la base de nombreuses données empiriques, les auteurs concluent que la transformation ou le mouvement d'une image requiert l'intervention de l'intelligence opératoire et ne se suffit pas d'accommodations initiales. L'image mentale est intrinsèquement liée aux représentations à contenus dynamiques tels que les mouvements ou les transformations ceux-ci pouvant pas être accomplis au niveau figural mais requérant la construction de relation d'ordre entre divers

positions qui peuvent seulement être apportées par des opérations spatiales-en conséquence, les images cinétiques et transformationnelles ne sont disponibles qu'au moment où l'intelligence devient opératoire.

Pour **Piaget** et **Inhelder**, il est évident que la formation anticipatrice ne s'explique pas par un assouplissement interne des images anticipatrices.

Le caractère statique des images avant 7-8 ans tient à la pensée préopératoire qui néglige les transformations au profit des configurations ou états.

En ce qui concerne les anticipations imagées cinétique ou de transformations, il est nécessaire de faire appel aux opérations pour quatre raisons :

- ❖ Si la constitution des opérations est nécessaire pour comprendre les transformations ou les déplacements reliant les états statiques entre eux, alors il est naturel que l'enfant cherche à s'imaginer ces mouvements ou transformations.
- ❖ Les opérations conduisant à des déductions et à des anticipations, elles ne demeurent pas sans contenu, et s'accompagnent de représentations imagées, d'où les images anticipatrices.
- ❖ Toute anticipation imagée de mouvements ou de transformation suppose un ordre de succession des images en leur déroulement, or un tel ordre relève d'une sériation opératoire.
- ❖ Enfin, les images anticipatrices supposent fréquemment un cadre de conservation et seule l'opération peut constituer un tel cadre.

Piaget et **Inhelder** ne peuvent donc pas considérer l'évolution des images comme autonome en tant que ne dépendant que de facteurs relatifs à l'image elle-même.

A partir du moment où la pensée de l'enfant devient capable d'analyser des entités spatiales simples et que la réversibilité opératoire lui permet de construire

ces entités dans un ordre inverse ou de les imaginer après une rotation, s'élabore alors un espace projectif dans lequel les différents points de vue de divers observateurs peuvent se coordonner. Les relations "à gauche de", "à droite de", "devant", "derrière", sont fonction du point de vue de l'observateur. Au même moment les opérations de mesure se développent avec l'élaboration d'une métrique définissant une unité de mesure. La coordination des points de vue au niveau représentatif, comme la structuration métrique au niveau opératoire, s'achève avec l'établissement d'un espace euclidien et avec la généralisation de la mesure à des systèmes référentiels de coordination, naturels et arbitraires. Selon (**Piaget , Inhelder, 1948**), les coordonnées de l'espace projectif établissent pour tout objet un large réseau consistant en relations d'ordre appliquées aux trois dimensions à la fois : chaque objet est coordonné aux autres dans un rapport gauchedroite, dessus-dessous et devant-derrière. Une construction spontanée de ce réseau permet d'orienter les figures et de contrôler les mouvements dans l'espace.

5- Système de représentations imagées concernant un groupe de transformation spatiale (I. VHR)

"Gréco" (1964) à étudié un groupe de transformations spatiales et notamment le système de représentation imagées le concernant. Ce groupe qu'il appelle **I.VHR** comprend la transformations identique **I**, qui consiste à ne pas déplacer la figure, la rotation plan de **180°** désignée par **R**, et les rabattements ou rotations de **180°** hors du plan autour d'axes horisentaux ou verticaux désignés par **H** et **V**. (**Figure 1**).

		V
	p	d
H	B	q

Figure 1 : Groupe des quatre transformations de la lettre p (Gréco, 1964)

Le principe de la recherche de Gréco est le suivant : soit une figure **F**, une transformation spatiale **T** et soit **F'** la transformée de **F** soit **T'** ; (1) étant données **F** et **T'** ; imaginer **F'** et (2) étant donnée **F** et **F'** imaginer **T**.

Ses problèmes ont été d'abord étudiés sur des lettres de l'alphabet (**b, d, p, q**) et sur une étoile à cinq branches colorées.

Les résultats permettent de distinguer cinq (5) stades avec réussite dès 9 – 10 ans. Un stade **O**, avant 6ans, où l'enfant s'il arrive à imaginer parfois un déplacement, ne peut pas l'appliquer aux différentes parties de la figure qui est ainsi déformée. Les enfants de ce niveau ne réussissent majoritairement pas ces épreuves, l'erreur typique consiste à laisser la figure inchangée. Au stade 1, de 6 à 7 ans environ, Gréco note un progrès mais il ya encore manque de coordination, aussi bien dans la structuration statique des figures que dans celle des déplacements.

Les enfants substituent fréquemment un rabattement à un autre (soit **V/H** ou **H/V**). La double permutation correspondant à **R** n'est pratiquement jamais réalisée. Le stade **II**, vers 8-7 ans, semble marquer sur le précédent un simple progrès quantitatif. Mais l'analyse

du type d'erreurs montre que les enfants qui utilisent une analyse déjà méthodique des figures, mais partielle seulement, et un maniement quasi-opérateur des transformations, mais également incomplet. Ce niveau **II** représente une forme d'organisation supérieure des intuitions figurales et des transformations. Notamment lorsque les enfants ont à anticiper la transformation, ils remplacent désormais un rabattement à la rotation (soit **V/R** ou **H/R**) ou la rotation à l'un des rabattements (soit **R/H** ou **R/V**).

Au stade **III**, vers 8-9ans, le bénéfice des procédés d'analyse inter figurale en terme de déplacements et non plus d'action sur les objets physiques, va se marquer plus positivement par des réussites plus nombreuses. Les progrès de

l'analyse inter figurale consistent en une systématisation qui requiert et autorise à la fois un progrès de l'analyse des déplacements. **(Gréco, 1964)**

Enfin, vers 11-13 ans, on trouve l'ensemble des compositions, des identités et propriétés caractéristiques des compositions, des identités et propriétés caractéristiques du groupe à quatre transformations. **I.VHR** Gréco précise que si l'on peut parler de structure, c'est un titre d'une organisation représentative et **I.VHR** n'est que la description formalisée des coordinations internes de la représentation imagée. Pour Gréco, ces cinq stades renseignent sur la construction d'un groupe, non pas comme structure abstraite, mais comme système implicite de coordinations des représentations opératoires. Cependant il ne pense pas pouvoir ici faire la part de ce qui revient à l'image et de ce qui revient aux opérations. Le groupe de transformations spatiales va d'une organisation opératoire de l'espace, grâce à la coordination des actions exercées sur les objets mais accommodées aux propriétés de ceux-ci. Gréco conclut que les structures géométriques sont une construction des structures générales dans et par le développement de la représentation imagée. Mais l'étude de Gréco montre combien il est difficile de faire équitablement la part de l'image et la part de l'opération. Il est ainsi amené à conclure que la représentation intuitive est simultanément imagée et opératoire, tout en précisant en même temps que ceci est vrai et seulement vrai pour ce type de situation particulière. **(Gréco, 1964)**

6- La nature des représentations imagées à contenu spatial

A l'aide du problème de l'anneau de **(Moebius, Gréco 1964)** cherche à savoir si l'intuition figurable suffit à produire des représentations spatiales et à les organiser, en prolongeant le percept, ou si au contraire, leur progrès et leur organisation interne sont fonctions de coordinations analogues à celles qui construisent les opérations logico-mathématiques.

(Gréco, 1964) suggère que les représentations imagées exigées par ce types de tâches sont subordonnées aux invariants de la pensée opératoire. C'est pourquoi il conclut que l'image mentale au moins dans les situations où il faut anticiper l'effet des transformations complexes est une image "**raisonnée**".

On le voit, les observations et les conclusions de Gréco sont en tout point en accord avec la thèse de Piaget.

La représentation imagée d'une transformation, nécessite le recours à la pensée opératoire.

7-Les apports de la psychologie cognitive

7-1Le paradigme expérimental de Shepard

Le paradigme expérimental de **Shepard** : Le paradigme expérimental imaginé par (**Shepard et Cooper, 1982**), étudie le processus de représentation de la rotation d'une figure. La tâche des sujets de l'expérience princeps consiste à comparer deux solides présentés en perspective. Chaque solide est constitué de dix blocs cubiques juxtaposés, coudé à angle droit en trois points (figure 1). On apprend d'abord aux sujets à différencier la figure standard de sa transposée en miroir. Ensuite, les stimuli tests correspondant à une des deux formes sont présentés avec des écarts angulaires variés par rapport à la figure standard. La tâche des sujets consiste à indiquer si le stimulus test est le même ou non que le stimulus standard, en appuyant sur l'une des deux clefs de réponse. Dans le cadre de ce paradigme, on observe que les temps de décision sont liés aux écarts angulaires par une fonction linéaire. Cette fonction est interprétée comme la manifestation d'un processus de rotation mentale par lequel le sujet fait coïncider une représentation du stimulus test avec le stimulus standard. Pour démontrer l'analogie entre rotations mentales et rotations réelles, (**Cooper ,1975**) a réalisé une série d'expériences où les sujets doivent considérer, un par un, des dessins représentant un objet dans différentes orientations. Les sujets ont appris tout

d'abord à différencier la version de référence de la version symétrique (image énantiomorphe) de huit polygones dont l'orientation ne varie pas au cours de l'entraînement. Dans l'expérience proprement dite, on présente au sujet l'un des polygones, soit dans la même orientation qu'au cours de l'apprentissage, soit dans une orientation différente égale à un multiple de 60° . Le sujet doit juger s'il s'agit du polygone de référence ou de sa transposée en miroir. Dans cette expérience également, le temps de réponse augmente en fonction de la différence angulaire (ici on mesure la différence angulaire en rapport à la position préalablement mémorisée, car un seul stimulus est présenté à la fois). La réponse des sujets aux versions de référence est toujours plus rapide que leur réponse aux versions symétriques: la différence entre les temps de réponse correspondants est systématiquement égale à 60 millisecondes. Apparemment, les sujets comparent d'abord l'image perçue avec la forme de référence mémorisée et répondent immédiatement en cas de coïncidence, alors que dans le cas contraire, il leur faut un laps de temps supplémentaire pour répondre. Les résultats de la deuxième expérience sont analogues à ceux de la première, **Shepard et Cooper** en concluent que les deux types de comparaison, soit à partir de deux images simultanées, soit à partir d'une seule image plane, mettent en oeuvre le même processus qu'ils identifient à une manipulation mentale.

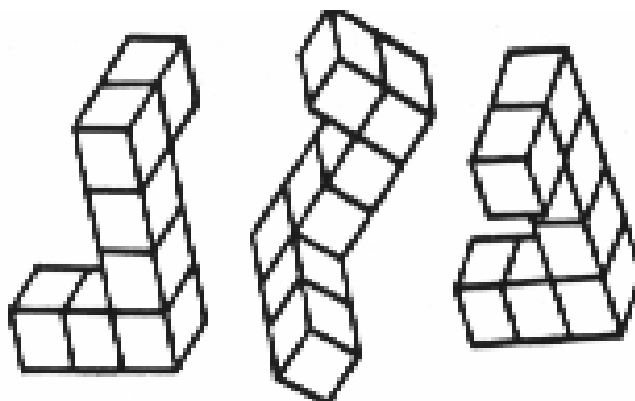


Figure N° (01) Les stimuli utilisés par Shepard (Shepard et Cooper, 1982)

7-2 Les expériences de Marmor

(Marmor, 1975, 1977) a remis en question les positions théoriques piagésiennes en montrant l'existence d'une imagerie cinétique chez des enfants de moins de sept ans. Utilisant la méthode expérimentale de (Shepard, Metzler 1971), elle présente à de jeunes enfants de 4, 5 et 8 ans deux pandas (figure 3). Ces ours sont présentés dans différentes orientations (0° , 30° , 60° , 120° , 150°) peuvent avoir ou non le même bras levé. Marmor demande aux enfants de signaler en appuyant sur un des deux boutons si les pandas sont identiques. L'expérience comporte quatre phases:

- on apprend d'abord à l'enfant, au cours d'une période d'entraînement, ce qu'il faut entendre par deux pandas "pareil" ou "différent" ;
- la deuxième phase est un test critère où l'on considère que l'enfant a compris le jugement de différence ou de similitude des pandas en position verticale s'il réalise 10 essais consécutifs sans erreur ou 20 essais sur 24.
- les enfants sont ensuite entraînés à la rotation mentale : le panda test est ramené à la position verticale par l'expérimentateur en guise de feed-back, puis par l'enfant lui-même. Au cours des derniers essais, l'enfant doit imaginer la rotation.

- le test proprement dit comporte 60 essais présentant le stimulus de comparaison où les cinq orientations sont présentées dans un ordre contrebalancé. Marmor trouve une augmentation linéaire des temps de réponse en fonction de la différence angulaire de présentation des deux stimuli chez des enfants de 5 ans. Sur la base de cet indice chronométrique, Marmor suggère que les enfants mettent en oeuvre une image cinétique pour replacer en congruence deux éléments d'une paire sur lesquels un jugement d'égalité-différence doit être posé. La présence de la relation linéaire indique qu'il y a bien représentation de la transformation elle-même et pas seulement de l'état final, à

un âge où les opérations concrètes ne sont pas encore en place. (Marmor (1975, 1977))

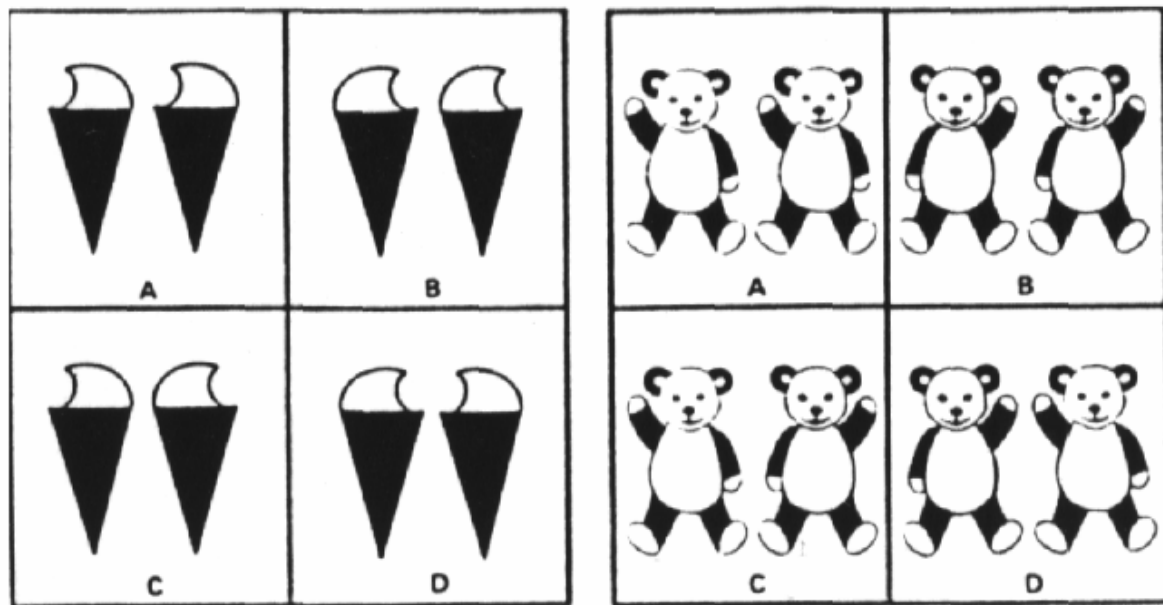


Figure N°(2) : Les stimuli utilisés par Marmor (1975, 1977)

Le même auteur a répliqué cette expérience en la modifiant de manière à éclaircir deux points sur lesquels il subsistait un doute. D'une part, l'entraînement à la rotation qui précède l'expérience pouvait avoir aidé les enfants à évoquer une stratégie qu'ils n'auraient pas utilisée spontanément, d'autre part, le niveau opératoire des enfants n'avait pas été évalué directement mais inféré à partir de l'âge. La seconde expérience de (Marmor, 1977) compare donc deux groupes d'enfants, l'un entraîné à la rotation mentale, l'autre pas, et tous les sujets (de 4 à 5 ans) passent un test de conservation du nombre pour évaluer leur niveau opératoire. Elle trouve que les sujets entraînés, ainsi que ceux qui ne le sont pas, ont des temps de réponse proportionnels à l'angle de rotation, ce qui semble indiquer que même à 4 ans la stratégie de rotation mentale est disponible et utilisable lorsque c'est nécessaire. De plus, Marmor ne trouve pas de liaison entre la conservation du nombre et l'imagerie. On observe

autant de conservants que de non conservants parmi les enfants dont les temps de réponse montrent qu'ils utilisent la rotation mentale. Marmor réfute donc les explications de Piaget pour qui la rotation mentale nécessite un recours à la pensée opératoire. On peut tout de même mettre en doute la pertinence d'une évaluation de l'opérativité à l'aide d'épreuve de conservation du nombre.(Marmor 1975, 1977)

8-Les études sur la rotation mentale d'objets

A partir du paradigme expérimental de rotation mentale, devenu classique et qui sera détaillé plus loin, **Shepard** et ses collaborateurs ont montré que le temps requis pour discriminer une lettre ou un nombre de son image en miroir augmente en fonction de l'écart angulaire du stimulus par rapport à sa position canonique. Lorsque les sujets disposent d'informations préalables à propos de l'identité du caractère et de son degré d'orientation, le temps de réaction est indépendant de l'écart angulaire. Ceci n'est plus vrai lorsque l'information sur le degré de rotation est présentée sans que le sujet connaisse l'identité du caractère, ce qui suggère qu'il n'imagine pas un cadre de référence en rotation, mais bien une rotation spécifique, de la lettre ou du nombre concret. Une étude de(**Koriat , Norman ,1984**) a confirmé ces résultats, en cherchant à vérifier si le sujet faisait effectivement tourner mentalement le stimulus ou s'il faisait tourner mentalement un cadre de référence dans lequel s'inscrirait le stimulus. Des conclusions similaires ont également été obtenues à la suite d'une étude sur la rotation mentale de dessins de mains droites et de mains gauches (**Cooper ,Shepard, 1975**).(**Cooper, Podgorny ,1976**) ont mis en évidence que le phénomène de rotation mentale est indépendant de la complexité du stimulus. Dans leur recherche, le stimulus standard est constitué par un polygone quelconque de complexité variable. Les stimuli tests diffèrent quant à leur degré de similarité avec ce standard. On présente d'abord le stimulus standard au sujet puis l'un des stimuli tests, un jugement d'égalité-différence est demandé. Deux

patterns de réponses sont observés. Un premier groupe de sujets présente des temps de réponse qui décroissent de manière linéaire avec le degré de similitude entre le stimulus standard et le stimulus test. Pour l'autre groupe, les temps de décision sont indépendants du degré de similitude, et leurs temps de réponse sont inférieurs à ceux du premier groupe.

Dans une autre expérience, (**Cooper 1976**) évalue la vitesse de rotation mentale de chaque sujet, puis leur demande de procéder à la rotation mentale d'un stimulus, constitué des polygones de l'étude précédente. L'expérience consiste à afficher le stimulus à discriminer, après un délai variable et dans la position qu'il doit théoriquement occuper compte tenu que sa vitesse de rotation est égale à la vitesse de rotation mentale du sujet. Les résultats montrent que les latences de réponse restent constantes quelle que soit l'orientation du stimulus. Ils suggèrent que l'image mentale du sujet représente le polygone dans une orientation proche de celle occupée par le stimulus, permettant ainsi une comparaison immédiate. Ces résultats vont également dans le sens de l'hypothèse selon laquelle la représentation imagée passe par toutes les étapes de la rotation physique de l'objet. (**Cooper, 1976**)

De tels résultats plaident en faveur d'une représentation imagée des rotations correspondant à ce que serait la perception d'un objet actuellement en rotation. Cependant, la rotation mentale ne semble pas être toujours holistique.

Conclusion :

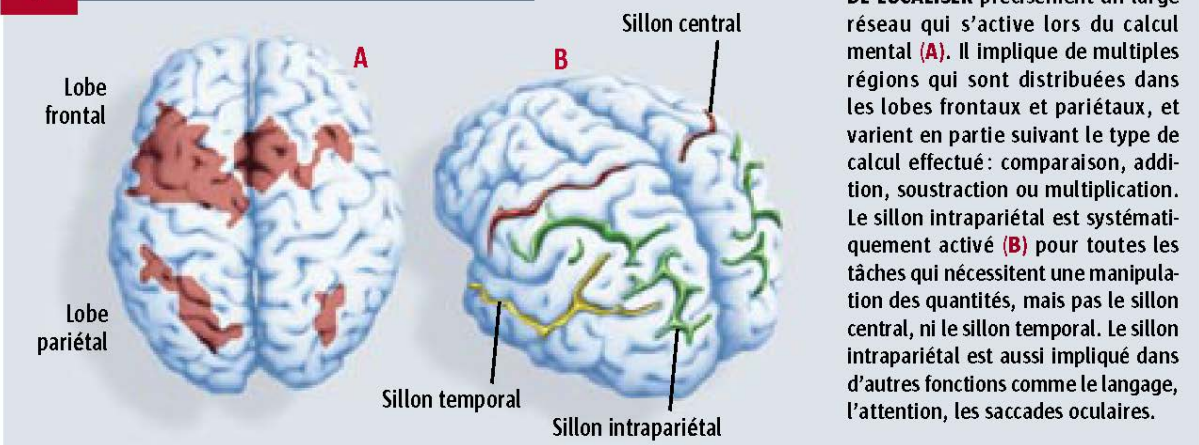
Une des grandes difficultés que nous avons rencontrées lors de la conception de ce chapitre, ces que recueillies un maximum des données auprès de la rotation mentale car peu d'études qui sont intéressé a ce mécanisme surtout actuellement .

L'imagerie mentale suscite une vive polémique concernant le format et l'utilité des images mentales. Des auteurs lui accordent un rôle psychologique important dans l'apprentissage, la mémoire, la pensée, la motivation, et les aptitudes spatiales. et la cognition) .

La rotation mentale correspond donc aussi à l'aptitude d'un participant à faire tourner mentalement un objet pour effectuer une comparaison et plan d'image

En générale on peut dire que la rotation mentale est un processus compliqué qui nécessite l'intégration d'autres mécanismes dans son fonctionnement quoi que ce soit moteurs au cognitive afin de réaliser plusieurs tâches et choisir un bon plan pour la résolution des problèmes .(perception visuelle, pensées , planification des actions , et l'image mentale et le processus cognitif).

Fig.1 Les régions cérébrales du calcul



L'IMAGERIE CÉRÉBRALE A PERMIS DE LOCALISER précisément un large réseau qui s'active lors du calcul mental (A). Il implique de multiples régions qui sont distribuées dans les lobes frontaux et pariétaux, et varient en partie suivant le type de calcul effectué: comparaison, addition, soustraction ou multiplication. Le sillon intrapariétal est systématiquement activé (B) pour toutes les tâches qui nécessitent une manipulation des quantités, mais pas le sillon central, ni le sillon temporal. Le sillon intrapariétal est aussi impliqué dans d'autres fonctions comme le langage, l'attention, les saccades oculaires.

Partie pratique

Chapitre 5:

Méthodologie de travail

1-Etude exploratoire

2-Méthode de recherche

3-Lieux d'étude et la durée

4-Présentation de l'échantillon

5-Outils d'évaluation

5-1 les tests

5-1 outils statistiques

Introduction

Toute recherche scientifique qu'elle que soit sa nature, doit suivre une méthodologie bien déterminée organiser sous forme d'un plan hiérarchique, bien structure et fiable ,afin d'arriver à l'objectif rechercher dans ce cinquième chapitre qu'est consacré par l'indentification des étapes de notre démarche, afin qu'on puisse résoudre nos problématiques et arriver à la confirmation des hypothèses suggérés, nous avons mis en place une méthodologie dans laquelle on a abordé plusieurs étapes, commençant par l'étude exploratoire, la méthode de travail, aussi la présentation des lieux et la population d'étude et on termine par l'évaluation des tests.

1-Etude exploratoire :

L'étude exploratoire est l'une des étapes les plus importantes dans la recherche, avant que le chercheur se stabilise et valide son thème et son thème plan de travail. Cette étape économise le temps et les efforts avant la prise de décision final.

La recherche exploratoire peut viser à clarifier un problème qui a été plus ou moins défini .Elle peut aussi aider à déterminer le devis de recherche adéquat

De plus, le but de la recherche exploratoire est de familiariser avec un sujet particulier. En effet, il s'agit tout d'une recherche d'information sur un problème ou une situation définit qui est ambiguë, cet éclaircissement permet d'y avoir un peu plus claire en déterminant le « quoi » du sujet de recherche pour pouvoir par la suite enrichir cette explication théorique en déterminant son « pourquoi ». Ce type de recherche met en avant la découverte d'un sujet sou d'une situation en lui apportant une compréhension jusque là inconnue des travers données non qualitatives.

En effet, même si la recherche de type exploratoire possède souvent une certaine subjectivité, elle permet avant tout de poser des jalons pour une étude ultérieur, plus importante, car elle est rarement terminale, elle oriente généralement le chercheur vers une recherche plus approfondie.

Comme il a été vu précédemment l'objectif de l'étude exploratoire est explorer, rechercher et comprendre un problème ou une situation en dégagement des éléments clés.

Les caractéristiques de ce type de recherche sont les méthodes de collecte des données peu couteuse et relativement simples d'application qu'utilisent les chercheurs. De plus, son processus de recherche est souple et informel. (**Tahar, 2015, P35**)

Méthode de recherche :

Chaque étude scientifique a une approche particulière ou une méthode de travail spéciale utilisée par le chercheur pour obtenir des informations sur le phénomène étudié.

Dans notre étude nous avons opté pour la **méthode descriptive**, qui consiste à définir la nature et les limites des éléments qui composent l'objet, ainsi que les relations existantes entre eux (**Guidre.M.2005**)

Selon (**Rodolphe G & Richard.J 1999**) , la démarche descriptive s'attache à décrire le sujet dans sa singularité et la totalité, ses conduites sont remplacées dans leur contexte individuel (histoire de l'individu et situation actuelle) et prend en compte l'engagement.

La méthode descriptive qu'on a adopté intervient en milieu de recherche et tend de donner une image précise sur notre problématique de plus, elle nous permet de décrire les rapports

existant entre la rotation mentale et les fonctions exécutives chez les patients présentant une Sclérose en plaque.

3-Les lieux d'étude :

On a mené notre étude dans les organismes suivants :

- Service de neurologie du **CHU Tizi-ouzou « Baloua »**, plus exactement à la consultation spécialisée d'épileptologie d'enfant et d'adulte où on trouve des neurologues, orthophonistes, et des psychologues cliniciens.

Ce service comporte :

- 22 lits unité femme et unité homme.
- Une salle d'hospitalisation du jour
- Une salle de soins
- Une unité de rééducation fonctionnelle

- Une laboratoire d'EEG
 - Un laboratoire d'EBMG
 - Une unité de thrombolyse
 - Une unité pour la plasmaphérèse.
- **La polyclinique** au niveau de la nouvelle ville de **Tizi-ouzou**, c'est une structure qui est appelée à développer les soins suivants :
 - Protection maternelle et infantile
 - Urgence médico-chirurgicales (capacité 18 lits)
 - Plateaux technique (radiologie et laboratoire)
 - Consultation médicales (médecine générale et spécialité médicale)
 - L'établissement est doté aussi d'un service de stomatologie fort de 3 fauteuils dentaires.
 - La polyclinique est composée également d'une unité SEMEP (actions de prévention). D'autres part et en plus de médecine interne, l'ophtalmologie, la cardiologie et l'ORL.

- **La durée :**

Vue la crise sanitaire Covid-19, on a commencé notre pratique et l'application des tests le 20 Septembre 2020, jusqu'au 21 octobre 2020.

4-PRESENTATION DE L'Echantillon :

L'échantillon de notre étude est composé de **40** personnes âgées de **17 à 52** ans. Répartis en (2) groupes :

- Le premier groupe composé de 20 personnes normaux, et le deuxième groupe de 20 personnes atteints de la sclérose en plaques.
- Le choix et la sélection des deux groupes étaient intentionnés et volontaires ou on a pris les mesures suivantes pour la sélection :
- On s'est assuré que ces patients présentent de la sclérose en plaque

- On s'est assuré qu'ils ont un traitement médical à suivre
- On s'est assuré qu'ils ont un dossier médical à l'hôpital
- On s'est assuré qu'ils suivent régulièrement le médecin

Dans notre échantillon on a pas pris en considération l'âge, le Sexe et le niveau intellectuel ainsi que le type de la sclérose en plaque.

Et ces deux tableaux expliquent les caractéristiques de chaque patient des deux groupes :

Age	Cas	Sexe	
		Féminin	Masculin
20-28	4	2	2
29-31	5	3	2
32-45	5	4	1
46-59	6	3	3

Tableau (5) : caractéristique des cas normaux

Age	Cas	Sexe	
		Féminin	Masculin
17-27	5	4	1
28-37	5	2	3
38-47	3	2	1
48-58	7	4	3

Tableau (6) : caractéristique des cas sclérose en plaque

4-Outils d'évaluation :

Comme il n'existe pas une batterie ou un test qui regroupe les fonctions exécutives on eu recours à 4 tests pour évaluer chacune de ses fonctions, on a aussi appliqué le test de rotation mental ainsi que la Bref.

4-1 Test d'évaluation de l'inhibition STROOP :

Le teste de **STROOP** est plus utiliser dans les travaux d'évaluation d'inhibition , sa version originale a été conçue par **J.R Stroop** en **1935**, il est constitué de trois Planches .**planche (A)** comprend **100** noms de couleurs écrits en noire ; on demande au sujet à ce niveau d'effectuer la lecture , pour la **planche (B)** les noms de couleurs sont écrites avec des couleurs différents , le sujet doit nommer la couleur d'impression du mot et non pas le mot lui-même , donc il doit inhiber la lecteur au profit de la dénomination qui est moins automatique (tache d'interférence), pour la **planche (C)** qui contient **100** rectangles de différentes couleurs (bleu, rouge, vert, jaune) le sujet réalisera la tache de la dénomination donc il doit dénommer les couleurs des **100** rectangles.

L'examineur chronomètre la vitesse de dénomination, et note les erreurs pour chaque planche séparément. (**Godefroy Godefroy & al, 2008, p218-220**)

On calcul l'interférence des erreurs commise dans la planche (**C**) et la planche (**B**).

4-2Evaluation de la mémoire de travail :

Pour évaluer cette fonction on a eu recours a utilisé le test de la mémoire chiffre du **Wisc IV**

_ la mémoire des chiffres :

Notre outil d'étude est le test de mémoire a court terme de **Wisc IV**, c'est un outil de gestion clinique individuel permettant d'évaluer l'intelligence.

Parmi les principaux sous-tests de la mémoire à coure terme, la mémoire des chiffres ou la mémoire numérique qui est composée de deux parties : ordre directe et indirecte, pour la partie directe, l'examineur lit la chaine de nombres et le patient la répète dans le même ordre, comme la partie opposée, le patient répète le nombre dans la direction opposée de ce que lit l'examineur.

-Les consignes :

Nous montrons au patient chaque série chronologique des numéros d'ordre directe et indirecte et lui demandons de répéter les chiffres qu'il a entendus immédiatement après la fin de chaque série.

-Notation :

On donne 0 pour la mauvaise réponse et 1 pour la bonne réponse et on arrête la test si on obtient deux zéro dans le même article ou la même série dans l'ordre directe et l'ordre inverse. (Wechler, 2008 PP1-16)

4-3Evaluation de flexibilité mental :

Pour évaluer cette fonction on a eu recours à utiliser le **TrailMarking Test (TMT)**

.Le TrailMarking Test :

Ce test permet d'évaluer la flexibilité. Il se compose de deux parties qui comportes **25** cercles répartis sur une feuille de papier En partie **A**, les cerles sont numérotés de **1 à 25** et le patient doit tracer des lignes pour relier les nombres ordre croissant. Dans la partie **B**, les cercles comprennent les nombres (**1-13**) et les **lettres (A-L)** il s'agit de relier des chiffres et des lettres dans ordre croissant (**1-A-2-B-3-C...**).

-Les étapes :

Etape 1 : Donner au patient une copie de la feuille de travail de la partie A et un stylo ou crayon.

Etape 2 : Démontrer le test au patient à l'aide de la feuille d'échantillon.

Etape 3 : chronométrez le patient à mesure qu'il suit le « parcours » effectué par les chiffres du test.

Etape 4 : Enregistrer l'heure.

Etape5 : Répétez la procédure pour la partie B du test de fabrication de pistes.

-Les consignes :

- Consigne de l'épreuve **A** :

On demande au patient de tracer et de relier en ordre croissant des chiffres sans lever le crayon du papier et de réaliser la tâche le plus rapidement possible et avec moins d'erreur possible.

- Consigne de l'épreuve **B** :

On demande au patient de tracer et de relier en ordre croissant des chiffres et des lettres sans lever le crayon du papier et de réaliser la tâche le plus rapidement possible.

Si le sujet commet une erreur, on lui signale immédiatement et le sujet doit corriger en partant du stimulus ou il a commis l'erreur.

Il est inutile de continuer le test si le patient n'a pas terminé les deux parties après cinq minutes.

-La cotation :

Les résultats pour TMT A et B indiqués en nombre de secondes nécessaires pour compléter la tâche, par conséquent, des scores plus élevés révèlent une plus grande déficience.

	Moyenne	Déficient	Règle de Base
Trail A	29 secondes	78 secondes	Plus de 90 secondes
Trail B	75 secondes	75 secondes	Plus de 3 minutes

4- 4 Evaluation de la planification :

Pour évaluer la planification on a eu recours à utilisé le **Modified Cardsorting test** :

Nous avons choisi d'utiliser la version adaptée de la batterie du GRFEX (**Meulmans, 2011**) elle provient d'une adaptation de la version proposée par **Nelson 1976**.

Passation : cette version comporte **4** cartes stimuli (contenant un triangle rouge, deux étoile vertes, trois croix jaunes et quatre cercles bleus) que l'examineur présente au patient.

Ensuite il lui propose **12** cartes de classement utilisées **2** fois de suite et que le patient doit associer a l'une des cartes stimuli en fonction d'un critère de son choix en tenant compte des retours positifs ou négatifs de l'examineur s'il dit « **oui** », le patient doit conserver la règle pour les cartes suivantes, si au contraire il dit « **non** », il doit modifier le critère pris en compte.

Le test est terminé lorsque le patient a trouvé les **6** critères ou lorsque les **48** cartes sont épuisées. Après **6** erreurs consécutives commises par le sujet l'examineur lui rappelle la consigne « vous avis ici **4** cartes stimuli, je vous demande d'associer d'assortir chacune des cartes que je vous montre en fonction d'un critère, d'une règle de votre choix » la particularité du test est que l'examineur ne dois dire la règle au patient, il faut qu'il la trouve lui-même.

Cotation : nous comptabilisons le nombre de catégories trouvés et le nombre d'erreur totales (**Godefroy,2013 ,PP224-225**)

4-5 Evaluation de la rotation mentale :

Le test de Rotation Mentale élaboré par **Shepard et Metzler** permet de mesurer le temps nécessaire d'un individu pour identifier une forme en fonction de differences presents dans leur orientation. Ces formessont des représentations

bidimensionnelles d'objets tridimensionnels. Elles doivent subir une rotation afin de pouvoir déterminer celles qui correspondent à un modèle donné et ce, parmi des distracteurs (**Shepard & Metzler, 1971**).

Par conséquent l'individu se base sur le modèle présenté en premier lieu. De par celui-ci, il doit retrouver les deux items identiques mais disposés d'une façon différente à l'item de base. Le test est composé de 24 exercices à réaliser et ce, de parmi des distracteurs.

Consigne:

Ce test comprend deux parties. Vous avez **3** minutes pour chacune. Chaque partie a deux pages. Quand vous avez fini la partie 1, arrêtez-vous. Ne commencez pas la partie 2 avant d'en être prié. Rappelez-vous qu'il y a toujours deux et seulement deux réponses correctes par item. Travaillez aussi rapidement que vous pouvez sans négliger l'exactitude.

Votre score à ce test dépend à la fois des réponses correctes et incorrectes.

Cependant, vous n'avez pas intérêt à deviner sans avoir une idée sur l'exactitude de votre choix. manière chronométrée (**Vandenberg & Kuse, 1978**).

La cohérence interne (**.88**) ainsi que la fiabilité test-retest (**.83**) sont adéquates.

Des différences homogènes sont présentes entre les individus de sexe différents ainsi que par rapport aux âges étudiés. De bonnes corrélations avec des mesures concernant des tests de visualisation spatiale ont été mises en **avant**

(**Vandenberg & Kuse, 1978**).

Au milieu Algérien l'adaptation du test de rotation mentale à été fait par la chercheuse (صحراوي, 2012) Pour qu'il soit adaptée avec l'environnement Algérien, à cet égard on cite les élèves du Cem, puisque il est construit comme un échantillon de 309 élèves des deux sexe.

4-6 Evaluation de la Bref :

Batterie rapide d'évaluation rapide frontale a été mise au point par Dubois et al. En 2000 pour évaluer rapidement la présence ou non d'un syndrome dysexécutif et comportemental.

5-Outils statistique utilisé :

SPSS (Statistique Package for the Social Sciences) est un logiciel utilisé pour l'analyse statistique. C'est aussi le nom de la société qui revend (**SPSS 2020**).

- Nous avons collecté les notes on mathématiques de l'ensemble des patients de notre population d'études et nous les avons insérés dans le logiciel **SPSS** qui nous a permet de les transformer en centiles telles que présenter dans les résultats de l'analyse statistiques ultérieurement. L'intérêt de cette démarche statistique est du ciblé d'une façon précise les patients présentent une Sep et se présentant . A travers ce logiciel, nous avons utilisé trois tests
- T test peut être défini comme un test statistique utilisé pour comparer deux moyennes. Ce guide fournit de multiples tutoriels décrivant les différents types de test T.
- Test de corrélation de pearson qui mesure deux variables, la rotation mentale d'un coté et les fonctions exécutives d'un autre.

chapitre 06

Analyse et discussion des résultats

1_présentation des résultats

- 1-1 présentation des résultats de l'inhibition
- 1-2 présentation des résultats de la mémoire de travail
- 1-3 présentation des résultats de la flexibilité mentale
- 1-4 présentation des résultats de la planification
- 1-5 présentation des résultats de la rotation mentale
- 1-6 présentation des résultats de la Bref

2-Analyse des résultats

- 2-1 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (1-1)
- 2-2 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (1_2)
- 2-3 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (1-3)
- 2-4 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (1-4)
- 2-5 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (1-5)
- 2-6 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (2-1)
- 2-7 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (2-2)
- 2-8 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (2-3)
- 2-9 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (2-4)
- 2-10 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (2-5)
- 2-11 Analyse des résultats de l'hypothèse principale (1)
- 2-12 Analyse des résultats de l'hypothèse principale (2)

3-Discussion des résultats :

- 3-1 Discussion des résultats de la première hypothèse(1-1)

3-1 Discussion des résultats de la deuxième hypothèse

3-1 Discussion des résultats de la troisième hypothèse (1-2)

3-1 Discussion des résultats de la quatrième hypothèse (1-3)

3-1 Discussion des résultats de la cinquième hypothèse (1-4)

3-1 Discussion des résultats de la sixième hypothèse(2-1)

Discussion des résultats de la première hypothèse(2-2)

Discussion des résultats de la première hypothèse(2-3)

Discussion des résultats de la première hypothèse(2-4)

Discussion des résultats de la première hypothèse(2-5)

Discussion des résultats de la bref

Discussion des résultats de la première hypothèse principale(1)

Discussion des résultats de la deuxième hypothèse principale (2)

4-Synthèse des résultats**1-Présentation des résultats Brutes****1-1 présentation des résultats de l'inhibition**

Cas	Interférence Chez les normaux	Interférence chez les Sep
1	0	8
2	2	25
3	7	15
4	0	10
5	0	6
6	3	13
7	5	19
8	1	10
9	0	8
10	6	10
11	3	10
12	3	17
13	0	9
14	7	10
15	2	13
16	5	9
17	1	22
18	4	5
19	0	10
20	2	9

Tableau N° (07) : tableau présente les résultats de l'inhibition

1-3 Présentation des résultats de la flexibilité mentale:

CAS	Résultats de la planche A chez les normaux	Résultats de la planche B chez les normaux	Résultats de la planche A chez les sclérose en plaque	Résultats de la planche B chez les sclérose en plaque
1	75	289	70	193
2	48	162	89	286
3	85	189	74	186
4	46	68	39	114
5	41	147	64	245
6	24	122	49	96
7	46	143	83	133
8	104	179	95	184
9	30	148	77	120
10	67	80	78	157
11	75	180	75	133
12	40	122	117	266
13	50	148	72	207
14	19	73	67	193
15	21	67	107	192
16	16	80	49	270
17	40	91	115	264
18	28	123	145	435
19	21	61	70	224
20	30	121	46	194

Tableau N° (09) : tableau présente les résultats de la flexibilité mentale

1-4 Présentation des résultats de la planification :

cas	N de catégorie terminées (normaux)	N total d'erreurs (normaux)	N de catégorie terminées (Sep)	N total d'erreurs (Sep)
1	6	0	6	0
2	5	1	6	0
3	6	0	6	2
4	6	0	4	2
5	4	2	4	0
6	6	0	6	1
7	6	0	5	3
8	6	0	4	2
9	6	1	6	1
10	5	0	4	4
11	6	0	5	1
12	6	1	6	0
13	5	2	6	0
14	4	0	4	2

Chapitre 6: presentation et discussion des résultats

15	6	0	6	1
16	6	0	5	3
17	6	0	6	0
18	6	0	3	1
19	5	1	3	4
20	6	0	5	1

N° (10) : tableau présente les résultats de la planification

1-5 Présentation des résultats de la rotation mentale:

Cas	Normaux	SEP
1	3	1
2	4	3
3	4	7
4	1	5
5	1	7
6	2	10
7	3	1
8	4	11
9	7	1
10	8	5

Chapitre 6: presentation et discussion des résultats

11	4	12
12	1	1
13	11	10
14	5	3
15	3	4
16	12	2
17	8	14
18	4	5
19	2	6
20	3	3

Tableau N° (11) : tableau présente les résultats de la rotation mentale

1-6 Présentation des résultats De la batterie rapide déficience frontal (Bref):

Cas	Chez les normaux	Chez les SEP
1	17	15
2	18	13
3	16	14
4	17	16
5	15	14
6	13	15
7	15	12
8	18	18
9	12	14

Chapitre 6: presentation et discussion des résultats

10	16	16
11	17	17
12	11	12
13	18	10
14	13	14
15	17	18
16	15	11
17	15	13
18	14	16
19	16	16
20	17	14

Tableau N° (12) : tableau présente les résultats de la Bref

2- Analyse des résultats :

2-1 Analyse STATISTIQUE des résultats de l'hypothèse secondaire (1-1) :

N	Les variables	La moyenne	Ecart type	(R)	Signification Statistique	Non significative
40	R.M	5,55	4,00	0,05	0,80	
	Inhibition	11,90	5,24			

Tableau N (13) : Résultat de la corrélation entre la rotation mentale et l'inhibition.

Analyse : est-ce qu'il y a une corrélation entre la Rotation mentale et l'inhibition ?

D'après les résultats du tableau n (13) montrent que la moyenne arithmétique pour Rotation mentale est de **5,55** avec un écart type de **4,00**, alors que la moyenne de l'inhibition est de **11,90** avec un écart type de **5,24**.

La signification de la corrélation a été testée avec le test (**r**) **Pearson** entre la rotation mentale et l'inhibition et d'après les résultats on a trouvé que la valeur du (**r**) est égale à **0,05** au niveau de la signification $\alpha= 0,05$ qui égale à (**0,80**), qui est une valeur supérieure a $\alpha=0,05$ donc il n'existe pas une relation entre la rotation mentale et l'inhibition chez les Sep.

2-2 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (1-2) :

N	Les variables	La moyenne	Ecart type	(R)	Signification Statistique	Non significative
40	R.M	5,55	4,00	-0,20	0,39	
	M.T	13,95	4,03			

Tableau N (14) : Resultat de la corrélation entre la rotation mentale et la mémoire de travail

Analyse : est-ce qu'il y a une corrélation entre la Rotation mentale et la mémoire de travail ?

D'après les résultats du tableau n (14) montrent que la moyenne arithmétique pour Rotation mentale est de **5,55** avec un écart type de **4,00**, alors que la moyenne de la Mémoire de travail est de **13,95** avec un écart type de **4,03**.

La signification de la corrélation a été testée avec le test (**r**) **Pearson** entre la rotation mentale et la mémoire de travail, et d'après les résultats on a trouvé que la valeur du (**r**) est égale à **-0,20** au niveau de la signification **$\alpha= 0,05$** qui égale à **(0, 39)**, qui est une valeur supérieure à **$\alpha=0,05$** donc il n'existe pas une relation entre la rotation mentale et la mémoire de travail chez les Sep.

2-3 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (1-3)

N	Les variables	La moyenne	Ecart type	(R)	Signification Statistique	Non significative
40	R.M	5,55	4,00	-0,37	0,87	
	F.M	283,65	96,60			

Tableau N (15): Résultat de la corrélation entre la rotation mentale et la flexibilité mentale

Analyse : est-ce qu'il y a une corrélation entre la rotation mentale et flexibilité mentale ?

D'après les résultats du tableau n (15) montrent que la moyenne arithmétique pour rotation mentale est de **5,55** avec un écart type de **4,00**, alors que la moyenne de la flexibilité mentale est de **283,65** avec un écart type de **96,60**.

La signification de la corrélation a été testée avec le test (**r**) **Pearson** entre la rotation mentale et la flexibilité mentale, et d'après les résultats on a trouvé que la valeur du (**r**) est égale à **-0,37** au niveau de la signification $\alpha= 0,05$ qui égale à **(0,87)**, qui est une valeur supérieure a $\alpha=0,05$ donc il n'existe pas une relation entre la rotation mentale et La flexibilité mentale chez les Sep.

2-4 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (1-4)

N	Les variables	La moyenne	Ecart type	(R)	Signification Statistique	Non significative
40	R.M	5,55	4,00	-0,15	0,51	
	Planification	1,40	1,31			

Tableau N (16) : Résultat de la corrélation entre la rotation mentale et la planification

Analyse : est-ce qu'il y a une corrélation entre la Rotation mentale et la planification ?

D'après les résultats du tableau n (16) montrent que la moyenne arithmétique pour Rotation mentale est de **5,55** avec un écart type de **4,00**, alors que la moyenne de la planification est de 1,40 avec un écart type de 1,31.

La signification de la corrélation a été testée avec le test (**r**) **Pearson** entre la rotation mentale et la planification et d'après les résultats on a trouvé que la valeur du (**r**) est égale à **-0,15** au niveau de la signification $\alpha = 0,05$ qui égale à (**0,51**), qui est une valeur supérieure à $\alpha = 0,05$ donc il n'existe pas une relation entre la rotation mentale et planification chez les Sep.

2-5 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (2-1)

Champ	Groupe	N	M	Ecart-t ype	t. calculé	ddl	Sig
Inhibiti on	Normau x	20	2,55	2,41	7,24	38	significativ e
	Sclérose en plaque	20	11,90	5,24			

Tableau (17) : résultats de l'inhibition après l'analyse comparative du t test :

D'après les résultats du tableau (17) montrent que la moyenne arithmétique pour les normaux et de **2,55** avec un écart-type de **2,41**, alors que la moyenne des patients présentant une sclérose en plaque est de **11,90** avec un écart-type de **5,24**.

La signification des différences entre les scores moyens des patients normaux et les patients présentant une Sep a été testée au niveau de la signification $\alpha=0,05$ Et à partir du tableau des résultats, et d'après les résultats du **T test**, on à trouver qu'il existe une différence significative statistique et cela en comparant les scores moyens des deux groupes dans la fonction d'inhibition, lorsque la moyenne du T calculé de ces différences est de **7,24** qui est une valeur supérieure au degré de liberté au niveau de la signification $\alpha =0.05$, et ainsi la première hypothèse partielle qui dit qu'il existe une différence significative entre les deux groupes au niveau de l'inhibition est confirmée.

En référence à la moyenne arithmétique, on l’a trouvé chez les patients présentant une Sep **11,90** elle est plus élevée à celle des normaux **2,55** ce qui signifie qu’ils ont des difficultés au niveau de la fonction d’inhibition car le test prend en considération le nombre d’erreur faites par les patients .

Et en référence aux écart-type on les trouve de faible prévalence dans les deux groupes **2,55** pour les normaux, et **5,24** pour les Sep, ce qui explique que les résultats dans les deux groupes sont légèrement proche.

2-6 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (2-2)

Champ	Groupe	N	M	Ecart-t ype	t. calculé	ddl	Sig
MT	Normaux	20	16,65	2,68	2,49	38	significative
	Sclérose en plaque	20	13,95	4,03			

Tableau (18) : résultats de la mémoire de travail après l'analyse comparative du t test

D’après les résultats du tableau (18) montrent que la moyenne arithmétique pour les patients normaux et de **16,65** avec un écart type de **2,68** , alors que la moyenne des patients présentant une sclérose en plaque est de **13,95** avec un écart type de **4,03**.

La signification des différences entre les scores moyens des normaux et les

patients présentant une Sep a été testée au niveau de la signification $\alpha=0,05$.

Et à partir du tableau des résultats, et d'après les résultats du **T teste** on à trouver qu'il existe une différence significative statistique et cela en comparant les scores moyens des deux groupes dans la fonction de la mémoire de travail, lorsque la moyenne du T calculé de ces différences est de **2,49** qui est une valeur supérieure à celle au degré de liberté **38** au niveau de la signification $\alpha=0.05$, et ainsi la première hypothèse partielle qui dit qu'il existe une différence significative entre les deux groupes au niveau de la mémoire de travail est confirmée .

En référence à la moyenne arithmétique, on l'a trouvé chez les patients présentant une Sep **13,95** elle est plus élevée à celle des normaux **16,65** ce qui signifie qu'ils ont des difficultés au niveau de la fonction de la mémoire de travail car le teste prend en considération le nombre d'erreur faites par les patients.

Et en référence aux écart-type on les trouve de faible prévalence dans les deux groupes **2,68** pour les normaux et de **4,03** pour les Sep, ce qui explique que les résultats dans les deux groupes sont proche.

2-7 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (2-3)

Champ	Groupe	N	M	Ecart-t ype	t. calculé	ddl	Sig
flexibilit é mentale	Normau x	20	174,9 5	73,86	3,99	38	significativ e
	Sclérose en plaque	20	283,6 5	96,60			

Tableau (19) : résultats de la flexibilité mentale après l'analyse comparative du t test

D'après les résultats du tableau (19) montrent que la moyenne arithmétique pour les patients normaux et de **174,95** avec un écart-type de **73,86**, alors que la moyenne des patients présentant une sclérose en plaque est de **283,65** avec un écart-type de **96,60**.

La signification des différences entre les scores moyens des normaux et les patients présentant une Sep a été testée au niveau de la signification $\alpha=0,05$.

Et à partir du tableau des résultats et d'après les résultats du **t teste** on à trouver qu'il existe une différence significative statistique et cela en comparant les scores moyens des deux groupes dans la forme simple du TMT, lorsque la moyenne du T calculé de ces différences est de **3,99** qui est une valeur supérieure à celle du t tableau au degré de liberté **38** au niveau de la signification $\alpha=0.05$.

Chapitre 6: **presentation et discussion des résultats**

En référence à la moyenne arithmétique, on l'a trouvé chez les patients présentant une Sep **283,65** elle est plus élevée à celle des normaux **174,95** ce qui signifie qu'ils ont des difficultés au niveau de la fonction de la flexibilité mentale.

Et en référence aux deux tableaux précédents on a constaté qu'il y a une différence significative entre les deux groupes.

Et à partir des deux tableaux précédents des résultats de l'application du **t test** on a trouvé qu'il existe une différence significative statistique et cela en comparant les scores moyens des deux groupes dans la fonction de la flexibilité mentale, lorsque la moyenne du T calculé de ces différences est de **3,99**, qui est une valeur différente à celle du degré de liberté **38** au niveau de la signification $\alpha=0,05$.

Et ainsi la troisième hypothèse partielle qui dit qu'il existe une différence significative entre les deux groupes au niveau de la flexibilité mentale est confirmée.

2-8 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (2-4) :

Champ	Groupe	N	M	Ecart-t type	t. calculé	ddl	Sig
planification	Normaux	20	5,60	0,68	2,10	38	significative
	Sclérose en plaque	20	5,00	1,07			

Tableau (20) : résultats de la planification après l'analyse comparative du t test

D'après les résultats du tableau (20) montrent que la moyenne arithmétique pour les normaux et de **5,60** avec un écart-type de **0,68**, alors que la moyenne des patients présentant une sclérose en plaque est de **5,00** avec un écart-type de **1,07**.

La signification des différences entre les scores moyens des patients normaux et les patients présentant une Sep a été testée au niveau de la signification $\alpha=0,05$.

Et à partir du tableau des résultats, et d'après les résultats du **T test**, on à trouver qu'il existe une différence significative statistique et cela en comparant les scores moyens des deux groupes dans la fonction la planification, lorsque la moyenne du T calculé de ces différences est de **2,10** qui est une valeur supérieure à celle du degré de liberté au niveau de la signification $\alpha =0,05$, et ainsi la première hypothèse partielle qui dit qu'il existe une différence significative entre les deux groupes au niveau de l'inhibition est confirmée.

En référence à la moyenne arithmétique, on l'a trouvé chez les patients présentant une Sep **11,90** elle est plus élevée à celle des normaux **2,55** ce qui signifie qu'ils ont des difficultés au niveau de la fonction d'inhibition car le test prend en considération le nombre d'erreur faites par les patients

Et en référence aux écart-type on les trouve de faible prévalence dans les deux groupes **2,55** pour les normaux, et **5,24** pour les Sep, ce qui explique que les résultats dans les deux groupes sont légèrement proche.

2-9 Analyse des résultats de l'hypothèse secondaire (2-5) :

Champ	Groupe	N	M	Ecart-t ype	t. calculé	ddl	Sig
la rotation mentale	Normau x	20	4,50	3,15	0,92	38	significativ e
	Sclérose en plaque	20	5,55	4,00			

Tableau (21) : résultats de la rotation mentale après l'analyse comparative du t test

D'après les résultats du tableau (21) montent que la moyenne arithmétique pour les normaux et de **4,50** avec un écart -type de **3,15**, alors que la moyenne des patients présentant une sclérose en plaque est de **5,55** avec un écart- type de **4,00**.

La signification des différences entre les scores moyens des normaux et les patients présentant une Sep a été testée au niveau de la signification $\alpha=0,05$.

Et à partir du tableau des résultats et d'après les résultats du **t teste** on à trouver qu'il existe une différence significative statistique et cela en comparant les scores moyens des deux groupes dans la fonction de la rotation mentale, lorsque la moyenne du T calculé de ces différences est de **0,92** qui est une valeur supérieure à celle au degré de liberté **38** au niveau de la signification $\alpha=0.05$, et ainsi la première hypothèse partielle qui dit qu'il existe une différence significative entre les deux groupes au niveau de la RM est confirmée .

En référence à la moyenne arithmétique, on l'a trouvé chez les patients présentant une Sep **5,55** elle est plus élevée à celle des normaux **4,50** ce qui signifie

Chapitre 6: presentation et discussion des résultats

qu'ils ont des difficultés au niveau de la fonction de la rotation mentale.

Et en référence aux écart type on les trouve de faible prévalence dans les deux groupes **3,15** pour les normaux, et **4,00** pour les Sep, ce qui explique que les résultats dans les deux groupes sont proche.

2-10 Analyse des résultats de la Bref (2-6) :

Champ	Groupe	N	M	Ecart-t ype	t. calculé	ddl	Sig
Bref	Normaux	20	15,50	2,03	1,64	38	significative
	Sclérose en plaque	20	14,40	2,18			

Tableau (22) : résultats de la Bref après l'analyse comparative du t test :

D'après les résultats du tableau (22) montre que la moyenne arithmétique pour les patients normaux et de **15,50** avec un écart type de **2,03**, alors que la moyenne des patients présentant une Sep est de **14,40** avec un écart type de **2,18**.

La signification des différences entre les scores moyens des normaux et les patients présentant une Sep a été testée au niveau de la signification $\alpha=0,05$.

Et à partir du tableau des résultats et d'après les résultats du **t teste** on à trouver qu'il n'existe pas une différence significative statistique et cela en comparant les scores moyens des deux groupes dans la fonction d'inhibition, lorsque la moyenne

Chapitre 6: **presentation et discussion des résultats**

du T calculé de ces différences est de **1,64** qui est une valeur supérieure à celle au degré de liberté 38 au niveau de la signification $\alpha=0.05$, et ainsi la première hypothèse partielle qui dit qu'il n'existe pas une différence significative entre les deux groupes au niveau de la Bref est infirmée.

En référence à la moyenne arithmétique, on l'a trouvé chez les patients présentant une Sep **14,40** elle est plus élevée à celle des normaux **15,50** ce qui signifie qu'ils ont des difficultés au niveau de la fonction de la Bref.

Et en référence aux écart-type on les trouve de faible prévalence dans les deux groupes **2,03** pour les normaux, et **2,18** pour les Sep, ce qui explique que les résultats dans les deux groupes sont proche.

2-11 Analyse des résultats de l'hypothèse principale (1) :

N	Les variables	La moyenne	Ecart type	(R)	Signification Statistique	Non significative
40	Fonctions executives sep	77,68	24,48	-0,04	0,85	
	Rotation mental Sep	5,55	4,00			

Tableau N (23) : Résultat de la corrélation entre les fonctions exécutives et la rotation mentale.

Analyse : est-ce qu'il y a une corrélation entre les fonctions exécutives et la rotation mentale ?

D’après les résultats du tableau n (23) montrent que la moyenne arithmétique pour les fonctions exécutives est de **77,68** avec un écart type de **24,48**, alors que la moyenne de la rotation mentale est de **5,55** avec un écart type de **4,00**.

La signification de la corrélation a été testée avec le test (**r**) **Pearson** entre les fonctions exécutives et la rotation mentale et d’après les résultats on a trouvé que la valeur du (**r**) est égale à **-0,04** au niveau de la signification **$\alpha= 0,05$** qui égale à (**0,85**), qui est une valeur supérieure à **$\alpha=0,05$** donc il n’existe pas une relation entre la rotation mentale et planification chez les Sep.

2-12 Analyse des résultats de l'hypothèse principale (2) :

Champ	Groupe	N	M	Ecart-type	t. calculé	ddl	Sig
Fonctions exécutives et rotation mentale	Normaux	20	50,31	19,45	-3,91	38	significative
	Sclérose en plaque	20	77,68	24,48			

Tableau N (24) : Résultat de la hypothèse principale

D’après les résultats du tableau (24) montent que la moyenne arithmétique pour les normaux et de **50,31** avec un écart type de **19,45**, alors que la moyenne des patients présentant une sclérose en plaque est de **77,68** avec un écart type de **24,48**.

La signification des différences entre les scores moyens des patients normaux et les patients présentant une Sep a été testée au niveau de la signification **$\alpha=0,05$** .

Et à partir du tableau des résultats et d’après les résultats du t teste on à trouver

qu'il existe une différence significative statistique entre les normaux et les patients présentant une sep au niveau des fonctions exécutives de la rotation mentale et cela en comparant les scores moyens des deux groupes dans la fonction , lorsque la moyenne du T calculé de ces différences est de **-3,91** qui est une valeur supérieure à celle au degré de liberté **38** au niveau de la signification $\alpha=0.05$, et ainsi la première hypothèse partielle qui dit qu'il existe une différence significative entre les deux groupes au niveau de la est confirmée .

En référence à la moyenne arithmétique, on l'a trouvé chez les patients présentant une Sep **77,68** elle est plus élevée à celle des normaux **50,31** ce qui signifie qu'ils ont des difficultés au niveau des fonctions exécutives et rotation mentale.

Et en référence aux écarts type on les trouve élevée dans les deux groupes 19,45 pour les normaux, et pour les Sep 24,48, ce qui explique que les résultats dans les deux groupes sont proche.

3-Discussion des résultats statistiques :

3-1Discussion des résultats de corrélation de l'hypothèse secondaire (1-1):

D'après les résultats obtenue dans le tableau(13), la corrélation à été testé avec le test de **Pearson** et d'après le résultats la valeur (**r**) égale à **0,05**, au niveau de la signification($\alpha =0,05$) qui égale à (**r=0,80**) qui signifie que l'hypothèse est infirmée.

Mais d'après les résultats obtenu par l'étude de (**BOUILLIER ET MARKS,2003**) il existe une forte relation de la mémoire de travaille entre l'inhibition et la rotation mentale, la corrélation observé et relativement élever à (**r=0,25**) et pour la rotation mentale (**r=0,48**) pour l'inhibitin selon leurs études.

3-2 Discussion des résultats de corrélation de l'hypothèse secondaire(1_2) :

D'après les résultats obtenue dans le tableau(14), la corrélation à été testé avec le tset de Pearson et d'après le résultats la valeur r égale à 0,05, au niveau de la signification($\alpha = 0,05$) qui égale à ($r=0,20$) qui signifie que l'hypothèse est infirmé.

Mais d'après les résultats obtenu par (**Boutillier et Marks,2003**) ils supposé une participation possible de la mémoire de travail visu-spatial fortement impliquée dans la rotation mentale avec une corrélation observer sont relativement élevés ($r=0,25$) et ($r=0,60$) pour la mémoire de travail. Ainsi que (**Stoekel et Rainer ,2008**) ont trouvés que la rotation mentale impliquerait un processus de contrôle actif qui peut aussi dépendre du calpin-visuo-spacial de la mémoire de travail.(**André, C,2012**)

3-3 Discussion des résultats de corrélation de l'hypothèse secondaire (1-3) :

D'après les résultats obtenue dans le tableau(15), la corrélation à été testé avec le tset de Pearson et d'après le résultats la valeur r égale à **0,05**, au niveau de la signification($\alpha = 0,05$) qui égale à ($r=0,87$) qui signifie que l'hypothèse est infirmé.

D'après (**Lind and Petrson,1985**) ont montrer dans leur etude que la rotation mentale néssisite la flexibilité mentale.

(**Richard 2000 clement et delabbare 2001**) dans le casde la flexibilite mentale correspond a un désengagement de l'action en cours pour initier une nouvelle action.ce disengagement permet un changement de representation sur le but qui est en general et c'est le cas de la retation mental.

3-4 Discussion des résultats de corrélation de l'hypothèse secondaire (1-4) :

D'après les résultats obtenue dans le tableau(16), la corrélation à été testé avec le tset de Pearson et d'après le résultats la valeur r égale à **0,05**, au niveau de la signification($\alpha =0,05$) qui égale à ($r=0,51$) qui signifie que l'hypothèse est infirmé.

Ya des auteurs qui ont conclu que la rotation mentale nécessitait une planification et une anticipation, (**Windischberger et al,2013**) ont confirmer en enregistrant une activation bilatérale de l'aire motrice supplémentaire antérieure pendant la rotation mentale pour valider cette hypothèse (**Wechsleager, 2001**) à évalué l'interférence entre la planification d'une rotation manuelle et la rotation mentale d'images abstraites.

3-5 Discussion des résultats statistiques de la première hypothèse secondaire (2-1)

A partir des résultats de l'analyse statistique on a constaté qu'il y a une différence statistique significative entre les normaux et les patients présentant la **Sep** au niveau de l'inhibition qui est la capacité qui nous permet d'ignorer les stimulations non pertinentes pour l'activité en cours et permet aussi de contrôler l'impulsivité motrice et cognitive et dans le cas des patients présentant une Sep cette capacité est altérée.

On a utilisé le test **Stroop** pour évaluer le processus d'inhibition et lors de la passation on a remarqué que les patients présentant une **Sep** manifestaient des difficultés liées spécifiquement à l'épreuve d'interférence qui consiste à nommer la couleur de l'ancre de chaque mot malgré que nous avons corrigé à chaque erreur ce

qui explique l'augmentation de nombre d'erreurs émises et le temps de l'exécution . C'est ce qui nous permet d'affirmer la présence d'une atteinte au niveau de l'inhibition chez les patients présentant une **Sep**.

Taches demandées et obtenaient des scores élevés avec quelques erreurs qui corrigeaient eux même, et ils n'éprouvaient aucune difficulté lors de l'application des taches d'inhibition. .

Selon (**Beatty et al 1996**) ont montré des déficits dans la résolution de problèmes et la déduction de règles. Des déficits dans les capacités de conceptualisation, de raisonnement abstrait ou encore une prise en compte réduite du feedback et des difficultés **d'inhibition** et de la flexibilité mentale ont également été rapportés.

Cependant (**Denney et al**) les capacités d'inhibition et de résistance à l'interférence mise en évidence par le **Go no go** et le **Stroop** , retrouvaient une différence significative entre les **60** patients atteints d'une sclérose en plaques et les **17** témoins sains aux trois épreuves du Stroop (lire le mot écrit, nommer la couleur du mot et nommer la couleur du mot écrit désignant une autre couleur) mais pas au score d'interférence laissant supposer que le déficit prédomine sur la vitesse de traitement de l'information.

La meme chose chez (**Pujol,2001**) et (**Vikovitch,2002**) s'accordent pour dire que les déficits d'inhibitions dans la sep sont caractérisés par l'augmentation de nombre d'erreurs au test de stroop.

3-6 Discussion des résultats statistique de la deuxième hypothèse (2-2):

D'après les résultats de l'analyse statistique on a constaté qu'il ya une différence statistique significative entre les normaux et les patients Sep au niveau de la

Chapitre 6: **presentation et discussion des résultats**

mémoire de travail, c'est celle qui nous permet de stocker et manipuler temporairement des informations afin de réaliser une tâche particulière, ce qui n'est pas le cas dans la Sep.

On a choisi d'utiliser la mémoire des chiffres de l'échelle d'intelligence de Wisk IV, et lors de la passation on a observé chez les patients présentant la Sep manque de concentration et d'attention ainsi qu'une lenteur et des hésitations dans les réponses et la plupart d'entre eux n'ont pas obtenue la moyenne, et des fois ils rajoutaient ou supprimaient des chiffres surtout dans l'ordre inverse, donc ya une baisse de capacités de stockage.

Et pour les normaux , cette épreuve n'est pas vraiment réussite car eux aussi ils ont trouvé des difficultés surtout les dernières séquences des chiffres qui était longues .

D'après (**Deferet Brochet,2010, p107**) les troubles de la mémoire de travail (MDT) semblent l'argument reconnu dans la Sep, certains auteurs les considérant meme comme le deficit cognitif le plus fréquement rencontré. Ces troubles seraient presents dès lesstades pécoques de la maladie.

Par contre (**Brigby et al**). ont soumis un empan de chiffres en ordre direct et inverse l'épreuve de **Brown Peterson** à 23 patients atteints de la sclérose en plaque et 23 sujets volontaires sains. Ils ont conclu à une atteinte de l'administrateur central. En effet, l'empan chiffré en ordre inverse était significativement plus échoué par les patients que les témoins témoignant de l'atteinte de la mémoire de travail la plus basse performance en comparaison au groupe témoin concernait le (**Brown Peterson**) Test en double tâche témoignant de l'atteinte de l'administrateur central. A cette épreuve en rappel immediate (**Test de mémoire**

immédiate), il n'y avait pas de différence entre les deux groupes. L'atteinte de l'administrateur central est également démontrée par deux autres études avec des épreuves en double tâche.

3-7 Discussion des résultats statistique de la troisième hypothèse(2-3) :

D'après les résultats de l'analyse statistique on a constaté qu'il y a une différence significative entre les patients présentant une sclérose en plaque et les normaux au niveau de la flexibilité mentale qu'est l'habilité de changer d'activité n de tâches, et de stratégies afin de passer d'une action cognitive a une autre.

On a utilisé le Trail Marking Test (TMT) qui nous a permis d'observer la capacité des patients à passer d'une action à une autre.

On a remarqué les difficultés d'exécution durant cette épreuve chez les patients présentant une sclérose en plaque , spécifiquement dans la partie B du TMT qui nécessite de relier en ordre croissant des chiffres et des lettres, et ils ont pris du temps d'exécution très élevé.

Par contre ce n'était pas le cas pour les patients normaux , ils ont pas trouvé de difficultés de passer de la passer de la partie (A) à la partie (B) avec seulement quelques erreurs dont ils se rendaient compte et se corrigeaient eux même , et n'avaient pas pris beaucoup de temps pour la réalisation de cette épreuve.

Selon (**Beatty et al 1996**) ont montré des déficits dans la résolution de problème et la déduction de règles. Des déficits dans les capacités de conceptualisation, de raisonnement abstrait ou encore une prise en compte réduite du feedback et des difficultés d'inhibition et de la flexibilité mentale ont également été rapportés.

Chapitre 6: **presentation et discussion des résultats**

le temps au sujet d'achever la tâche. Associé à un déficit de la planification aux troubles des stratégies observés avec la tour de Hanoi a été suggérée.

(Feuillet et al, 2007) ont proposé 18 tests cognitifs à 40 personnes présentant de la SEP à 30 sujets sains. Les résultats étaient significatifs et différents entre les deux groupes : la **mémoire de travail** et la **flexibilité** (B) c'est-à-dire les fonctions les plus perturbées.

4- Synthèse des résultats :

À travers ce qui a été présenté dans la partie théorique et les études précédentes sur la corrélation entre les fonctions exécutives et la rotation mentale chez les patients présentant la SEP en le comparant à celles des normaux.

Nous avons appliqué un test pour chaque fonction exécutive : le (**stroop**) pour l'inhibition, la mémoire des chiffres de (**Wechsler**) pour la mémoire de travail, le (**TMT**) pour la planification et le (**MCST**) pour la planification, on a aussi appliqué le test (**RMT-A**) pour la rotation mentale ainsi que la batterie de la BREF.

Et selon les résultats statistiques obtenus, toutes les hypothèses que nous avons formulées sont acceptées comme suit :

- La première hypothèse secondaire il y a une corrélation entre l'inhibition et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaques est infirmée
- La deuxième hypothèse secondaire il y a une corrélation entre la mémoire de travail et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaques est infirmée
- La troisième hypothèse secondaire il y a une corrélation entre la flexibilité mentale et la rotation mentale est infirmée

-La quatrième hypothèse secondaire il ya une corrélation entre la planification et la rotation mentale est infirmé

_ La première hypothèse secondaire qui dit qu'il y a une différence significative entre les patients présentant une sclérose en plaque et les patients normaux au niveau de l'inhibition a été confirmée.

_ La première hypothèse secondaire qui dit qu'il y a une différence significative entre les patients présentant une sclérose en plaque et les patients normaux au niveau de l'inhibition a été confirmée.

_ La deuxième hypothèse secondaire qui dit qu'il y a une différence significative entre les patients présentant une sclérose en plaque et les patients normaux au niveau de la mémoire de travail a été confirmée.

_ La troisième hypothèse secondaire qui dit qu'il y a une différence significative entre les patients présentant une sclérose en plaque et les patients normaux au niveau de la flexibilité mentale a été confirmée.

_ La quatrième hypothèse secondaire qui dit qu'il y a une différence significative entre les patients présentant une sclérose en plaque et les patients normaux au niveau de la planification a été confirmée.

-il ya une corrélation entre les fonctions executives et la rotation mental chez les patients présentant une sclerose en plaque infirmé

-il ya une difference significative entre les normaux et la sclerose en plaque au niveau des fonctions executives et la rotation mental est confirmée.

Conclusion générale

Conclusion

conclusion général

L'objectif de notre étude est de centrer sur la corrélation entre les fonctions exécutives et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque, ainsi évaluer ces domaines sur les mêmes échantillons en les comparant à celle des normaux, en appliquant de différents outils d'évaluation (le **stroop** pour l'inhibition, la mémoire des chiffres de **Weschler** pour la mémoire de travail, le **TMT** pour la planification et le **MCST** pour la planification, on a aussi appliqué le teste **RMT-A** pour la rotation mentale ainsi que la batterie de la **Bref**).

Les résultats de l'étude que nous avons menée ont montré qu'il y a pas de corrélation entre les fonctions exécutives et la rotation mentale chez les patients présentant une sclérose en plaque. Par contre, il y a d'autres études qui montrent qu'il existe une forte relation entre ces variables, ce qui nous empêche de généraliser ces résultats sur les patients atteints de cette pathologie, pour cela, ces résultats représentent que notre échantillon d'étude.

Et pour la deuxième partie de notre étude, nous avons montré qu'il y a une différence significative entre les normaux et les patients présentant une sclérose en plaque au niveau des fonctions exécutives et la rotation mentale, ce qui confirme l'impact de la sclérose en plaque sur les fonctions exécutives et la rotation mentale.

Ainsi, nous suggérons des études supplémentaires sur le même sujet mais sur un échantillon plus large, afin de rendre ces résultats plus concluants et fiables sur le plan scientifique.

Conclusion

cette étude nous a permis de découvrir sur le terrain les patients atteints d'une Sep, et aussi il est important de préciser que cette recherche reste une bonne expérience en termes d'apprentissage, à travers laquelle nous avons découvert et appris beaucoup de choses sur le plan humain et en particulier sur le plan scientifique, et comme elle est d'un apport positif sur le plan méthodologique. Ainsi elle nous a permis de toucher à l'un des problèmes de la santé publique à savoir, la sclérose en plaque, et comprendre leur vécu. En outre cette recherche a été une occasion de nous familiariser avec le terrain et l'univers de la recherche scientifiques.

Pour conclure cette étude peut permettre à d'autres étudiants d'effectuer des recherches concernant ce thème de recherches sous un autre angle, ou plus approfondie et de mettre l'accent sur les maladies neurologiques.

Bibliographie

Liste des ouvrages :

- Abdoulaye. B.A (2017).**Biologie et Physiologie des Neurones**, laboratoire des
- Adolph, R ; Baron-Cohen,S ; Tranel,D. (2000) **Impaired recognition of social emotions following amygdala damage**, Journal of Cognitive Neuroscience, 14, 1246-74.
- Alloway ,T.P.Gathercole, S.E et Pickering S.J(2006). **Verbal and visiospatial short-term and working memory in children. Are they separable ?** child-development 72.
- Anderson,Levin, Levin,Jacobs (2002), **Assessment and development of executive function during childhood**. Neuropsychology,72.
- Allain,P.le Gall,D (2008).**Approche théorique des fonctions exécutives** ,(Ed) Solal, Marseille.
- Annett ,(1988).**Imagery and Skill Acquisition** Proceedings of the Nato Advanced Research, Workshop on " Imagery and cognition ".
- Annick.V, Chantal.D , BA ,Françoise.R , Emmeret.C (2000). **Encyclopédie de sécurité et de la santé au travail**, 3ème édition, France.
- Arnaud (SD). **fonctions exécutives chez l'enfant développementale et clinique** .université d'angers. France.
- Arnaud.M. (2010). **Caractérisation de la relation structure-fonction dans le cerveau humain à partir des données d'IRM fonctionnelle et de diffusion : Méthodes et application cognitive et chimique**, France.
- Ascherie et Munger (2007).**Environnement et facteurs de risque de la sclérose en plaques** . I the role of infection and neuroinflammation
- Ayman.T. (2003). **La sclérose en plaques : Aujourd'hui et demain**. édition John Libbey euro test, France.
- Azouvi P- Perrier. D, van der Linden M (2000). **la rééducation en neuropsychologie : étude de cas** .édition solal neuropsychologie.
- Barat M , Joseph P ET AL (2003).**les troubles cognitifs dans la sclérose en plaques** . 3ème édition Masson .paris
- Baddeley (1998).**The central Executive : A concept and some misconceptions**. Journal of the International Neuropsychological Society.

- Baciu,M(2011).**Base de neurosciences Neuro-anatomie fonctionnelle** , édition de boek. Belgique.
- Bakker, Boschker, chung (1996),**changes in muscular activity while imaging weight-lifting using Stimuly propositions**. Journal of sport and exercise psychology.
- Barbara,I (2007).**Comprendre le cerveau : Naissance d'une science de l'apprentissage**,édition OCDE. France.
- Bentayeb.O. (2016). **Le Tissu nerveux**, Université Bordj mokhtar, algérie .
- Bert,J.(1981).**Le vieillissement des Neurones et ses implications en Neuropathologie humaine centre collaborateur de l'OMS à Marseille**. France.
- Bethoux, F(2006).**Fatigue et sclérose en plaques, Annales de réadaptation et de médecine physique**,France, Edition Elsevier masson.
- Borradori-Tolsa,C.Barinmikav, k , lejeune,F.et huppi,P(2004).**développement des fonctions exécutives de l'enfant prématuré**.Edition Elsevier masson.
- Boshker,M (2001).**Action_bosedimagery:on the nature of mental lyimagined motor actions**. (doctoral thesis).Vrijeuniversiteit Amsterdam.
- Boujon et lemoine (2002). **Le rôle de l'inhibition dans le contrôle attentionnel des traitements**. In Boujo., Edition Solal, .
- Bourgery et Jacobe (1832). **Neuroanatomie, Traite complet d'anatomie de l'homme**. université catholique de lile, France.
- Brest et Al (2009). **executive fonction afterage 5 changes and correlaties devlopmental Review** .
- Brest, J.R ; Miller, P.H(2010) **developmental percepective on executive fonction** .child Development .
- Brother et AL (2017). **aspects clinique psychologique et thérapeutiques et actuels de la sep encyclopédie médicochirurgicale**, Elsevrie masson . paris .
- Bruno.B ,Jérôme .D, christime.L ,héléme.Z, Gilles.(D.S).**La sclérose en plaques clinique thérapeutique**. édition Elsevier Masson, Paris.

-Brochet.B , Ouallet J-c, (2003).**Les douleurs de la sclérose en plaque ,la sclérose en plaque, problèmes en médecine de rééducation.**Edition ELSEVIER MASSON .frence , paris .

-By.J ,philippe, P(2018). **Guide de la survie de la personne autiste .** I.S.B.N 978, Copyright première édition française.

-C.Guillame.B ,Guillery-Girard F.Eustache, B (2009). **Des granges " mémoires et vieillissement normal : donnes comportementales et électrophysiologique.**

-Caillace.D. (2009). **Pole anesthésie, Samu, Anatomie et physiologie du système nerveau.** "Article"

-cambier . et Al (2012).**Neurologie.** 13 éme édition. Edition Elsevier masson .

-Cambier J, Masson M, Delhon H N. (2012). **Neurologie.** 13ème édition, Elsvier masson, France.

-Campanella, S ; Streel E. (2008). **Psychopathologie et neurosciences questions actuelles de neuroscience cognitives et affectives.** Edition de Boec. Bruxelles,

-Camus,J,F (1996). **La psychologie cognitive de l'attention .** édition Armand. paris.

-Charlotte.D. (2015). **Evaluation de traitement de la sclérose en plaques par analyse morfo-métriques des données d'imagerie par résonne magnétique.** Toulouse, France.

-Charlotte.M, Adeline.V.D (2004).**L'indispensable de la psychologie,** édition Studyrama.

-Collègue des enseignants de **Neurologie .**(2016). 4ème édition Elsevier Masson.

-Collette (2004).**Exploration des fonctions exécutives par l'imagerie cérébrale en neuropsychologie.**"Article"

-Compston et All. (2006). **Mc Alpine's multiple sclérose** 4th ed :4.

-compston,(1999). **the geneticépidemology of multiple sclerosis.** Edition Taylar and Francis Groupe .

-Couvreuri et moreauit (2002).**la sclérose en plaque déficience motrice et «situation de handicaps »**Edition APF."Article"

- Daniel.R, Jean.F, Danil.E, Monique.G, Yues.G. (2013). **Neuroscience –Tout les cours enfiches -Dunord.** france
- David.P. (2002).**Neurologie : Manuel atlas**, 1^{er} édition de Boek .Belgique ,Bruxelles.
- Degiorgio, C ; Fery, P ; Polus, B. et watelet, A (SD).**Comprendre les fonctions exécutives. Bruxelles Brochure du centre de Réadaptation neurologique.C.R.F.N.**
- Dekker, M.C Ziermans ,T.B et Swaas,H (2016) **the impact of behavioural executive functioning and intelligence. On math abilities in children with intellectual disabilities.** Journal of intellectual disability Research.
- Desgrange ,Eustache et autre (2013).**Mamel de neuropsychologie.** édition ,Dunad. Paris.
- Deslandre ,Elefbvre, G, Girard (2004). **fonction exécutives. P.R.G, Neurologie psychiatrie.**
- Deslandre E, AL (2004).**Evaluation neuropsychologique des fonctions exécutives.**
- Defer, G, Brochet, B , ET Pelletier, J (2010).**Neuropsychologie de la sclérose en plaque.**Edition elsevier masson . France . paris .
- Diamond A ,(2013) executive fonction annual review of psychology.
- Drai.R , et Arezki.M. (2012). **Prévalences de la sclérose en plaque dans la ville de Blida.** Rev Neurol.
- Drew et al (2008).**Exécutive fonction and cognition imprint in large community-based sample with multiple sclerosis from .New Zealanda** descriptive study.Arch cein Neuropsychol.
- Dupuis, Gudmund Som, le drimi peidy(2010).**La sclérose en plaque.**université de Genève "suisse".
- E.R, Camille.P.(SD). **A vos cerveaux dossier didactique Sciences naturelles.** BE Rue vautier 29, 1000 Bruxelles."Article"
- Element,(2006). **Approche de la flexibilité cognitive dans la problématique de résolution de problème.** année psychologique.-
- Eslinger P. Damasio A. severe (2006).**Disturbance of higher. Cognition of after bilateral frontal lobe ablation.**"Article"

- Eslinger, P-J, Grattan,L.M (1993). **Frontale lobe, and frontale-trialsubstrates far differentforms- of human cognitive flexibility,neuropsychologie.**
- Fabiau.J. (2018).**Analyse histologique et cytologique de prélèvement cérébraux écho guide étude préliminaire chez le chien sain**, Ecole nationale vétérinaire de Toulouse-ENTV.
- Feltz.D,landers.,D (1983).**the effect of mentale practice on motorSkillleaning and performons :Ameta-analyse** .Journal of Sport psychologie.
- Fernandez Duque D, Baird, J, et posnes, MI (2000). **Executive attention and meta-cognitive regulation, conscousnes and cognition.**307(Article)
- Foog-et AC celine P-L(2014).**Correlats structuraux et fonctionnel, de l'atteinte cognitive précoce au cour de de la sclérose en plaque.**
- Friend K.B , Rabin B.M ,Groninger L ,Deluty R.H , bever C , and Grattan L (1999). **langage fumotion in patients with multiple sclerosis clin Neuropsychol.**
- Ghislain B. (2011). **Adhésion anance-structares-physique** ,Université Grenoble Alpes NNT , Greny 054.
- Ghislain.B. (2011). **Adhésion, Croissance et polarisation des Neurones sur substrats micro-et-mano- structures, Physique.** Université Grenoble Alpes Française-NNT. Greny 054.
- Gil (2010). **Neuropsychologie de lobe frontale** . 5 éditions masson Neuropsychologie.
- Gilles D ,Bruno B, Jean P (2010). **Neuropsychologie de la sclérose en plaques.** Elsevier .édition Masson, Lyon Caen ,France.
- Godefray, G ; Roussel-Pieronne, M ; Routier, A Toubier (2004). **Etude neuropsychologique des fonctions exécutives.** T.Meulemans, F. Collete et M.Vandeslinden. édition solal.Marseille.
- Godefray (2003).**Frontal syndrom and disores of exécutive funection.**Journal of neurologie.
- Graudon et bermard, (2009).**Chromicviralinfection of the central nervous système aspects multiple sclérosis** .Rev neural. Paris .

- Grégory.C, Thibault.M.(2001). **La sclérose en plaque, le point sur la maladie**. CH4 de Dijon ,France.
- Habek,AL (2010). **Nutrition in multiple sclerosis** *Neurologie* .
- Hall.4(2001). **Measurement Imagery Ability and Imagery** .USE. *Advances in sport and exercise psychology measurement* .purdueuniversity Editor.
- Huizinga, M.Dolan, Van Der Molen,M.W (2006). **Age related change in executive function : Developmental trends and a latent variable analyses** *Neuropsychologia*. 44,2017.2036."Article"
- Huppi,P (2004). **Developpement des fonctions exécutives de l'enfant prématuré**. Edition Elsevier Masson .France
- Jacobson ,(1931,1932). **Electro-physiology of mental activities**. American Journal of psychologie
- Jacques.P. (1978). **Le système nerveux centrale et périphérique** .formation, Fonction, Etrole, Neurologue, Neuropathologiste et Histologiste, ancien chef service à l'hôpital-Pitié- salpêtrière, ARSEP , Paris.
- Jagodic et AL, (2009) **A role for v1 in experimental autoimmune encephalomyelitis and multiple sclerosis** *Transl Med* 1."Article"
- Jolly,M (2011-2012). **fonction cognitives et prise en charge de groupe auprès de personnes âgées**. mémoire pour l'obtention de certification de capacité universitaire de Nantes-Publie.
- Jean.J.L (pu), et Xavier.R (IHP). (2012). **Neurologie gériatrie**. 2ème édition wolterskluwer, France, Sylvain Rheimy et Régis Gonthier.
- Jeanne M.S. (2000). **Encyclopédie de sécurité et de la santé au travail**, Volume 1. 3ème édition française est 4ème édition anglaise, France.
- Jeannerod.m (1994). **the representing brain. Neural correlates of motor intention and imagery**. *Behavioral and Brain Science* .
- Jeannerod ,m.(1999). **the 25th Bartlett lecture To act or to act perceptively on the representation of action** *Quarterly Journal of experimental psychology* .A .
- Jean-Pierre, Walch(2017) : **Fonctions exécutives et syndrome(s) dysexécutif(s)** A.P.A.J.H

-Joël.B.(SD). **La chimie des récepteurs des Neuro-transmetteurs.** Montpellier,France.

-Kasslyn.s,(1980).**Image and brain ,the resolution of the imagerydebat.** ,MIT,pres.cambridge MA

-kohl,R,RoenKer.p(1983).**Mechanismsin vovement during Skillimagry.** Journal of Motor behavior.

-Lechevalier, B ; Eustache, F. et Viader, F (2008). **Traité de neuropsychologie clinique neurosciences cognitives et cliniques de l'adulte.** Edition de Boec. Bruxelles.

-Luis,B. et Sylvie,B.(2004). **le déclin des fonctions exécutives au cours de vieillissement normal, dans la maladie d'Alzheimer et dans la démence front temporale.** centre de recherche l'institut universitaire de gériatrie de Montréal. Canada.

-Magill,R(1998)**Knowledge y more the wecanTalk.about: Implicitlearning in motor Skill acquisition.** Research,Quarterly for exercise and SPERD.

-Mariem.A.G. (SD) **Prise en charge globale de la sclérose en plaques.** France.

-Mathilde,A et Sylvie,P (2013). **Normalisation d'un test de résolution de problèmes de la vie quotidienne.** hôpital Pierre Saynghedauw CHRU, Lille-France.

-Maud.P, Céline.O, Philippe.L. (2008). Eds : pharmacie cavale blanche, CHU de Brest (29).

-MazeauM , et pouhet, A (2014). **Neuropsychologie et trouble apprentissages chez les enfants tupique aux dys.**2 édition. Elsevier masson.Paris

-MC Donald wi. (2001).**Recommende dignostic criteria for multiple sclérosis. guide limes from the international panel on the dignostic of multiple sclérosis .**Ann Neurol .

-Michel.G. (2005). **Anatomie fonctionnelle de l'appareil locomoteur. OS. Articulation. Muscles.** 3éme édition, Canada.

-Michel.I. (2006). **Traité du cerveau.** édition Odile Jacob, Paris.

-Michéle M, Pierre L (2013). **fonctions exécutive chez l'enfant prolongation aves l'appuie scientifique de l'institut thématique multi-organisme de l'avie**

s **IT mo neurosciences, sciences cognitives, neurologie psychiatrie.** édition Inserm.

-Moret et Mazeau (2013) **le syndrome dysexécutives chez l'enfant et adolescent.** Elsevier masson.

-Murray T.J (2009). **the history of multiple scléroses the change France of the disease over the century.** JN eurosci.

-Nady.H, collet, A Guillat (2018). **Représentation mentale et processus moteur le cas de rotation mentale."** Article"

-Nelia.P.C. (2006). **Système nerveux chez l'humain, Bio -5068-2 guide d'apprentissage.** édition novade

-Neurey Noém (2018). **le rôle des fonctions exécutives et de la pratique d'activités physique par les capacités fonctionnelles des personnes âgées de 75 ans et plus.** 1348 louvain la neuve Belgique .

-Nicole.D ,Nancy.P. (2010). **Biologie humaine** .1ère édition de boeck ,Traduction et adaptation de human biology de sylbriaS.Mader , canada.

-Norman D.A(1986). **attention to action willed and automatic contrôle of behavior.** InR. J.Davidson. G.EShwatz.Shapiro (eds) conscious and self regulationadvanced in theory and research . New York : Plenum Press.

-Orsini.J.C, Pellet.J. (2005). **Collection dirigée par G.A my et M.Piolat introduction biologique à la psychologie.** 2ém édition Breal.

-Ouallet, Jv, Brochet, B.(2004) **Aspects Clinique, physiopathologiques, et thérapeutiques de sclérose en plaque.** EMC-Neurologie.

-Paivice (1969,1971, 1975).**Mental imagery in associative learning** .psychology .Review .

-Paivice.A (1971). **Imagery and verbale processes.** New York Holt. Rinchart et Winston.

-Paradal- diehl.p ,chevignaed M, pancet F .(2009). **Evaluation écologique et rééducation du syndrome dysexécutif en ergothérapie.**

-Pascale.P. (2001).cours magistraux, neuro psychologie, Faculté pharmacie.

-Pepeix. C, Lubetzki.C. (2010). **Traitement actuels de la sclérose en plaque.** Lyon- Coen- O- Med.

- Pepeix. C. (2011). **La sclérose en plaques s'informer par mieux se soigner.** édition Olide Jacob.
- Peskin,A . Chevignard, M. Picq, C. Pradah-Dieh, P (2006). **Evaluation des troubles comportementaux dans le cadre du syndrome dysexécutif.** Paris-France, Springer. Verlag .
- Phillips, D.E. (1973). **An electron microscope study of the developing spinal cord in the fatal monkey.** Z,Zellforsch. Mikrast, Anat.
- Pohl, (2009).**Epstein-barr virus and multiple sclerosis.**J. of the neurologic science
- Pugliani.M .(2007). **The epidemiology of multiple sclerosis in Europe.** Eur Neurol.
- Pylyshyn (Z,(1973).**What the mind tells the brain :A critique of mental imagery.** Psychology. Bulletin.
- Rao et AL (1991). **Cognitive dysfunction in multiple sclerosis and frequency patterns and prediction.** Neurologie
- Rao et Drew (2015) **.théorie de l'esprit et changement interpersonnels dans SEP.** EVIN. AURORE.
- Rayan E, Simons.J(1982).**Cognitive demand, imagery and frequency of mental rehearsal as factors influencing acquisition of motor skills.** Journal of sport psychology.
- Richard G.(SD). **Sclérose en plaques maladie, espoir et réalité.** édition fondation charcot..
- Robert F S. (1995). **En bref....physiologie.** 2 édition, New York, P21.
- Rosati.G.(2001). **The prevalence of multiple sclerosis in the world . an update.** Neurol. Sci.
- Roth, R .M, Randolph, J.J Koven ,N.S et Isquith, R.K (2006). **Neural substrate of Executive functions.** Insight from functional neuro-imaging In J.R Dupri (ed) focus on neuropsychology research. New York Nova science Publishers.
- Roy (2007). **Fonctions exécutives chez l'enfant atteint d'une neurofibromatose de type 1 : approche clinique et critique.** université d'agers.

- Ryan, simony ,(1983).**what y learned in mental practice of motorSkills :A test OF THE congintive.motor the hypothese.** Journal of sport psychologie .
- Sackett (1934)Savoyant (1986).**the inflionce of symbolicrohearsal up on the retention of a maze habit .**Joumal of General psychology.
- Sadji,M , (2017). **Etude et réalisation d'un système D'assistance des malades atteints de la sclérose en plaque.** (the hacavinig system) .
- Sal.P. (2000). Faculté de médecine Pierre and Marrie Curie, Neuropathologie, les Neurologues du groupe.
- Schinder, A, (2008). **Neurologie du comportement : la dimension neurologique de la neuropsychologie.** Issy-les- Moulinaux . édition Elsevier Masson.
- Schmidt.R(1993).**Apprentissage mateur et performance.**Paris ,vigat.
- Schumacker et AC (1965).**roblens of expérimental.triales of therapy in multiple scléros.** Am NY acod scilp.
- Sefraoui .M. (2019). **Prise en charge médicamenteuses de la sclérose en plaques : Actualités et Nouvelles stratégies.** Maroc
- shallice T. Burgess P.(Sd). **Deficit in strategy application follauring frontal lobe damaging.** in pardat Dielp .Brun, Azouvi P Ibider .
- Shallice.T(1982). **Specificimpairments of planning of London .B 298,199.209."Article"**
- Sieraf,E (2009) la neurologie approche cognitive des syndromes.
- Scheras et Al (2009).**Sclerose en plaque.** Edition REV Pev. France.
- Thibault.M. (2017). **Renaud du pasquier, la sclérose en plaque.** "Article"
- Thomas.C, Pritchard.K, Alloway.D (2002).**Neurosciences médicales, les bases Neuro anatomique siologiques.** 1ér édition. Paris.
- Tourbah A, Moreau T. (2005). **Sclérose en plaques BASH,** édition médicales.
- Tourbah.A. (2010). **Sclérose en plaques EMC.** Edition Elsevier masson, SAS, Paris) Traité de médecine AKOS, 5-1100.

-Zelazo, P.D ; et Muller, U.(2002). **Executive fonction in typical and atypical developpement.** JnU. Goswami (Ed) Black wellhandbook of childhood cognitive developpement. Malden : Blackwellpublishing.

-Zéphir.H. (2015). Prise en charge des symptômes dès début de la maladie, le concoure médicale.

-صحراوي نادية (2013) التدوير الذهني للأشياء في الفضاء الثنائي وثلاثي الأبعاد دراسة مقارنة بين ذوي الإعاقة الحركية الدماغية والتلاميذ العاديين، رسالة ماجستير غير منشورة الجزائر جامعة أبو قاسم سعد الله