

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعلیم العالی و البعث العلمی

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : GENIE BIOMEDICAL

Spécialité : Imagerie Médicale

Par : SAHBATOU Fatima

Sujet

Détection et classification de lésions cérébrales à partir des images médicales

Soutenu publiquement, le / 06 /2023 , devant le jury composé de :

Mr Behadada O	MCB	Université de Tlemcen	Président
Mme Kazi Tani L	MCA	Université de Tlemcen	Examinateur
Mme Benchaib Y	MCA	Université de Tlemcen	Encadreur

Remerciement

*Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux.
Louange à Allah, Seigneur de l'univers.*

Je remercie tous d'abord mon Dieu, qui m'a aidé à terminer mes études universitaires avec succès et qui m'a donné le courage et la volonté de réaliser ce modeste travail.

Je donne mes chaleureuses salutations à mes parents pour leur patience et pour être restés à mes côtés par l'attention et la prière.

J'adresse mes sincères remerciements à mon encadreur « m. BENCHAIIB Yasmine » qui m'a donné des conseils et des idées tout au long de ma période de recherche.

Sans oublier tous mes enseignants, amis et collègues que je considère comme ma deuxième famille.

Résumé

Grace au développement de la médecine et surtout dans le domaine d'imagerie médicale qui est utilisée pour l'acquisition des images à travers de ses différentes techniques (TDM, IRMf, TEP-scan...), on a découvert à partir de ces images plusieurs pathologies affectent notre encéphale. Cependant, l'interprétation visuelle de ces images par l'expert (médecin) n'était pas précise, ainsi qu'elle peut conduire à un diagnostic erroné. Pour cela les chercheurs inventent des algorithmes appliqués le long de la chaîne du traitement d'images sur des logiciels calculatrices, ces algorithmes sont basés sur l'intelligence artificielle et considérés comme un système d'aide au diagnostic. Ils font une classification automatique des images cérébrales stockées sur une base de données.

On est présenté dans ce modeste mémoire un contexte médicales de l'encéphale humain (anatomie, physiologie et lésions). Ensuite, on est étudié en détail la chaîne de traitement des images cérébrales (acquisition, prétraitement, filtrage, segmentation, caractérisation et classification), avec une comparaison entre les classifieurs utilisés (KNN, SVM et réseau de neurones) dans logiciel MATLAB.

▪ Mots clés:

Système nerveux central, l'encéphale, lésions cérébrales, IRMf, traitement d'images, base de données, segmentation, extractions des caractéristiques et classification.

Abstract :

Thanks to the development of medicine and especially in the field of medical imaging which is used for the acquisition of images through its various techniques (CT, fMRI, PET-scan, etc.), we have discovered from these images several pathologies affect our brain. However, the visual interpretation of these images by expert (physician) was not precise, thus it can lead to an erroneous diagnostic. For this, researchers invent algorithms applied along the image processing chain on computer software. These algorithms are based on artificial intelligence and considered as a diagnostic aid system, they do an automatic classification of brain images stocked on a database.

We present in this modest thesis a medical context of the human brain (anatomy, physiology and lesions). Then, we study in detail the cerebral image processing chain (acquisition, preprocessing, filtering, segmentation, characterization and classification), with a comparison between the classifiers used. Our choice is focused on three types of algorithms (KNN, SVM and RNN) in MATLAB software.

الملخص:

يفضل تطور الطب وخاصة في مجال التصوير الطبي الذي يستخدم لاكتساب الصور من خلال تقنياته المختلفة (CT ، PET-scan ، fMRI ، إلخ) ، اكتشفنا من هذه الصور العديد من الأمراض التي تؤثر على الدماغ. ومع ذلك ، فإن التفسير البصري لهذه الصور من قبل الخبير (الطبيب) لم يكن دقيقاً ، وبالتالي يمكن أن يؤدي إلى تشخيص خاطئ. لهذا ، ابتكر الباحثون الخوارزميات المطبقة على طول سلسلة معالجة الصور على برنامج الآلة الحاسوبية. تعتمد هذه الخوارزميات على الذكاء الاصطناعي وتعتبر بمثابة نظام مساعدة للتشخيص. يقومون بتصنيف تلقائي لصور الدماغ المخزنة في قاعدة بيانات. نقدم في هذه الأطروحة المتواضعة السياق الطبي للدماغ البشري (علم التشريح وعلم وظائف الأعضاء والآفات). بعد ذلك ، ندرس بالتفصيل سلسلة معالجة الصور الدماغية (الاكتساب والمعالجة المسبقة والتصفية والتجزئة والتوصيف والتصنيف) بمقارنة بين المصنفات المستخدمة ، يتركز اختيارنا على ثلاثة أنواع من الخوارزميات (KNN و SVM والشبكة العصبية) في برنامج MATLAB.

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre 1: Contexte Médical «Anatomie, Physiologie et lésions cérébrales»	
Introduction.....	3
I. Système nerveux:	3
❖ Définition.....	3
❖ Type de système nerveux:.....	3
A. Système nerveux central (SNC):.....	4
1. Encéphale;.....	4
2. La moelle épinière.....	4
B. Système nerveux périphérique (SNP):.....	5
1. Système nerveux somatique;.....	5
2. Système nerveux autonome (végétatif):.....	5
• Système nerveux sympathique;.....	5
• Système nerveux parasymphatique.....	5
II. Encéphale:	6
i. Cerveau:	6
❖ Situation et éléments de protection.....	6
▪ Les méninges.....	6
▪ Les hématomes intracrâniens.....	7
❖ Anatomie descriptive :	7
▪ Aspect générale.....	7
▪ Constitution.....	7
❖ Morphologie externe;.....	8
▪ Coupes histologiques.....	8
1) Corps calleux.....	8
2) Les lobes.....	8
❖ Morphologie interne.....	8
1) Substance grise.....	8
a) THALAMUS.....	9
b) HYPOTALAMUS.....	9
c) SUBTHALAMUS.....	9
2) Substance blanche	9
3) Ventricules cérébraux	9
4) L'hippocampe.....	10
❖ Vascularisation du cerveau.....	11
▪ Vascularisation artérielle.....	11
1) Système carotidien.....	11
2) Système vertébro-basilaire.....	11
3) Polygone de Willis.....	11
▪ Drainage veineux.....	12
❖ Le cerveau au niveau cellulaire :.....	13
▪ Les neurones.....	13
▪ Les cellules gliales (le glie).....	13
ii. Cervelet :	13
❖ Définition.....	13
❖ Anatomie.....	14

▪	Position.....	14
▪	Structure :.....	14
•	Morphologie externe.....	14
○	Coupes histologiques.....	14
○	Fissures principales.....	14
○	Les hémisphères cérébelleux.....	15
○	Segmentation en lobes.....	15
○	Le diagramme de Larsell.....	16
•	Morphologie interne :.....	16
a)	La substance grise.....	16
b)	La substance blanche.....	16
c)	Noyaux profonds.....	16
❖	Physiologie.....	17
iii.	Tronc cérébral:.....	17
❖	Situation :	17
❖	Anatomie descriptive :	17
▪	Position.....	17
▪	Morphologie externe.....	17
▪	Morphologie interne :.....	17
a)	Substance grise.....	17
b)	Substance blanche.....	18
c)	Cavité épendymaire.....	18
❖	physiologie;.....	19
III.	Lésions cérébrales:	19
❖	Définition;.....	19
❖	Types.....	19
1.	Lésion cérébrale acquise.....	19
2.	Lésion cérébrale traumatique.....	19
❖	Symptômes;.....	19
❖	Différentes pathologie cérébrales :	20
•	L'accident vasculaire cérébral.....	20
•	La maladie de Parkinson.....	21
•	L'atrophie multisystématisée (AMS).....	21
•	Epilepsie.....	22
•	La dégénérescence fronto_ temporelle (DFT).....	22
•	La démence à corps de Lewy (DCL).....	22
•	La dystonie.....	23
•	La maladie d'Alzheimer.....	23
•	La chorée de Huntington.....	24
•	La maladie de Charcot (sclérose latérale amyotrophique (SLA)).....	24
•	La sclérose en plaque (SEP).....	24
•	Tumeurs cérébrales :.....	25
a)	Tumeurs primitives (locales)	25
1)	Tumeurs bénignes (non cancéreuses).....	25
2)	Tumeurs malignes (cancéreuses).....	25
b)	Tumeurs secondaires (extérieures).....	26
1)	Métastases.....	26
	Conclusion.....	26

Chapitre 2: Contexte Technique et informatique « traitement d'images cérébrales».....27

Introduction.....	28
I. Etat de l'art.	28
II. Acquisition des images cérébrales:.....	29
❖ Signification.....	29
❖ Historique.....	29
❖ Types et modalités:.....	29
A. Imagerie cérébrale structurale :	29
1. Le scanner (TDM).....	29
2. L'IRM.....	31
3. L'Echoencéphalographie).....	32
B. Imagerie cérébrale fonctionnelle :.....	34
1. TEMP.....	34
2. TEP-IRM.....	35
3. IRMf.....	36
❖ Comparaison.....	37
III. Prétraitement :.....	38
échantillonnage,	38
quantification);.....	38
IV. Filtrage:.....	38
i. Filtrage spatial:	38
a. linéaires:	38
▪ Filtre passe-bas (plan, pondéré);.....	38
▪ Filtre passe-haut	39
Prewitt et Sobel.....	39
Laplacien.....	39
b. Non linéaire	39
médian,	39
minimum et maximum,	39
morphologique ;	39
élément structurant	39
érosion	39
dilatation	40
ouverture	40
fermeture	41
ii. Filtrage fréquentiel.....	41
V. Segmentation:.....	41
i. Segmentation globale :	42
seuillage, méthode d'OTSu	42
ligne de partage des eaux,	42
entropie	42
ii. Segmentation locale	42
region growing,.....	42
Split et Merge.....	43
VI. Recalage.....	43
VII. Caractérisation:.....	43
Matrice de co-occurrence.....	43
1. Contraste	43

2. Energie	44
3. Entropie	44
4. Homogénéité	44
5. Moyenne	44
6. Variance	44
7. Ecart type.....	45
8. Corrélacion	45
9. RMS (moyenne quadratique).....	45
10. Asymétrie (skewness).....	45
11. Aplatissement (kurtosis).....	46
12. IDM (mouvement et différence inverse).....	46
13. Centre de gravité	46
VIII. Classification:.....	46
Généralisation;.....	47
Base de données.....	47
Phases de classification:.....	47
Phase d'apprentissage :.....	47
Machine Learning (apprentissage automatique).....	47
Deep Learning (apprentissage profond).....	47
Apprentissage supervisé.....	47
Apprentissage non supervisé.....	47
Apprentissage par renforcement.....	47
Mode d'apprentissage :.....	47
Apprentissage on-ligne.....	47
Apprentissage off-ligne.....	47
Phase deTest :.....	47
matrice de confusion.....	48
taux de classification.....	48
sensibilité	48
spécificité	48
Différents classifieurs :.....	48
KNN.....	48
SVM.....	49
RNN.....	50
Partie de réalisation.....	51
Conclusion.....	54
Conclusion générale.....	55
Références.....	56

Liste des figures

Figure 1 : l'encéphale humain.....	6
Figure 2 : les hématomes intra-craniens	7
Figure 3 : les lobes du cerveau	8
Figure 4 : l'hippocampe	10
Figure 5 : les cellules cérébrales	13
Figure 6 : cervelet	14
Figure 7 : lobes, lobules du cervelet	15
Figure 8 : tronc cérébrale	18
Figure 9 : maladie Alzheimer	23
Figure 10 : l'appareil du scanner	30
Figure 11 : l'appareil d'IRM.....	31
Figure 12 : l'appareil d'échoencéphalographe.....	33
Figure 13 : coupe transversale du cerveau d'un fœtus	33
Figure 14 : l'appareil de scintigraphie	34
Figure 15 : coupe cérébrale captée par la TEP-IRM.....	35
Figure 16 : différentes coupes du cerveau par l'IRMf.....	37
Figure 17 : érosion d'une image cérébrale	40
Figure 18 : dilatation d'une image cérébrale	40
Figure 19 : ouverture d'une image cérébrale	41
Figure 20 : fermeture d'une image cérébrale	41
Figure 21 : centre de gravité d'une image cérébrale	46
Figure 22 : méthode de KNN	49
Figure 23 : méthode de SVM	49
Figure 24 : méthode d'RNN	50
Figure 25 : résultat obtenu de filtrage.....	51
Figure 26 : résultat obtenu de transformer en ondelette.....	52

Liste de tableaux

Tableau 1 : comparaison entre modalités d'imagerie cérébrale	37
Tableau 2 : matrice de confusion	48
Tableau 3 : les caractéristiques de la base masse et non masse.....	52
Tableau 4 : performances du modèle KNN	53
Tableau 5 : performances du modèleSVM	53
Tableau 6 : performances du modèle RNN	54

Liste de schéma

Schéma 1: système nerveux.....	3
Schéma 2: chaîne de traitement d'images	28

Liste d'abréviations

SNC : Système Nerveux Central
SNP : Système Nerveux Périphérique
LCR : Liquide Céphalo-rachidien
AVC : Accident vasculaire cérébral
AIT : accident ischémique transitoire
AIC : accident ischémique constitué
AMS : atrophie multi systématisée
DFT : dégénérescence fronto-temporale
DCL : démence à corps Lewy
SLA : sclérose latérale amyotrophique
SEP : sclérose en plaque
TDM : Tomodensitométrie
IRM : Imagerie par résonance magnétique
IRMf : Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle
TEMP : Tomographie par émission monophotonique
TEP : Tomographie par émission de positon
DATSCAN : Scintigraphie
BOLD : Blood Oxygen Level Dependent
GLCD : matrice de co-occurrence
CDG : Centre de gravité
KNN (Kppv) : K-nearest Neighbors (K-plus proches voisins)
SVM : Support Vector Machine
RNN : réseau de neurones artificiel

Introduction générale

A l'époque actuelle, la médecine est en plein développement, elle s'appuie sur la technologie, l'informatique et surtout l'intelligence artificielle dans de nombreux ces domaines. Parmi ses domaines on trouve l'imagerie médicale qui joue un rôle très essentiel dans le diagnostic de nombreuses pathologies, ainsi que la recherche clinique.

L'encéphale humain possède des tissus et des substances de matière différents, de taille différente et de profondeur différent, ainsi qu'il est exposé à plusieurs lésions. Ce qui besoin d'une bonne qualité d'image pour les observer nettement et évidemment. Pour cela, on va détailler dans notre mémoire sur ce problématique.

Le 1^{er} chapitre est divisé en deux parties. La première la partie donne une description morphologique (anatomique) et physiologique (fonctionnelle) de système nerveux, et plus précisément l'encéphale. En deuxième partie, on va mentionner les maladies les plus courantes qui l'infectent.

Le 2^{ème} chapitre est consacré à la présentation de la chaine du traitement d'images cérébrales, à partir de phase d'acquisition (modalités d'imagerie médicale: IRMf, TDM, TEP...) à la détection et la classification des images. Il porte aussi l'état de l'art. à la fin de ce chapitre, on est cité les méthodes utilisées dans notre travail pratique, et également les résultats obtenus.

Chapitre 1 : Contexte Médical

**«Anatomie, Physiologie
et lésions cérébrales»**

Introduction :

L'encéphale est considéré comme le moteur du corps humain, il contrôle presque tous les processus de l'organisme à partir des nerfs qui ramifié de lui. C'est quoi donc l'encéphale? Où se trouve-t-il et où est sa position dans nos corps? De quelle matière est-il formé? De quoi est-il composé? Quel est le rôle de chacun de ces derniers? Et quels dangers qui peuvent menacer sa santé et entravent son fonctionnement?

I. Système nerveux :

❖ Définition :

Le système nerveux centrale (ou système neuronal) est un système biologique animal, c'est un réseau complexe de nerfs et de cellules nerveuses (neurones) qui font circuler des signaux et des messages provenant du cerveau et de moelle épinière vers différentes parties du corps, et vice versa. Donc il est responsable de la coordination des actions avec l'environnement extérieur et de la communication rapide entre des différentes parties du corps. On appelle le système nerveux chez les êtres vivants « eumétazoaires » [1][2].

❖ Types de système nerveux :

On distingue deux grands types de système nerveux :

- **Système nerveux central (SNC),**
- **Système nerveux périphérique (SNP).**

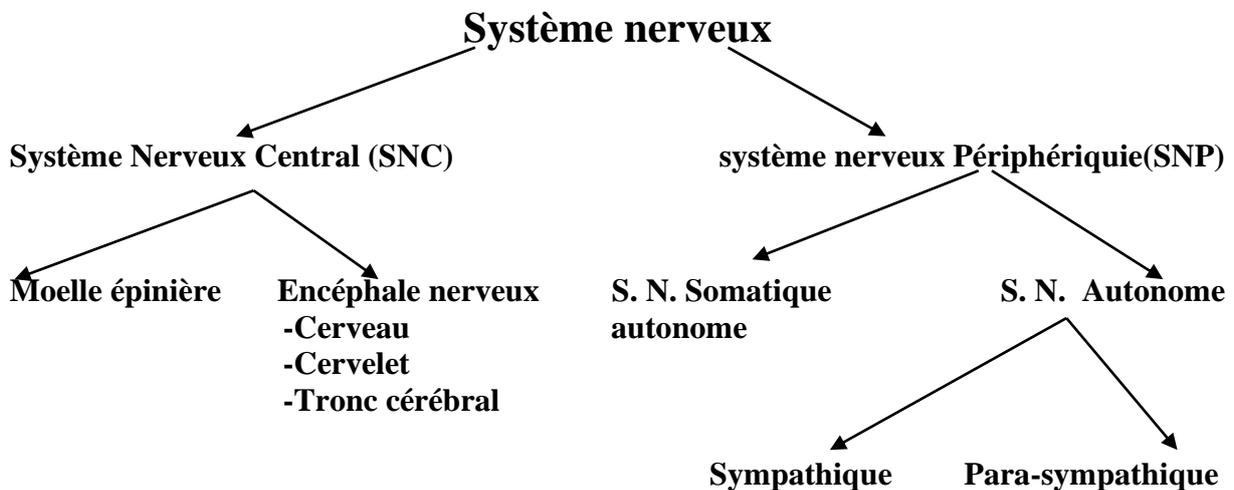


Schéma 1: système nerveux

A. **Système nerveux central (SNC):**

Le système nerveux central (ou **névraxe**) est nommé car il contient la majeure partie du système nerveux. Il comprend l'encéphale et la moelle épinière.

1. **Encéphale:**

Toute la partie système nerveux situé dans la boîte crânienne. Il compose de:

▪ **Le cerveau:**

- Hémisphères,
- Noyaux gris centraux,
- Ventricules.

▪ **Le tronc cérébral:**

- Bulbe,
- protubérance,
- pédoncules cérébraux.

▪ **Le cervelet:**

Sorte de petit cerveau, c'est un régulateur d'équilibration et coordination des mouvements volontaires...

2. **La moelle épinière:**

❖ **Définition:**

Elle s'appelle aussi la **moelle spinale**, c'est un cordon de tissu nerveux et un centre des nerfs situé au sein de la colonne vertébrale assurant la transmission des informations (influx nerveux) entre le cerveau et les différentes régions du corps ainsi que l'activité réflexe.

❖ **Position et anatomie:**

▪ **Structure externe:**

Comme l'encéphale, la moelle épinière est recouverte par trois membranes « méninges »: la pie-mère, l'arachnoïde et la dure-mère. La moelle épinière et les méninges se trouvent dans le canal rachidien qui creuse la colonne vertébrale. Chez la plupart des adultes, la colonne est formée de **33** vertèbres qui constituent les os du dos. La moelle est protégée par les vertèbres comme le cerveau l'est par le crâne, elle est d'environ **42cm** chez la femme et **45cm** chez l'homme, qu'est l'origine de tous les nerfs rachidiens qui sont au nombre de **31** paires (la lordose lombaire a **5** vertèbres à concavité postérieure, la dorsale sacrale a **5** vertèbres, la cyphose thoracique a **12** vertèbres à convexité postérieure, la lordose cervicale a **7** vertèbres à concavité postérieure et **1** paire de nerfs coccygiens) [3][4][5].

la moelle épinière baigne dans **LCR** « liquide céphalo-rachidien», et elle est creusée au centre par un trou rudimentaire qui s'appelle «le canal épendymaire». En raison du développement intra-utérin plus rapide de la colonne vertébrale, les racines nerveuses des nerfs rachidiens se trouvent décalées par rapport aux trous de conjugaison dont elles émergent, c'est la raison pour laquelle la moelle termine au niveau de la deuxième vertèbre lombaire bien qu'elle donne des nerfs allant jusqu'à la cinquième sacrée. Lorsqu'on veut ponctionner du LCR, on le fait généralement au-dessous de la deuxième vertèbre lombo pour effectivement ne pas léser la moelle épinière.[6]

▪ **Structure interne:**

la moelle épinière suit le trajet de la colonne vertébrale, elle dessine ainsi deux courbures de forme cylindrique et aplatie:

- un renflement cervical à concavité postérieure (en lordose),
- un renflement lombaire à concavité antérieure (en cyphose).

Ceci en rapport avec l'innervation des membres supérieurs et inférieurs. Elle se termine en bas par le cône médullaire qui donne naissance à la queue-de-cheval (un amas de racines descendantes lombo-sacrées).

Sur une coupe transversale, la moelle épinière présente deux régions:

- Région centrale «**la substance grise** »: qui regroupe les corps des cellules nerveuses. Elle prend la forme d'un papillon avec deux cornes antérieures abritant les corps des motoneurones et deux cornes postérieures qui reçoivent les fibres sensibles. Au niveau de la moelle dorso-lombaire, il existe également des cornes latérales pour les corps cellulaires des fibres sympathiques [7].
- Région périphérique «**la substance blanche** »: constituée par les prolongements axonaux et leur gaine de myéline. Elle est organisée en trois paires de cordons (antérieurs, postérieurs et latéraux) [8].

On reconnaît également à la moelle: un sillon ventral qui est le plus marqué, un sillon postérieur et deux sillons latéraux. A partir desquels vont naître deux paires de racines nerveuses: une antérieure «**motrice** » et l'autre postérieure «**sensitive** ». Ces deux racines se réunissent pour former un nerf rachidien de chaque côté [6].

❖ **physiologie:**

Le rôle de la moelle épinière est la transmission d'informations nerveuses:

- **Informations sensorielles:**

Les voies nerveuses ascendantes, qui correspondent aux neurones sensoriels, transmettent les informations sensibles vers le cerveau.

- **Informations motrices:**

Les voies nerveuses descendantes, qui correspondent aux neurones moteurs, transmettent les influx moteurs vers les différentes régions du corps.

- **Centre de coordination des réflexes:**

la moelle épinière est également impliquée dans les réactions dites réflexes.

- Elle renferme des réseaux de neurones agissant tels des centres de contrôle pour la marche, la miction, la défécation ou l'éjaculation [9].

B. Système nerveux périphérique (SNP):

Le système nerveux périphérique (SNP) est la partie de système nerveux qui se trouve à l'extérieur du SNC. Il est formé de nerfs et de ganglions qui envoient des signaux au SNC, et qui reçoivent des signaux du SNC. Le SNP est composé du:

1. Système nerveux somatique:

Il transmet les influx nerveux du SNC jusqu'aux muscles squelettiques, il dirige les mouvements volontaires du corps (ceux que nous contrôlons, comme la marche).

2. Système nerveux autonome (ou végétatif):

Il transmet les influx nerveux du SNC jusqu'aux muscles lisses, au muscle cardiaque et à certaines glandes. Il dirige donc les fonctions involontaires du corps (celles que le corps contrôle lui-même, comme la respiration et la digestion) [2].

Il se divise en deux systèmes:

- **Système nerveux sympathique:**

Il prépare le corps à des situations qui exigent de la force et une perception accrue ou qui éveillent la peur, la colère, l'excitation ou la gêne...etc. C'est ce qu'on appelle la réaction de lutte ou de fuite. Il augmente la fréquence cardiaque, accélère la respiration tout en la rendant moins profonde, dilate les pupilles et stimule le métabolisme.

- **Système nerveux parasympathique:**

A l'inverse, ce système a un effet apaisant sur le corps. Il permet à la respiration de revenir à la normale, aux pupilles de rétrécir et au métabolisme de ralentir afin de préserver l'énergie [10].

II. Encéphale:

Ensemble des trois structures nerveuses incluses dans le crâne (cerveau, cervelet et tronc cérébral).

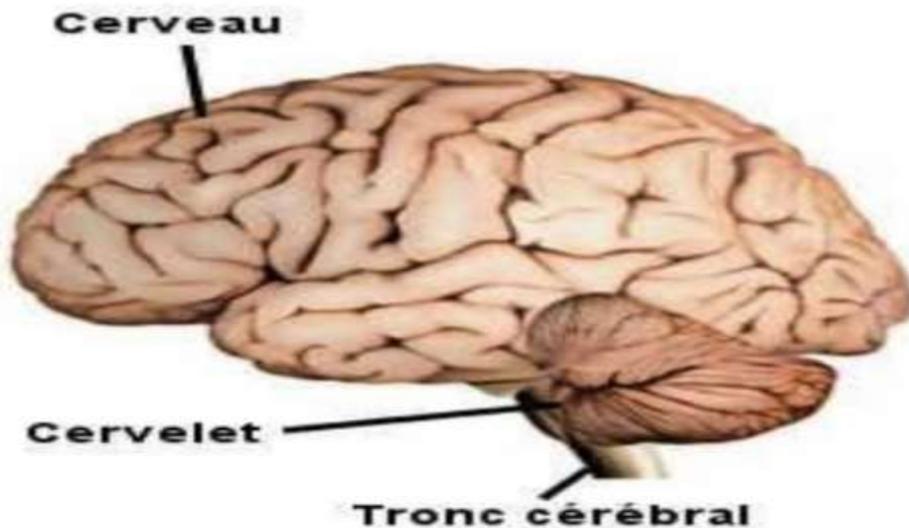


Figure1 : l'encéphale humain

i. Cerveau:

❖ Définition:

C'est l'étage le plus élevé dans la hiérarchie fonctionnelle du système nerveux central, spécialement développé chez l'homme. Son poids moyen est de 1,4 à 1,8 kilogramme.

❖ Situation et éléments de protection:

▪ Situation (loges osseuse):

Le cerveau est placé dans la boîte crânienne où il repose sur la base du crâne et il est recouvert par la voûte, repose sur les étages antérieur et moyen de la base du crâne et sur le cervelet.

▪ Eléments de protection (loges fibreuse):

- la dure-mère c'est une toile fibreuse très épaisse tapisse la face interne du crâne et forme un repli sous le cerveau appelé « tente du cervelet ». Elle forme aussi un repli vertico-sagittal entre les deux hémisphères du cerveau constituant une cloison médiane appelée « faux du cerveau ».
- Deux loges fibreuses se trouvent délimitées:
 - En haut la loge cérébrale qui contient les deux hémisphères du cerveau,
 - En bas la loge cérébelleuse (ou fosse crânienne postérieure) qui contient le cervelet et le tronc cérébral.

▪ Les méninges:

Le cerveau est recouvert de trois méninges:

- **La dure-mère:** est la méninge la plus épaisse, toile fibreuse,
- **L'arachnoïde:** tapisse la face interne de la dure-mère,
- **La pie-mère:** tapisse la surface du cerveau en épousant étroitement les replis, les scissures et les circonvolutions du cerveau.

Entre l'arachnoïde et la pie-mère se trouve l'espace sub-arachnoïdien qui est occupé par le liquide cérébro-spinal.

■ **Les hématomes intra-crâniens:**

On distingue trois types d'hématomes intra-crâniens selon leur localisation:

- Hématome extra-dural,
- Hématome sous-dural (hémorragie méningée par rupture d'anévrisme),
- Hématome intra-cérébral.
-

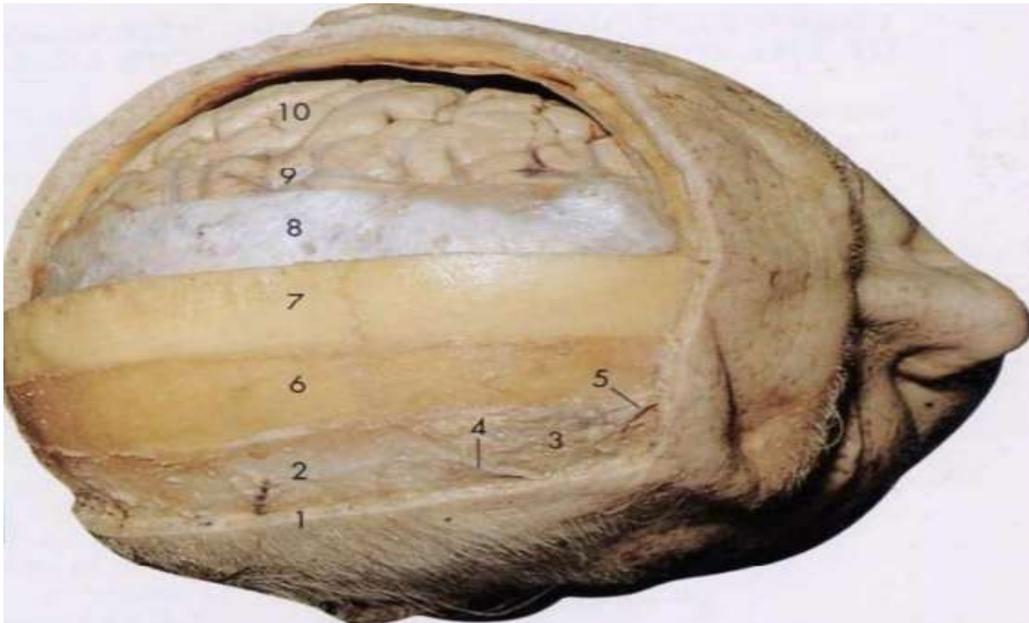


Figure 2 :Les hématomes intra-crâniens

1. Peau
2. Tissu conjonctif épais
6. Tissu conjonctif fin
7. Crâne
8. Dure mère
9. Arachnoïde
10. Tissu cérébral et pie mère

❖ **Anatomie descriptive:**

■ **Aspect général:**

- **Forme:** ovoïde à grosse extrémité postérieure.
- **Couleur:** blanc grisâtre.
- **Consistance:** molle et friable.
- **Dimensions:** 16cm de longueur, 14cm de largeur, 12cm d'hauteur.
- **Poids:** variable entre 1200 à 1400g, 1200g chez l'homme et 1100g chez la femme.
- **Constitution:**
 - **Télocéphale:** hémisphères cérébraux.
 - **Diencéphale:** cerveau intermédiaire.

❖ Morphologie externe:

Le cerveau est divisé en deux hémisphères cérébraux droit et gauche réunis par un corps calleux et des commissures (faisceaux de substance blanche qui unissent les deux hémisphères cérébraux) et le diencephale. ils traversés par des scissures, ces derniers délimitent des lobes.

▪ Coupes histologiques:

- **3 faces:** latéral, médiale et inférieure.
- **3 bords:** latéral, supéro médial, inféro médial.
- **2 extrémités:** antérieure et postérieure.

1) Corps calleux :

C'est la principale jonction entre les hémisphères cérébraux. Il est situé au centre et vers le bas de deux hémisphères. Il joue un rôle central de médiateur et permet la communication et transfert des informations entre eux.

2) Les lobes :

On a six lobes pairs, chaque lobe divisé par des sillons en gyrus:

- **Lobe frontal:** pour la motricité, la parole et les réactions émotionnelles.
- **Lobe pariétal:** pour la sensibilité.
- **Lobe occipital:** pour la vision.
- **Lobe temporal:** pour l'audition.
- **Lobe du corps calleux:** pour l'olfaction.
- **Lobe d'insula:** conscience des sensations viscérales.
- **Lobe limbique:** contrôle du système nerveux autonome, la mémoire.

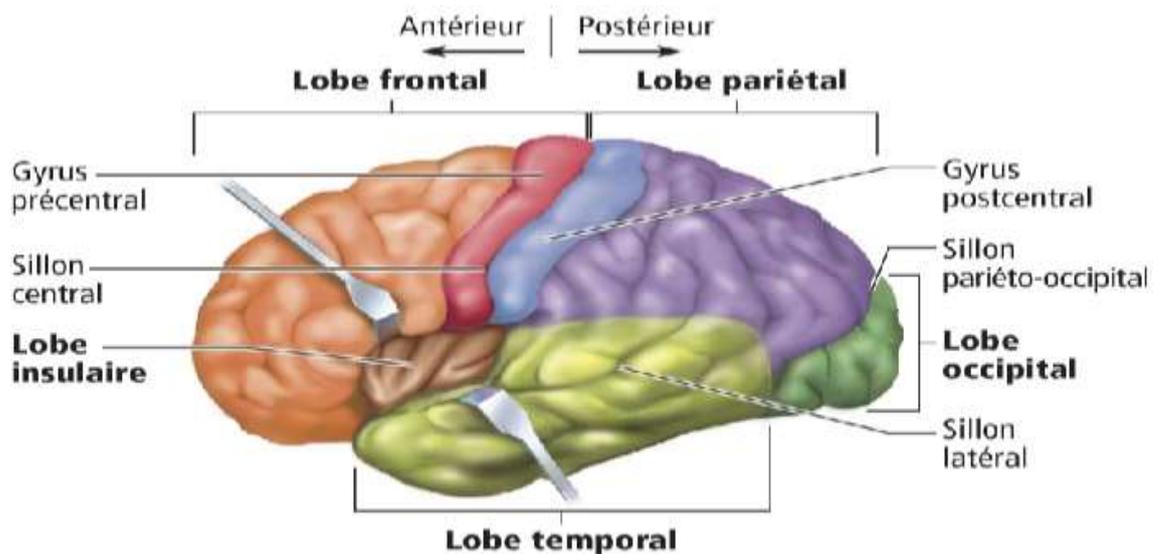


Figure : lobes, gyrus et sillons du cerveau

❖ Morphologie interne:

1) Substance grise:

- **2 couches:**
 - Périphérique: écorce cortex cérébral ou pallium,
 - Centrale: noyaux gris centraux.

Recouvre la surface extérieure des hémisphères cérébraux.

- **Épaisseur:** 3 à 4 mm (10 milliards de cellules nerveuses).
-

- **Rôle:**
 - Production des pensées,
 - Contrôle des comportements,
 - Perception du monde extérieur.
- **Noyaux gris centraux:**
 - Noyaux opto-striés: c'est le Thalamus (couche optique), Corps striés.
 - Noyaux sous-optostriés: c'est le Hypothalamus et le Subthalamus.

a. **THALAMUS:**

Il fait partie de diencephale une masse ovoïde, composée de plusieurs noyaux. C'est un Carrefour des voies de la sensibilité générale et sensorielle.

Il est constitué par un Ensemble de noyaux:

b. **Corps striés:**

Font partie de télencéphale, situé en dehors du thalamus. Son rôle est motricité (posture et équilibre). Il compose de:

- Noyau caudé: sa forme: virgule à grosse extrémité antérieure.
- Noyau lenticulaire: situé en dehors du caudé, il a un forme de pyramide à la base externe. Il a 2 parties : externe (putamen), interne (pallidum).
- Claustrum: situé entre le noyau lenticulaire et le lobe de l'insula.

c. **HYPOTHALAMUS:**

C'est un cerveau végétatif, Séparé du thalamus par le sillon de Monro, formé de plusieurs noyaux végétatifs. Son rôle est la régulation.

d. **SUBTHALAMUS:**

Il est situé sous le thalamus et en dehors de l'hypothalamus, constitué de 2 noyaux: Zona incerta, corps le Luys.

2) **Substance blanche:**

• **Situation:**

Région centrale des hémisphères cérébraux. Elle est constituée d'axones, qui agissent comme des fils qui transportent des messages entre les neurones et les cellules de soutien.

• **Topographie:**

- Centre semi-ovale.
- Capsule interne.
- Capsule externe.
- Capsule extrême.
- Commissures inter hémisphériques:

Unissent les 2 hémisphères cérébraux.

- **Corps calleux:** c'est le fond de la scissure inter hémisphérique.
- **Trigone (fornix):** triangulaire, sous-jacent, séparé du corps calleux par le septum lucidum. Se prolonge par 4 piliers en « X ».
- **Commissure blanche antérieure:** Cordon passant en avant des piliers antérieurs du trigone [11].

3) **Ventricules cérébraux:**

▪ **Situation:**

Un ensemble de cavités emplies de liquide cébrospinal, où baigne le système nerveux central, situés à l'intérieur du cerveau continu avec le canal central de l'épendyme de la moelle épinière.

▪ **Structure:**

Ils se composent de quatre ventricules :

- **Ventricule latéral droit,**

- **Ventricule latéral gauche.**

Ils sont creusés dans la profondeur de l'hémisphères cérébrales droite et gauche, ayant grossièrement la forme d'un fer à cheval, ils comprennent une branche supérieure dénommée corne frontale, localisée dans le lobe frontal; et une branche inférieure appelée corne temporale, localisée dans le lobe temporal; une partie postérieure du fer à cheval est appelée corne occipitale située dans le lobe occipital.

- **Troisième ventricule:**

Il est situé sur la ligne médiane de l'encéphale, dans le diencephale. Il relie chaque côté avec un ventricule latéral par un orifice qui s'appelle « trou de Monro ».

- **Quatrième ventricule:**

Il est situé entre le cervelet en arrière et le tronc cérébral en avant, sous le troisième ventricule et communique avec lui par un fin canal « l'aqueduc de Sylvius », et avec les espaces liquidiens sous les méninges par trois orifices (le trou de Magendie et les deux trous de Luschka). Il se prolonge vers le bas par le canal de l'épendyme au centre de la moelle épinière.

▪ **Physiologie:**

Le liquide cébrospinal est sécrété par les plexus choroïdes situés dans la paroi des ventricules. Il s'écoule de haut au bas, des ventricules latéraux vers le troisième puis le quatrième ventricule, enfin dans les méninges où il est résorbé et éliminé.

4) **L'hippocampe:**

• **Situation:**

C'est une structure du télencéphale situé dans le système limbique. Elle est une élaboration du bord du cortex cérébral.

• **physiologie:**

- Elle présente le mode d'activité électrique « thêta » qui mesuré par l'EEG. Elle a trois rôles principaux:
- la mémoire,
- La navigation spatiale,
- L'inhibition du comportement.

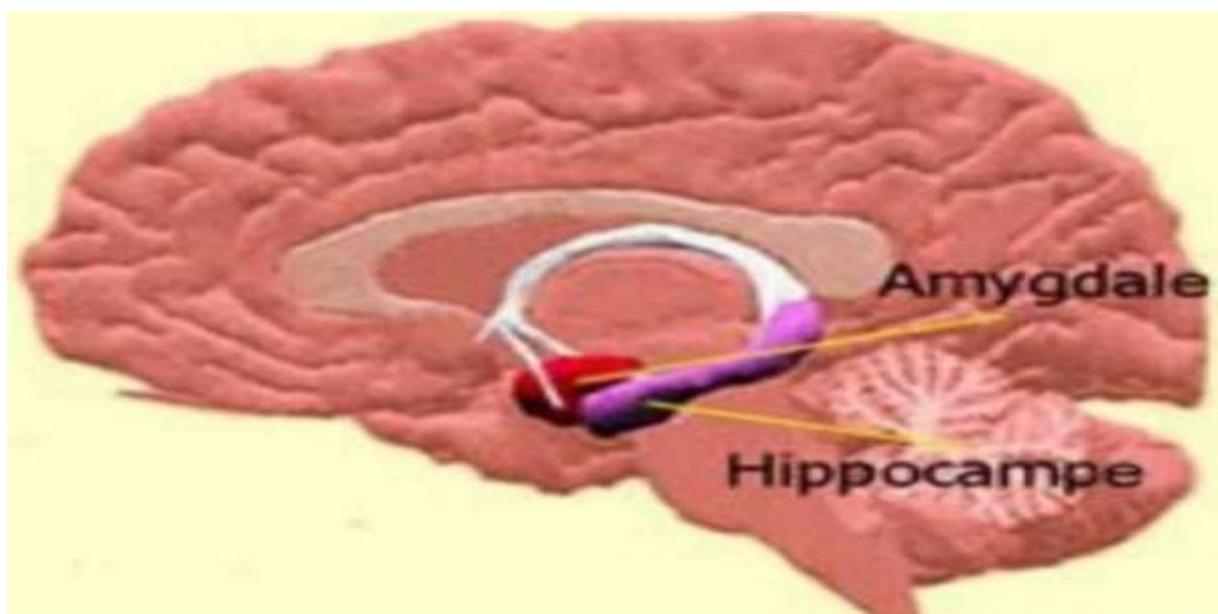


Figure 16 : L'hippocampe

❖ Vascularisation du cerveau:

▪ Vascularisation artérielle :

La vascularisation artérielle cérébrale est assurée par 4 troncs artériels provenant de la base du crâne :

- 2 artères vertébrales qui vascularisent la partie postérieure du cerveau.
- 2 artères carotides internes qui vascularisent la partie antérieure du cerveau.

1) Système carotidien :

- L'artère carotide commune droite naît du tronc brachiocéphalique.
- L'artère carotide commune gauche naît directement de la crosse aortique.
- Les artères carotides communes montent dans la région latérale du cou jusqu'à C4 et donnent 2 artères chacune : carotide interne et carotide externe.

a) L'artère carotide externe :

- Elle est destinée à la face.
- Ses branches vascularisent :
 - Une partie de la glande thyroïde (artère thyroïdienne supérieure).
 - La langue (artère linguale).
 - L'oreille (artère auriculaire postérieure).
 - Le nez et les molaires (artère maxillaire).
 - Le pharynx (artère pharyngienne ascendante).
 - Les tissus superficiels de la face et du cuir chevelu (artères faciale, occipitale et temporale superficielle).

b) L'artère carotide interne :

- Elle est destinée à la partie antérieure du cerveau.
- Elle ne donne aucune collatérale au cou.
- Elle présente un segment intracrânien : traverse le rocher en perforant la dure mère.
- Elle donne **2 branches terminales** :
 - L'artère cérébrale antérieure.
 - L'artère cérébrale moyenne ou sylvienne.
- Elle donne **3 branches collatérales** :
 - L'artère choroïdienne antérieure.
 - L'artère ophtalmique.
 - L'artère communicante postérieure.

2) Système vertébro-basilaire :

- Les 2 artères vertébrales naissent des artères subclavières, montent dans le canal transversaire des vertèbres cervicales et pénètrent dans le crâne par le trou occipital pour se terminer au niveau du sillon bulbo-pontique, où elles fusionnent pour donner le tronc basilaire (qui va irriguer la partie postérieure du cerveau). Ce tronc se divisera par la suite en 2 artères cérébrales postérieures droite et gauche.
- Les artères vertébrales vont donner de chaque côté : une artère spinale antérieure et une artère cérébelleuse postéro-inférieure.
- Le tronc basilaire va donner de chaque côté : une artère cérébelleuse antéro-inférieure et une artère cérébelleuse supérieure.

3) Polygone de Willis :

- En avant, il y a une artère communicante antérieure qui va unir les 2 artères cérébrales antérieures.
- Latéralement, 2 artères communicantes postérieures vont unir les artères carotides internes aux artères cérébrales postérieures.
- Le tout va donner le polygone de Willis qui a la forme d'un hexagone. À partir de ce dernier il y a aura :

- **Des artères de la base** (très courtes et très nombreuses) qui vont irriguer les formations optiques, le losange opto-pédonculaire et les noyaux gris centraux.
- **Des artères longues** pour les hémisphères (les artères cérébrales antérieures, moyennes et postérieures).

▪ **Drainage veineux :**

- Le drainage veineux cérébral est assuré par des sinus de la voûte et de la base (ce sont des dédoublements de la dure-mère).
- Tout le sang veineux du cerveau est drainé par les veines jugulaires internes.

1) **Sinus de la voûte :**

- **Sinus sagittal supérieur** -> situé au niveau de l'insertion de la faux du cerveau sur la paroi osseuse.
- **Sinus sagittal inférieur** -> situé sur le bord libre de la faux du cerveau.
- **Sinus droit** -> situé au niveau de l'insertion de la faux du cerveau sur la tente du cervelet.

Les 2 sinus sagittaux vont se jeter dans ce sinus droit. Ce dernier va recevoir à sa partie antérieure un renflement qu'on appelle l'ampoule de Galien.

- **Sinus transverse** -> situé à l'insertion de la tente du cervelet sur la paroi osseuse de chaque côté. Chaque sinus transverse se continue par un sinus sigmoïde qui se jette dans les veines jugulaires internes.
- La confluence du sinus droit, du sinus sagittal supérieur et des 2 sinus transverses et parfois du sinus occipital va former : le Torcular ou le pressoir d'Hérophile.

2) **Sinus de la base :**

- **Sinus caverneux** -> situés de part et d'autre de la selle turcique. Ils vont recevoir les veines ophtalmiques supérieure et inférieure et le sinus sphéno-pariétal de Breschet.
- **Sinus inter-caverneux (antérieur et postérieur)** -> situés au niveau du toit de la selle turcique. Ils forment par leur réunion le sinus coronaire.
- **Sinus pétreux (supérieur et inférieur)** -> le sinus pétreux supérieur va se jeter dans le sinus transverse et le sinus pétreux inférieur va se jeter dans la veine jugulaire interne.

3) **Veines superficielles :**

a) **Sur la face latérale :**

- Les veines ascendantes superficielles se jettent dans le sinus sagittal supérieur.
- Les veines descendantes superficielles se jettent dans le sinus transverse.

b) **Sur la face médiale :**

- Les veines ascendantes superficielles se jettent dans le sinus sagittal supérieur.
- Les veines descendantes superficielles se jettent dans le sinus sagittal inférieur.

4) **Veines profondes :**

- Elles se réunissent pour former les 2 veines de Galien qui forment l'ampoule de Galien. Cette dernière se jette sur la partie antérieure du sinus droit.

5) **Veines de la base :**

- Elles forment un polygone : le polygone veineux de Troclar.
- Elles vont recevoir les veines sylviennes profondes ou cérébrales moyennes pour devenir des veines basilaires.
- Les 2 veines basilaires sont réunies par une veine communicante postérieure et se jettent dans l'ampoule de Galien.

❖ Le cerveau au niveau cellulaire :

La substance grise est formée de cellules, alors que la substance blanche est formée de fibres. On distingue deux types de cellules cérébrales :

▪ Les neurones :

Le cerveau traite et propage l'information qu'elle provienne de l'extérieur ou de l'intérieur de l'organisme, grâce aux neurones qu'ils sont capables de transmettre des signaux électriques entre eux.

▪ Les cellules gliales (la glie) :

Elles entourent les neurones et assurent le lien avec les vaisseaux sanguins et apportent les nutriments essentiels au fonctionnement métabolique de système nerveux.

Contrairement les cellules neuronales, elles peuvent se multiplier, elles peuvent devenir donc cancéreuses. Il existe deux types de gliales :

1. La microglie :

Elle est formée de petites cellules à cytoplasme pour les processus de nettoyage.

2. La macroglie :

- **Les astrocytes** : assurent le support métabolique.
- **Les oligodendrocytes** : pour l'élaboration de la myéline qui entoure les axones.
- **Les cellules épendymaires** : recouvrent et tapissent les cavités ventriculaires de l'encéphale et le canal central de moelle épinière. Elles jouent un rôle important dans les échanges entre le liquide cérébro-spinal et le parenchyme cérébral.

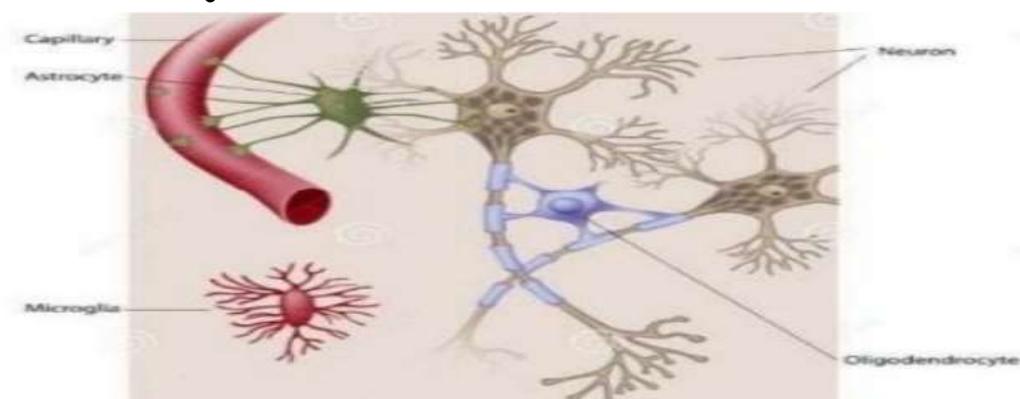


Figure 17 : les cellules cérébrales

ii. Cervelet:

❖ Définition:

Le cervelet (du latin « cerebrillum », signifie petit cerveau) est une partie de l'encéphale et un organe du SNP. Il est plissé et corticalisé. Il est allongé transversalement et mesure environ 10 centimètres de large, 5 centimètres de haut et 5 centimètres dans le sens antéro-postérieur. Il pèse de 130 à 150 grammes. Il contient **50%** des neurones de l'encéphale, Il est donc un centre nerveux régulateur de la fonction motrice et joue un rôle essentiel dans le contrôle moteur.



Figure 18 : cervelet

❖ Anatomie:

▪ Position:

- Au sein de la boîte crânienne, le cervelet se situe directement en arrière du tronc cérébral tout en bas du cerveau sous des hémisphères cérébraux dans la région occipitale.
 - Il occupe avec celui-ci la fosse cérébrale postérieure en dessous d'une forte toile fibreuse dépendant de la dure-mère et appelée **la tente du cervelet**.
 - Il est recouvert par les 3 méninges classiques.
 - Il est entouré par l'espace sous-arachnoïdien contenant le liquide céphalo-rachidien. Autour de lui, cet espace constitue des cavités plus vastes appelées « citernes ».
 - Il est amarré au troc cérébral par trois paires de pédoncules cérébelleux: supérieurs, moyens et inférieurs.

▪ Structure:

• Morphologie externe:

Anatomiquement, il apparaît comme une structure isolée, il a:

- 3 faces,
- 2 fissures,
- 3 couches corticales,
- 2 hémisphères,
- Un vermis,
- 3 lobes cérébelleux,
- 10 lobules,
- Des sillons,
- 3 paires de pédoncules cérébelleux.

○ Coupes histologiques:

- **face antérieure (ventrale)**, Il est centré sur le quatrième ventricule, il recouvre le toit du quatrième ventricule, à l'étage bulbo-protubérantiel.
- **face supérieure**, en rapport avec la tente du cervelet, oblique en haut et en avant.
- **face inférieure**, en rapport avec l'écaïlle de l'occipital. Cette face est séparée de la face supérieure par la fissure horizontale.
 - **2 fissures principales:**
 - primaire,
 - Horizontale.

- **les hémisphères cérébelleux** représentent la plus grande partie du cervelet chez l'homme. Ils régulent la motricité. Ils sont en relation avec les noyaux dentelés. Ils représentent la partie la plus récente du cervelet ou **néocerevet**.
- Le cortex cérébelleux est creusé de nombreux **sillons** dont la direction est grossièrement transversale. Les sillons les plus profonds séparent des **lobules** cérébelleux. Dans chaque lobule, des sillons moins profonds séparent des **folioles** (*lamelles*) cérébelleuses. Dans chaque lobule, des sillons moins marqués séparent des lamelles cérébelleuses.
- **Segmentation en lobes:**

La segmentation se fait en **3lobes** par des sillons profonds ou fissures :

- **Le lobe nodulo-flocculaire:** est le plus ancien phylogénétiquement. Il est formé par l'extrémité antérieure du vermis inférieur ou **nodule** relié aux deux **flocculus**, petits lobules irréguliers situés de part et d'autre. Il est séparé du reste du cervelet par la **fissure postérolatérale**. Il contrôle le système de l'équilibre (système vestibulaire) : vestibulocervelet.

- **Le lobe antérieur (paléo-cervelet):** comprend les lobules cérébelleux situés en avant de la **fissure primaire**.

- **Le lobe postérieur (néo-cervelet):** comprend tous les lobules situés n arrière de la fissure primaire.

- Chaque **lobe** est subdivisé en **lobules** par des sillons secondaires moins profonds.
- Les lobules cérébelleux sont constitués de **folioles** (lamelles) parallèles dont le grand axe est essentiellement transversal. Chaque lobule cérébelleux comprend une portion médiane ou lobule vermien et une partie latérale ou lobule hémisphérique.

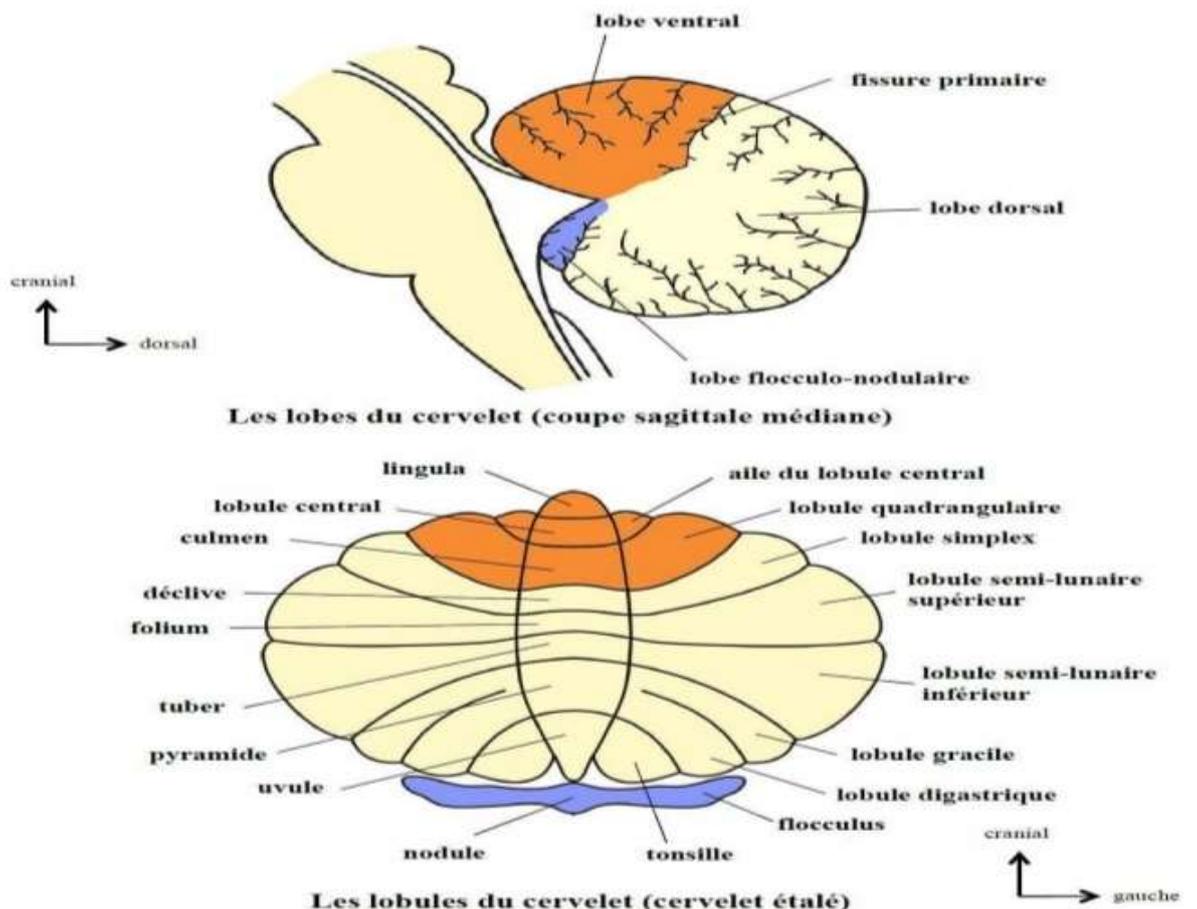


Figure 19 : les lobes, les lobules du cervelet

- **Le diagramme de Larsell:**

Le diagramme de Larsell déplie le cortex cérébelleux pour mettre en évidence les faces supérieure et inférieure sur le même dessin. Le bord postérieur du cervelet apparaît donc au milieu du diagramme. Le bord antérieur de la face supérieure apparaît en haut du dessin. Le bord antérieur de la face inférieure apparaît en bas du dessin.

- **Morphologie interne:**

La structure du cervelet ou "petit cerveau" est similaire à celle du cerveau. Le tissu nerveux du cervelet se présente sous 3 aspects:

- a) **la substance grise** qui est répartie à sa surface pour former le **cortex cérébelleux**, et en profondeur pour former les **noyaux cérébelleux** : fastigial, interposé antérieur et postérieur et noyau dentelé.

- **Les interneurones:**

- Cellules étoilées,
- Cellules à corbeille,
- Cellules granulaire,
- Cellules de Golgi,

- b) **la substance blanche** (cortex d'encéphale), en situation profond. Elle renvoie vers la périphérie des prolongements ramifiés. contenant des fibres nerveuses myélinisées, aussi bien afférentes, provenant de la moelle épinière, du tronc cérébral ou du cerveau.

- **pédoncules cérébelleux:**

Le cervelet est réuni au tronc cérébral par trois paires de **pédoncules cérébelleux** :

- les **corps restiforme et juxtarestiforme** (*pédoncules cérébelleux inférieurs*), qui réunissent le cervelet au bulbe.
- le **brachium pontis** (*pédoncules cérébelleux moyen*), qui réunit le cervelet à la protubérance.
- le **brachium conjonctivum** (*pédoncules cérébelleux supérieur*), qui réunit le cervelet au mésencéphale.

- **L'arbre de vie:**

En coupe *sagittale*, la substance blanche dans le cervelet dévoile sa forme particulière appelée « **arbre de vie** ».

- **Cellules de Purkinje:** modératrice sur les noyaux du tronc cérébral. Seules cellules effectrice du cervelet.

- **Les couches:**

Elle possède 3 couches:

- La couche moléculaire (superficielle),
- La couche des grandes cellules de Purkinje (intermédiaire),
- La couche granulaire à cellules de Golgi (profonde).

- c) **Noyaux profonds du cervelet:**

Il y a 3 paires de noyaux:

- **Archéo-cérébellum:** noyau fastigial.
- **Paléo-cérébellum:** noyaux interposés (globuleux et emboliforme).
- **Néo-cérébellum:** noyau denté.

- Les cellules de Purkinje du cortex cérébelleux se projettent sur les noyaux cérébelleux. L'étude des connexions cortico-nucléaires montre l'existence de trois zones de dedans en dehors

le vermis cérébelleux : région purement sagittale. S'étend sur les faces supérieure et inférieure. Le vermis inférieur est enfoui au fond d'une dépression profonde et large, la **vallécule**. Le vermis est connecté avec **le noyau fastigial**.

la **région paravermienne** s'étend sur 1 ou 2 cm de part et d'autres du vermis sans limites anatomiques évidentes. Elle est connectée avec les **noyaux interposés**. Elle constitue avec le vermis le **spinocervelet**, en rapport avec la moelle épinière.

❖ **Physiologie:**

- Le cervelet, qui contient plus de 50% des neurones de l'encéphale, il est en relation avec les différentes parties du corps en recevant les informations sensorielles *proprioceptives* mais contrairement au croisement observé au niveau du cortex cérébral, chaque hémisphère cérébelleux communique avec les parties du corps du même côté ; on parle dans ce cas d'**homolatéralité**. Il traite ces informations pour donner aux programmes moteurs du mouvement une organisation temporo-spatiale.
- Le cervelet a **un rôle majeur dans la coordination et la synchronisation des contractions musculaires nécessaires à la réalisation des mouvements**. Lorsque l'aire motrice primaire envoie des informations vers les muscles striés squelettiques, ces informations sont simultanément envoyées vers le cervelet.
- Le cervelet joue donc **un rôle de pilote automatique** où de système d'asservissement, c'est-à-dire qu'il corrige en temps réel les consignes envoyés aux muscles selon le geste désiré et la disposition du corps dans l'espace.
- Le cervelet maintient l'équilibre, régule le tonus musculaire, coordonne le mouvement volontaire, car il a la capacité de réduire ou de corriger la différence entre le mouvement prévu et le mouvement réalisé (il détecte l'erreur motrice et la corrige). C'est lui qui permet de maintenir et de moduler la longueur d'un pas, la courbure d'un mouvement, la force d'un geste, la durée d'une action de manière adaptée. On peut le considérer comme « un cerveau proprioceptif ».
- **Cognition et affectivité:** contrôle des fonctions exécutives, végétatives et émotionnelles.
- Le cervelet est par ailleurs impliqué dans des fonctions non motrices telles que l'attention, le langage, les émotions.

iii. **Tronc cérébral:**

❖ **Situation:**

Le tronc cérébral appartient au SNP, plus particulièrement à l'encéphale. C'est une structure intermédiaire qui lie différents éléments du système nerveux: cerveau, cervelet et moelle épinière.

❖ **Anatomie descriptive:**

▪ **Position:**

Il est à la jonction de la tête et du cou prolongement de la moelle épinière. Il est une portion dilatée du névraxe qui est située au dessus de la moelle, Il sous les hémisphères cérébraux et en avant du cervelet au centre de la fosse crânienne postérieure.

▪ **Morphologie externe:**

- 3 étages (parties) qui sont, de bas en haut:
 - **La moelle allongée (bulbe rachidien)**, dérive du myélocéphale, 1/6 du volume total.
 - **Le pont (protubérance annulaire)**, pont de Varole issue du métencéphale, 3/6 du volume total, .
 - **Le mésencéphale (péduncules cérébraux)**, dérivé du mésencéphale, 2/6 du volume total.

▪ **Morphologie interne:**

a) **Substance grise:**

Le tronc cérébral contient de nombreux amas de substance grise.

1) les noyaux des nerfs crâniens:

- **au niveau du mésencéphale** : le noyau du nerf oculo-moteur commun, le plus antérieur et le noyau du nerf trochléaire ou pathétique,
 - **au niveau du pont** : les noyaux du nerf trijumeau à ceux du nerf auditif ou vestibulo-cochléaire,
 - **au niveau du bulbe rachidien** : les noyaux du nerf glosso-pharyngien à ceux du nerf hypoglosse, la racine spinale du nerf spinal appartient à la moelle épinière.
- La position de ces noyaux provient de l'organisation en colonnes nucléaires du tronc cérébral.
- Tous les noyaux (tegmentaux, parabrachiaux, prétectaux, précérébelleux...) sont traités soit spécifiquement, soit étudiés dans les différentes parties du tegmentum (bulbaire, pontique, mésencéphalique).

2) La substance réticulée:

La formation réticulée (ou substance réticulée ou réticulaire) est formée par une longue bande de formation grise disposée parallèlement au tronc dans le tegmentum, depuis la partie caudale du bulbe jusqu'à la partie crâniale du mésencéphale.

Elle contrôle les niveaux de conscience (arousal, sommeil) et la conscience de soi.

- ### 3) la substance périaqueducale (PAG), qui, souvent, est placée dans la formation réticulée.

b) Substance blanche:

Les fibres nerveuses (substance blanche, principalement composée d'axones) représentent les grandes voies ascendantes et descendantes que sont :

- la voie pyramidale du tronc, avec ses faisceaux cortico-spinal et cortico-nucléaire,
- la voie extrapyramidale avec le faisceau central de la calotte (ou tegmental central) comme voie efférente, la voie lemniscale : voie des colonnes dorsales et du lemnisque médian (ruban de Reil médial),
- le faisceau longitudinal médial (ou bandelette longitudinale postérieure),
- le faisceau longitudinal dorsal (ou de Schütz).

c) Cavité épendymaire:

Le tronc cérébral est traversé par :

- le 4^{ème} ventricule au niveau bulbaire antérieur et pontique,
- l'aqueduc de Sylvius au niveau mésencéphalique.

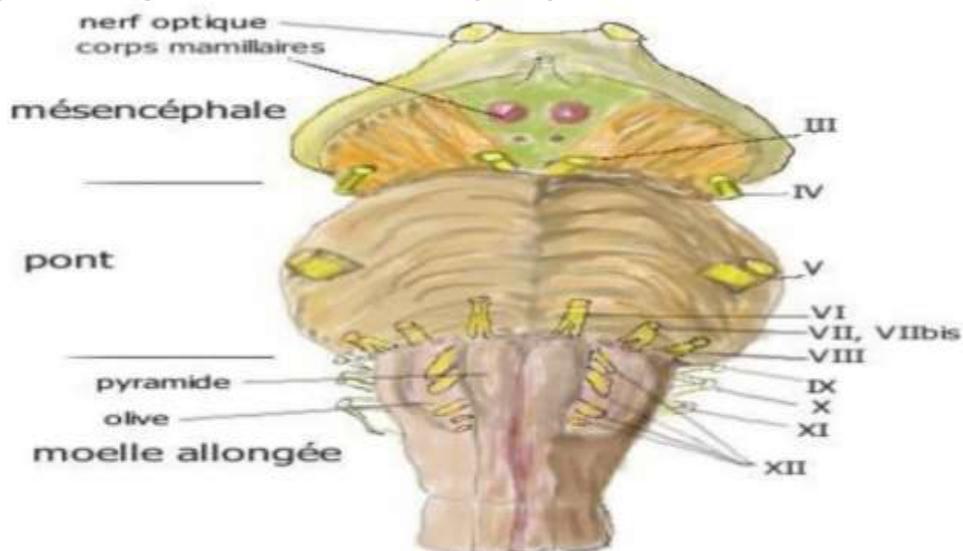


Figure 21 : Tronc cérébrale

❖ **Physiologie:**

- **Passage des voies motrices et sensitives:**

Le tronc cérébral constitue la zone de passage de nombreuses voies motrices et sensitives.

- **Centre cardiovasculaire:**

Le tronc cérébral, et plus particulièrement le bulbe rachidien, joue un rôle essentiel dans la régulation cardiaque. Il module la fréquence et la force des contractions du cœur. Il module également la pression artérielle en impactant sur le diamètre des vaisseaux sanguins.

- **Centre respiratoire:**

Le tronc cérébral, dont notamment le bulbe rachidien et le pont, amorce et module le rythme et l'amplitude respiratoires.

- Autres rôles sont associés au tronc cérébral, et plus particulièrement au bulbe rachidien, tels que la déglutition, la salivation, le hoquet, le vomissement, la toux et l'éternuement.

III. **Lésions cérébrales:**

❖ **Définition:**

Une lésion cérébrale est un événement causant un arrêt de fonctionnement. Une lésion cérébrale signifie spécifiquement une atteinte au niveau du cerveau, provoquée par une maladie ou un accident.

Elle peut avoir un impact sur votre pensée, votre comportement, votre mémoire et vos possibilités physiques. Les conséquences des lésions sont similaires, indépendamment de leur cause. Elles sont complexes, variées et pas toujours visibles.

❖ **Types:**

1. **lésion cérébrale acquise:**

Une lésion cérébrale acquise correspond à une lésion cérébrale qui n'est pas due à une affection héréditaire, congénitale ou dégénérative, et qui n'est pas liée à la grossesse ou à l'accouchement.

Le plus souvent, une lésion cérébrale acquise entraîne des modifications de l'activité des neurones (cellules nerveuses). Ces modifications touchent une ou plusieurs zones fonctionnelles telles que la cognition, la parole, le langage et la communication, la mémoire, l'attention et les possibilités de concentration, la pensée logique, la pensée abstraite, le comportement psychosocial, le traitement de l'information et les fonctions physiques.

2. **lésion cérébrale traumatique:**

- Une lésion cérébrale traumatique est la conséquence d'un coup porté sur la tête ou d'une pénétration de la tête, entraînant une perturbation de la fonction cérébrale.
- Une lésion cérébrale traumatique peut être légère (une brève modification de l'état mental ou de la conscience) à sévère (une période plus longue d'inconscience ou une amnésie après la lésion). Une lésion cérébrale peut entraîner des problèmes à court et à long terme en rapport avec les fonctions motrices.

❖ **Symptômes:**

- **Douleur:**

- Douleur dorsale;
- Douleur dans la nuque;
- Céphalées et migraine;
- Douleur le long d'une voie nerveuse;
- Douleur le long d'une voie nerveuse;

- Vertiges et Perte d'équilibre.
- **Dysfonctionnement musculaire:**
 - Faiblesse;
 - Tremblement (mouvements rythmiques involontaires d'une partie de l'organisme);
 - Paralyse et Anomalies de la marche;
 - Rigidité; spasmes musculaires; raideur et spasticité;
 - Troubles de la déglutition;
 - Convulsions.
- **Variations de la sensibilité:**
 - Engourdissement cutané;
 - Fourmillement ou picotement;
 - Sensibilité accrue (hypersensibilité) au toucher léger;
 - Perte de la sensation du toucher, froid, chaud et douleur;
 - Perte de la sensibilité posturale (capacité à se rendre compte de la position des parties du corps dans l'espace).
- **Changements dans les sens spéciaux:**
 - Troubles de l'odorat et du goût;
 - Hallucinations visuelles;
 - Perte complète ou partielle de la vision et vision double;
 - Surdité et bourdonnements ou autres sons provenant des oreilles (acouphènes);
 - Difficultés d'élocution (dysarthrie).
- **Troubles du sommeil:**
 - Difficulté à s'endormir ou dormir;
 - Mouvements incontrôlables des jambes pendant le sommeil;
 - Sommeil incontrôlé (comme la narcolepsie) ou sommeil trop important.
- **Changements dans la conscience:**
 - Changement de la cognition (capacité mentale);
 - Mauvaise mémoire et perte de concentration;
 - Confusion;
 - Démence;
 - Stupeur;
 - Coma;

❖ Différentes pathologies cérébrales:

- **L'accident vasculaire cérébral:**
 - **Définition:**
 - ✓ Jadis appelé apoplexie, et parfois nommé aujourd'hui attaque cérébrale, l'AVC désigne l'obstruction ou la rupture d'un vaisseau transportant le sang dans le cerveau, dont il résulte une privation d'oxygène.
 - ✓ L'AVC est une urgence médicale : il peut être fatal et, dans la moitié des cas, il entraîne des séquelles d'autant plus importantes que le traitement aura été retardé.
 - **types d'accidents vasculaires cérébraux:**
 - ✓ Les **accidents ischémiques ou infarctus cérébraux** viennent du **blocage de l'artère cérébrale** avec des causes différentes et provoquant deux types d'AVC : soit parce qu'une plaque riche en lipides se forme sur cette artère au point de l'obstruer (athérosclérose); soit parce qu'un caillot de sang, formé ailleurs dans l'organisme, vient obstruer la même artère, et il s'agit alors d'une embolie cérébrale (30 % des cas).

- ✓ L'**hémorragie cérébrale** (20 % des cas) ; c'est **la plus dangereuse en termes de mortalité et de séquelles**. Le plus souvent, elle provient d'un **anévrisme** (section dilatée d'une artère) qui prive le cerveau d'oxygène et provoque une compression sur les tissus environnants. Les tumeurs, les crises d'hypertension et divers troubles de la coagulation peuvent eux aussi entraîner des hémorragies cérébrales.

- ✓ **L'AIT (le mini-AVC) :**

Lorsque l'obstruction de l'artère cérébrale se résorbe d'elle-même et ne provoque pas de séquelle, on parle de mini-AVC ou AIT, accident ischémique transitoire. Ses symptômes sont les mêmes que l'AVC, mais ils durent de quelques secondes à quelques minutes avant le retour à la normale. L'AIT **peut donc passer inaperçu** et être confondu avec un simple malaise. **Il** signale pourtant un risque important d'AVC plus grave et doit amener à consulter en urgence.

- **Classification et causes:**

- L'AVC peut être classé selon sa **durée**:

- ✓ **accident ischémique transitoire** (AIT) avec retour en moins d'une heure à l'état normal, sans séquelles ni preuve d'infarctus à l'imagerie;

- ✓ **accident ischémique rapidement régressif** : les AVC ischémiques dont les signes disparaissent en moins de 5 jours ;

- ✓ **accident ischémique constitué** (AIC), si les signes persistent au-delà de 5 jours.

- L'AVC peuvent être classés selon leur **causes**:

- ✓ **l'infarctus ou ischémie cérébrale** : résultant de l'obstruction d'un vaisseau sanguin (80 % de l'ensemble des AVC) ;

- ✓ **l'hémorragie cérébrale**: provoquant un saignement (rupture d'un vaisseau sanguin) dans le cerveau (représentant 20 % des cas).

- **Facteurs de risque:**

- ✓ L'âge et la vieillissement des vaisseaux;

- ✓ La prédisposition héréditaire;

- ✓ L'hypertension artérielle, le cholestérol, le diabète et les problèmes cardiaques;

- ✓ le tabagisme et la surconsommation d'alcool;

- ✓ la sédentarité, le stress et le syndrome d'apnée du sommeil;

- ✓ la surcharge pondérale;

- ✓ la pilule contraceptive.

- **La maladie de Parkinson:**

- **Définition:**

C'est une maladie neurodégénérative progressive, caractérisée par la destruction des neurones à dopamine de la substance noire du cerveau (ces neurones sont impliqués dans le contrôle des mouvements).

- **Causes:**

- ✓ L'hérédité (facteur génétique);

- ✓ L'exposition importante et prolongée (de plusieurs années);

- ✓ Les produits chimiques de type pesticides...

- **Facteurs de risques:**

- ✓ L'exposition excessif aux pesticides;

- ✓ La pollution de l'air.

- **L'atrophie multisystématisée (AMS) :**

- **Définition:**

c'est un ensemble des maladies neurodégénératives sporadiques (non héréditaires) rare, caractérisées par une défaillance autonome (cardiovasculaire et/ou urinaire), des signes parkinsoniens.

- **Types:**
- ✓ **Parkinsonien (AMS-p):** est très similaire à la maladie de Parkinson, sauf qu'un tremblement n'apparaît pas et l'évodopa ne soulage pas les symptômes.
- ✓ **Cérébelleux (AMS-c):** est caractérisée par une perte de coordination et une difficulté à maintenir l'équilibre.
- **Causes:**
- ✓ La perte progressive des neurones dans plusieurs zones du cerveau est associée à l'accumulation d'une protéine appelée alpha-synucléine dans les cellules de soutien aux neurones de glie.
- **Facteurs de risque:**
- ✓ Risque accru d'infection;
- ✓ Risque plus élevé si stridor (nocturne et diurne = survie 1 an / 8 an).
- ✓ Facteur de pronostic défavorable: > 60 ans, stridor, < 3 ans, dysautonomie sévère, dysphagie, AMS p > AMSc.

- **Epilepsie:**

- **Définition:**

Le mot «épilepsie» vient du grec « epilambanein », c'est une maladie neurologique chronique définie par la répétition spontanée de crises de courte durée, provoquées par l'hyperactivité d'un groupe de neurones dans le cerveau.

- **Classification et Causes:**

l'épilepsie peut être regroupée en 3 familles selon ses causes:

- ✓ **Epilepsie symptomatique:** parce qu'elle est le symptôme d'une cause identifiable et connue; une maladie ou un accident a entraîné des lésions du cerveau et qui déclenchent des crises d'épilepsie.
- ✓ **Epilepsie idiopathique:** il n'y a pas de cause identifiable, elle est transmise de façon héréditaire et représente environ 10 à 15 % des épilepsies.
- **Facteurs de risques:**
- ✓ L'oubli de traitement,
- ✓ Le manque de sommeil,
- ✓ L'alcool et les drogues,
- ✓ Et les changements hormonaux chez les femmes.

- **La dégénérescence fronto-temporale (DFT):**

- **Définition:**

c'est une démence et un trouble neurocognitif sporadique ou héréditaire qui touche les lobes frontaux et temporaux. Elle est caractérisée par le développement progressif d'un changement de comportement et/ou une altération du langage.

- **Causes:**

- ✓ Facteurs génétiques, comme les mutations du gène codant pour la protéine « tau » sur le chromosome 17;

- **Facteur de risque:**

- ✓ La vieillesse.

- **La démence à corps de Lewy (DCL):**

- **Définition:**

C'est une forme de trouble cognitif caractérisée par des dépôts anormaux d'une protéine « alpha-synucléine » qui se forment à l'intérieur des cellules cérébrales. Ses symptômes sont similaires à la maladie d'Alzheimer (troubles cognitifs) et à Parkinson (troubles moteurs).

- **Causes :**

- ✓ Des dépôts de protéines se forment dans certaines zones du cerveau.

- **Facteurs de risque:**

- ✓ dépôts n'ont cependant pas la même forme ni même ailleurs (ne sont pas localisés) dans les mêmes zones cérébrales,
- ✓ Les personnes âgées de 50 ans et plus,
- ✓ La génétique -malgré cette maladie n'est pas héréditaire-,
- ✓ Le mode de vie n'est pas sain.
- ✓

- **La dystonie:**

- **Définition:**

C'est une maladie neurodégénérative rare, caractérisée par des contractions musculaires involontaires soutenues qui contraignent à adopter des positions anormales.

- **Classification et Causes:**

- ✓ **Dystonie primaire:** due à cause d'une mutation génétique (Les noyaux basaux endommagés).
- ✓ **Dystonie secondaire:** due à cause d'une affection ou un médicament.

- **Facteurs de risque:**

- ✓ Nombreuses maladies génétiques peuvent être associées à une dystonie (comme maladie de Huntington, maladie de Wilson,...).
- ✓ pseudo-dystonie est abusivement utilisé pour désigner des affections comme la malformation de Chiari ou encore la maladie de Dupuytren.

- **La maladie d'Alzheimer:**

- **Définition:**

C'est une maladie dégénérescence des cellules nerveuses et leur mort progressive. Ce qui entraîne la perte de certaines fonctions cérébrales. Elle concerne les personnes âgées



Figure 22 : maladie Alzheimer

- **Causes:**

l'accumulation anormale de protéines dans le cerveau:

- ✓ la protéine bêta-amyloïde conduisant à formation de plaques amyloïdes (appelées aussi séniles) à l'extérieur des cellules.
 - ✓ la protéine TAU dans les neurones.
- **Facteurs de risque:**
 - ✓ Les femmes deux fois plus que les hommes, car elle sont attribuables en grande partie aux changements hormonaux qui surviennent à la ménopause (une diminution d'hormone d'œstrogène),
 - ✓ Le diabète de type 2 et les maladies cardiovasculaires,

- ✓ Le trouble cognitif léger,
- ✓ Les facteurs environnementaux (tabac, alcool, consommation excessive de sucre, pollution, certains médicaments...).

- **La chorée de Huntington:**

- **Définition:**

C'est une affection neurodégénérative de SNC, rare, génétique et héréditaire, donc elle n'est pas contagieuse. Elle se manifeste par des troubles moteurs, cognitifs et psychiatriques qui s'aggravent progressivement jusqu'à la grabatisation et la détérioration intellectuelle sévère.

- **Causes:**

- ✓ une expansion d'un motif CAG (mutation) dans le gène codant pour la protéine Huntingtine.
- ✓ Destruction des neurones de certaines régions cérébrales.

- **Facteurs de risque:**

- ✓ Elle peut conduire à une perte totale d'autonomie et à la mort.
- ✓ Elle est autosomique dominante (peut se transmettre de génération en génération).

- **La maladie de Charcot ou sclérose latérale amyotrophique (SLA):**

- **Définition:**

C'est une maladie rare du neurone moteur, caractérisée par la perte progressive des neurones moteurs du cerveau et de moelle épinière; qui conduit à un affaiblissement puis une paralysie des muscles des jambes, des bras, des muscles respiratoires, de déglutition et de la parole. Les fonctions intellectuelles ne sont pas touchées.

- **Causes:**

- ✓ Mutation génétique (plus de 12 mutations sont liées à cette maladie),
- ✓ Déséquilibre chimiques (excito-toxicité): une concentration excessive d'acide aminé (neurotransmetteur qui s'appelle «glutamate»).
- ✓ Trouble du système immunitaire: l'une des cellules immunitaires du cerveau détruit les neurones moteurs sains.
- ✓ Stress oxydatif: l'oxygène utilisé pour produire de l'énergie peut se transformer en substances toxiques appelées «radicaux libres».

- **Facteurs de risque:**

- ✓ L'hérédité, L'âge (plus de 55 ans),
- ✓ Sexe: les hommes ont plus de risques que les femmes,
- ✓ Facteurs environnementaux (tabagisme, toxines de produits chimiques surtout dans le service militaire...).

- **La sclérose en Plaque (SEP):**

- **Définition:**

c'est une maladie neurodégénérative inflammatoire auto-immune chronique, elle considère comme la 2^{ème} cause nationale de l'handicap. Elle est caractérisée par la présence des plaques de démyélinisation localisées au niveau de la substance blanche du cerveau.

- **Causes:**

- ✓ Une réaction immunitaire anormale de l'organisme dirigée contre le SNC, et on ne connaît pas encore l'antigène exact,
- ✓ La détérioration de la myéline (gaine de matière grasse entoure et isole les fibres nerveux).

- Facteurs de risque:

- Le virus d'Epstein-Barr (VEB),
- La carence en vitamine D,

- L'obésité chez l'enfants,
- Le tabagisme.
- **Tumeur cérébrale:**

- **Définition:**

C'est une masse (croissance cellulaire) anormale qui peut se développer dans n'importe quelle zone du cerveau du façon anarchique; qui peut être de nature bénigne (non cancéreuse) ou maligne (cancéreuse).

- **Types et classification:**

- a) **Tumeurs primitives (locales):**

- 1) **tumeurs bénignes (non cancéreuses):**

Elles se forment lentement et restent le plus souvent isolées des tissus cérébraux voisins, et sont plus faciles à extraire par chirurgie.-

- ✓ **Adénome hypophysaire:**

Tumeur bénigne qui se développe au niveau de l'hypophyse. Cette tumeur peut causer des troubles hormonaux (arrêt des règles par exemple) ou parfois des troubles de la vue.

- ✓ **Ependymome:**

Tumeur le plus souvent bénigne, qui se développe dans les ventricules du cerveau ou le long des canaux qui transportent le liquide céphalo-rachidien. C'est un type de gliome. L'épendymome peut être localisé dans le cerveau ou au niveau de la moelle épinière.

- ✓ **Méningiome:**

- ✓ Tumeur le plus souvent bénigne, qui se développe à partir des méninges. Un méningiome peut être localisé n'importe où autour du cerveau et de la moelle épinière.

- ✓ **Neurinome:**

Tumeur le plus souvent bénigne qui se développe à partir des cellules qui entourent les nerfs (appelées cellules de Schwann). Le neurinome le plus fréquent se développe dans le cerveau, sur le nerf acoustique (responsable de l'audition), qui relie l'oreille et le cerveau. On l'appelle aussi schwannome.

- 2) **tumeurs malignes (cancéreuses):**

Il est parfois difficile de les distinguer et de les extraire etièrement sans endommager le tissu cérébral avoisinant.

- ✓ **Astrocytome:**

Tumeur qui se développe à partir des cellules gliales appelées astrocytes. Ils peuvent apparaître dans n'importe quelle zone du cerveau. Les astrocytomes sont classés en quatre grades, selon leur agressivité et la vitesse à laquelle ils se développent. Les astrocytomes de grade 1 et 2 sont considérés comme bénins, ils évoluent lentement. Les astrocytomes de grade 3 sont malins, ils évoluent rapidement et ont tendance à s'infiltrer dans plusieurs zones du cerveau. Les astrocytomes de grade 4, appelés aussi « glioblastomes », sont les tumeurs les plus agressives.

- ✓ **Glioblastome:**

Tumeur de la famille des gliomes. Le glioblastome représente 20 % de l'ensemble des tumeurs du cerveau. Il se développe rapidement et s'étend dans plusieurs zones du cerveau en même temps. Après un traitement complet (chirurgie et radiothérapie), la progression de la tumeur peut être ralentie ou stoppée pendant plusieurs mois.

- ✓ **Gliome:**

Catégorie de tumeurs du cerveau qui se développent à partir des cellules gliales. Il existe plusieurs types de gliomes, dont certains sont cancéreux et d'autres non cancéreux. La majorité des tumeurs du cerveau sont des gliomes.

- ✓ **Neurofibrome:**

Tumeur qui se développe à partir des nerfs, le plus souvent le nerf acoustique responsable de l'audition. Les neurofibromes sont des tumeurs bénignes qui peuvent évoluer en tumeurs malignes, notamment lorsqu'elles sont liées à une maladie génétique appelée neurofibromatose.

✓ **Oligodendrogliome:**

Tumeur qui se développe à partir des oligodendrocytes, un type de cellule gliale. Un oligodendrogliome peut être localisé dans n'importe quelle zone du cerveau. Il en existe deux types : les oligodendrogliomes de bas grade, qui évoluent lentement et les oligodendrogliomes, de haut grade qui sont malins et évoluent plus rapidement.

b) Tumeurs secondaires (extérieur):

1) **Métastases:**

Les métastases au cerveau sont des tumeurs secondaires, qui se développent à partir d'un cancer situé dans une autre partie du corps: le sein, les poumons, etc.

○ **Causes:**

✓ Des mutations dans les protéines qui sont utilisés pour former les cellules cérébrales (surtout les cellule gliomes); et qui permettent de multiplication aléatoire de ces derniers.

○ **Facteurs de risques:**

✓ L'exposition excessif aux radiofréquences (ondes et rayonnements ionisants émis par les téléphones portables et les appareils électroménagers par exemple),

✓ Cancer chez les enfants et l'exposition de leurs mères à des examens radiologiques pendant leurs grossesse,

✓ L'exposition à des produits chimiques (comme les résidus des pesticides dans les aliments).

✓ L'âge, les risques augmente en vieillissant (plus de 45 ans). Toutefois, certains types de tumeurs comme « les médulloblastomes » surviennent presque exclusivement chez les enfants.

✓ Certains syndromes ou maladies héréditaires peuvent augmenter le risque.

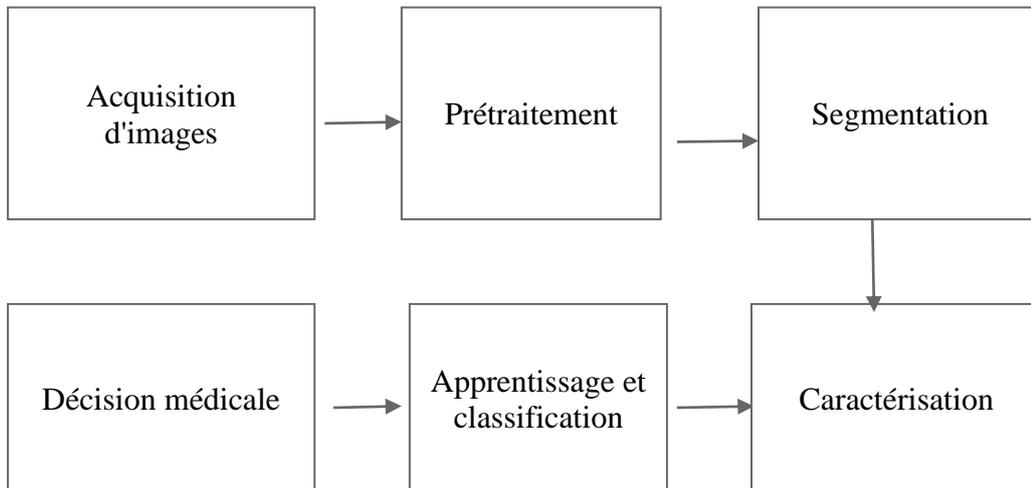
❖ **Conclusion:**

Au terme de ce chapitre, on a inclus sur tous les aspects médicaux de l'encéphale humain à partir d'une description anatomique et physiologique. Par la suite, on a présenté les différentes lésions qui touchent cette structure; et qui provoquent des célèbres pathologies cérébrales avec citation ses symptômes, ses facteurs de cause et de risque.

Chapitre 2: Contexte Technique et informatique
«Traitement d'images cérébrales»

Introduction:

Le traitement d'images est une branche du traitement de signal dédiée aux images et vidéo. C'est un ensemble des opérations appliquées sur les images numériques. Afin d'améliorer leur qualité ou extraire de l'information pour faciliter l'interprétation par le médecin. Dans ce chapitre, on va citer en détail la chaîne de ce traitement.



I. Etat de l'art:

❖ Imagerie microscopique in vivo 11.7 T:

Dans le cadre du projet baptisé, le centre NeuroSpin est accueilli en 2017 un aimant de 11.7 Tesla, de 132 tonnes, 5 mètres de diamètre et de long. De par sa qualité d'image unique et son champs magnétique intense, le scanner IRM basé sur cet aimant donne aux scientifiques la possibilité de visualiser à une résolution inégalée la structure et le fonctionnement du cerveau sain ou malade, et de dévoiler l'organisation du code neural, une première mondiale.

❖ Traitement des données et analyse des images – BIG DATA:

Le monde est entré dans l'ère des big data et la recherche aussi bien que la prise en charge des patients n'échappent pas à l'explosion du volume des données, de leur multiplicité et leur complexité. En imagerie médicale, elles sont souvent multimodales. Par ailleurs, pour mieux expliciter le lien entre profil génétique et phénotype, la recherche recourt désormais à de grandes cohortes.

Ces données d'imagerie -complémentaires de la génétique- comprennent des phénotypes riches issus de l'imagerie IRM(structurale, fonctionnelle ou de diffusion) et des mesures moléculaires à haut débit (génotypage, expression des gènes). L'objectif est d'étudier le rôle de la génétique et celui des perturbations environnementales dans la variabilité des phénotypes, les effets comportementaux ou médicaux. A plus long terme, avec la production biomarqueurs originaux, la proposition et l'étude de nouvelles thérapies. Les méthodes d'intégration de données d'imagerie génétique trouvent des applications en neurosciences, psychiatrie, pour l'étude des maladies neurodégénératives ou encore l'oncologie.

❖ Mahmoud Khaled, Abd-Ellah, Ali Ismail Awad, Hesham F. A. Hamed, and Ashraf A. M. Khalaf (Electronics and Communications Department, Al-Madina Higher Institute for Engineering and Technology, Giza, Egypt):

Cette étude présente une nouvelle structure de réseau pour la détection et la classification précises des tumeurs du gliome à l'aide de deux réseaux de neurones à convolution profonde parallèles (PDCNN). La structure proposée est conçue pour identifier la présence et l'absence d'une tumeur cérébrale dans les images IRM et classer le type d'images tumorales en gliomes de haut grade ou de bas grade.

La structure PDCNN introduite tire parti des caractéristiques globales et locales extraites des deux étapes parallèles. La structure proposée est non seulement précise mais aussi efficace, car les couches convolutives sont plus précises car elles apprennent les caractéristiques spatiales, et elles sont efficaces dans la phase de test car elles réduisent le nombre de poids, ce qui réduit l'utilisation de la mémoire et le temps d'exécution. Des expériences de simulation ont été réalisées à l'aide d'un ensemble de données IRM extraites de la base de données BraTS 2017. 150 images en phase de validation des PDCNN et 450 images en phase de test.

La structure a obtenu des résultats impressionnants en termes de précision, de sensibilité et de spécificité (97,44 %, 97,0 % et 98,0 %, respectivement). La détection et la classification des gliomes ont pris 0,48 seconde par image. Ces résultats montrent que la structure de réseau parallèle proposée surpasse les autres méthodes de détection et de classification dans la littérature.

II. Acquisition des images cérébrales:

❖ Signification:

L'imagerie cérébrale (on l'appelle aussi « neuro-imagerie ») désigne l'ensemble des techniques issues de l'imagerie médicale qui utilisent soit les rayonnements (rayons X, injection produits radioactifs); soit la mesure de l'activité électrique ou -plus récemment- de champs magnétiques, et qu'elle doit relever de nombreux défis pour préciser un diagnostic:

- visualiser les différentes structures cérébrales,
- observer leur fonctionnement
- Et observer leurs interactions.

❖ Historique:

L'observation de l'encéphale par autopsie était imprécise et incomplète, du fait notamment de l'observation post mortem d'un organe figé, laquelle ne pouvait rendre compte du déplacement des tumeurs cérébrales à l'origine de troubles cognitifs.

La première technique de neuro-imagerie est la «balance de circulation humaine» inventée par « Angelo Mosso » dans les années 1880. elle a été capable de mesurer de manière non invasive la redistribution du sang durant l'activité émotionnelle et intellectuelle, et qu'elle a été redécouverte par « Stefano Sandrone » et ses collègues. Les outils de la neuro-imagerie (IRM, tomographie par émission de positons, électroencéphalographie, magnétoencéphalographie...) ont ainsi largement participé aux progrès des sciences cognitives depuis les années 1990.

❖ Types et modalités:

A. Imagerie cérébrale structurelle (anatomique):

Elle permet d'identifier, localiser et mesurer les différentes parties de l'anatomie du SNC et les lésions cérébrales. On va citer la plupart de ses techniques:

1. Le scanner:

▪ définition:

Dite aussi: la tomographie, la tomodensitométrie (TDM), le CT scan, est une technique d'imagerie basée sur les rayons X qui sont produits par l'appareil et traversés la tête du patient

pour réaliser de fines coupes axiales (tranches) avec ou sans administration d'un produit de contraste pour but de reconstituer des images de l'encéphale.



Figure 23 : l'appareil du scanner

▪ **Principe de fonctionnement:**

- ✓ Ces rayons X sont arrêtés en fonction de la densité des tissus cérébrales
- ✓ Le TDM repose sur la mesure de l'atténuation d'un faisceau de rayons X par le corps et le calcul de son coefficient d'absorption μ .
- ✓ Les rayons sortent du corps et sont captés par des détecteurs.
- ✓ Le volume étudié est décomposé en petits volumes élémentaires (voxels) disposés selon une matrice. Ce qui permet d'obtenir des images matricielles (pixels) en 2D ou 3D à partir de ses différentes projections.
- ✓ Un système d'enregistrement va stocker les données numériques et transférer aux images réelles.

Une console détecte automatiquement la zone d'exposition et rogne l'image pour obtenir la bonne taille de la région d'intérêt sélectionnée.

▪ **Rôle:**

- ✓ En fonction de la densité des tissus, on peut visualiser nettement les os crâniens, les méninges, les cavités qui possèdent le liquide encéphalo-rachidien (LCR), les vaisseaux. On peut donc déterminer si un tissu est anormal par sa composition, sa taille, sa localisation ou sa forme.
- ✓ Il est possible de comparer des anomalies dans le temps en recherchant d'éventuelles modifications survenues entre deux examens.
- ✓ En cas d'injection d'iode, le scanner permet de rechercher une perméabilité anormale des organes ou de s'assurer de la perméabilité anormale des vaisseaux sanguins.

- ✓ Il aide donc de confirmer le diagnostic, de déterminer la cause et de décider rapidement quelle sera la prise en charge la plus adaptée.
- ✓ Il est donc permet d'explorer avec détail les structures du SNC.

2. L'IRM:

▪ Définition:

L'IRM (Imagerie par résonance magnétique) cérébrale est l'un des techniques d'imagerie médicale les plus récentes, basée sur l'utilisation d'un champ magnétique couplé à des ondes radiofréquences (aucune radiation ionisante n'est émise), pour obtenir des images cérébrales pour but de visualiser et étudier et d'identifier des anomalies spécifiques de l'encéphale.



Figure 24 : l'appareil d'IRM

▪ Précautions:

Avant l'examen, le patient sera remis un questionnaire de manière à éliminer toute contre-indication:

- Avez- vous un pacemaker ou défibrillateur ou une valve cardiaque mécanique?
- Avez-vous des clips vasculaires ou des clips cérébraux?
- Etes-vous porteur d'un appareil auditif interne, éclats métalliques dans les yeux?
- A quand remonte votre dernière opération chirurgicale?
- Avez-vous des allergies et si oui, quelles sont-elles?
- Etes-vous des maladies chroniques (diabète, insuffisance rénale...)?
- Etes-vous susceptible d'être enceinte ?
- Etes-vous mal à l'aise dans les endroits confinés de type ascenseur ?

▪ Principe de fonctionnement:

- ✓ L'IRM fondé sur une phénomène de RMN (Résonance Magnétique Nucléaire) des noyaux atomiques.
- ✓ Le patient est allongé sur le lit et entré au milieu de grandes bobines (bobines radiofréquence RF, bobines de gradient).
- ✓ 2 aimants très puissants sont autour les bobines, et qui la source du champ magnétique B_0 intense de 10000 Gauss (1 Tesla). Ce champ est appliqué sur les protons des noyaux atomiques des molécules d'eau trouvant dans l'encéphale.

- ✓ Les principaux noyaux d'intérêt biologique possédant des magnétiques sont les noyaux de: l'hydrogène (1H), l'isotope du carbone (13C), le fluor (19F), le phosphore (31P) et le sodium (23Na).
- ✓ Le choix de est porté sur les atomes d'hydrogène, et cela pour plusieurs raisons: le noyau de H n'est composé que d'un seul proton, l'H dispose d'un moment magnétique élémentaire protonique élémentaire élevé, il rentre dans la composition des 2/3 des atomes de l'organisme, et enfin, il donne lieu à phénomène de résonance très net.
- ✓ Tous les atomes d'H s'orientent dans la même direction (les spins). Puis, ils sont excités par des ondes radio RF (très faible énergie) en court temps (quelque secondes).
- ✓ Les bobines RF ont deux rôles:
 - Emetteur les impulsion (B1),
 - Capteur (recevoir l'information sous forme des signaux RMN).
- ✓ A l'arrêt de cette stimulation, les atomes restituent l'énergie accumulée en produisant un signal RMN.
- ✓ L'intensité de ce signal dépend à la concentration dans l'eau, et aussi au temps de relaxation dans les spins nucléaires.
- ✓ Le spin est une propriété intrinsèque du noyau comme sa masse et sa charge, il peut prendre des valeurs entières ou demi entière: 0, 1/2, 1 et 3/2 (pour l'H c'est 1/2).
- ✓ Puis, on applique l'encodage spatial (un gradient appliquer sur les 3 axes).
- ✓ En fin, on applique la transformer de fourrier pur obtenir l'image cérébrale.
- **Rôle:**
 - ✓ vise à confirmer et infirmer des hypothèses cliniques.
 - ✓ rechercher des pathologies cérébraux vasculaires (morphologie des artères ou veines) tel que l'AVC, des pathologies inflammatoires comme la SEP (sclérose en plaque), des anomalies évocatrices d'une dégénérescence cérébrale notamment la recherche d'une maladie d'Alzheimer, des tumeurs cérébrales primitives ou métastases.
 - ✓ Grâce à sa précision, il est possible d'analyser des structures de très petite taille et des lésions millimétriques telle que l'hypophyse.
 - ✓ Il est donc utilisée dans le bilan pré thérapeutique de certains cancers évolutifs. Il permet aussi de faire le suivi évolutif et évaluer la performance thérapeutique ainsi que les complications.

3. Echoencéphalographie:

▪ Définition:

L'échoencéphalographie est une échographie du cerveau. C'est un examen basé sur les ondes ultrasonores et l'effet Doppler, permet de visualiser l'encéphale et d'évaluer la pression du liquide céphalorachidien (LCR) dans lequel bain le cerveau.

L'utilisation de cet examen se limite principalement aux foetus, nouveau-nés, aux prématurés et aux nourrissons, ainsi dans la neurochirurgie.



Figure 25 : l'appareil d'échoencéphalographie

▪ **Principe:**

L'échographie utilise des faisceaux d'ondes ultrasonores de fréquence élevée (entre 20 KHz et 500 MHz), inaudible. L'appareil contient de:

- ✓ **Une sonde** émet les ultrasons qui transmis dans le tissu. Ces sons se propagent dans le corps. Après, ils se réfléchissent à la sonde,
- ✓ **Un câble** relie la sonde avec l'appareil,
- ✓ **Un système informatique** permet de la traitement de signal (conversion analogique numérique),
- ✓ **Un console de commande**, c'est un ensemble des touches permettant d'introduire des informations du patient et le réglage des fréquences,
- ✓ **Un système de visualisation** permet d'observer les images obtenus.

▪ **Rôle:**

Il est utilisé à but d'identifier des processus expansifs, tels que des hémorragies, des tumeurs et des dilatations des ventricules du cerveau, ainsi que des altérations structurales du tissu cérébral.



Figure 26 : coupe transversale du cerveau d'un fœtus

B. Imagerie cérébrale fonctionnelle (physiologique):

1. TEMP:

▪ Définition:

La tomographie par émission monophotonique (TEMP) est une technique d'imagerie médicale repose sur le principe de la scintigraphie (DATSCAN), basée sur les rayonnements gamma $R\gamma$, et qui permet de détecter les tumeurs et d'explorer la densité des transporteurs de dopamine du cerveau.



Figure 27 : L'appareil de scintigraphie

▪ Principe de fonctionnement:

Injection le produit radioactif → **patient** → **fixation** → **émission les $R\gamma$**
détecteurs par gamma caméra → **signal numérique** → **image cérébrale (2D).**

- ✓ La scintigraphie est basée sur l'injection au patient un traceur radio pharmaceutique (molécule (vecteur) + marqueur radioactif), mais avec une dose limitée.
- ✓ Ce traceur va fixer sur une structure particulière du cerveau (un tissu liquidien, une lésion...).
- Le molécule a un isotope radioactif, le plus utilisé est le technétium Tc, car sa énergie optimale pour une sensibilité maximal, il peut s'associer avec différents vecteurs et il est peu couteux et plus disponible.
- Le marqueur se désintègre régulièrement en fonction de sa demi-vie et émis un rayonnement gamma, qu'il permet le suivre dans le cerveau.
- ✓ Les $R\gamma$ sont constituent des photons, comme la lumière visible et les RX, mais de haute énergie $> \text{Kev}$ jusqu'à Téra ev.

Ces rayons on peut les capter et observer par l'appareil gamma-caméra sous forme d'un signal.

- ✓ La gamma-caméra se compose d'un:

- **Collimateur:** a des trous parallèles, de largeur très petite pour sélectionner un seul photon, et de profondeur plus profonde pour une grande précision.
- **Scintillateur:** est un cristal d'iodure de sodium qui transforme les photons γ au photons lumineux.
- **Guide de lumière:** pour adapter l'indice de réfraction ($n=1$), pour tous les photons qui sont dans la scintillateur vont au photomultiplicateurs.
- **Photomultiplicateur:** est un amplificateur, son rôle est donner un énorme des informations.
- ✓ Finalement, le signal est traité par l'ordinateur pour former une image de l'activité cérébrale.
- ✓ La durée d'examen est un longe 60 minutes (15 à 30 min pour laisser le temps au traceur de se fixer sur les zones ciblées).
- **Rôle:**
- ✓ Il permet d'explorer la densité des transporteurs de dopamine. Cette dernière est une molécule naturellement présente dans le cerveau qui transmet des informations d'un neurone à l'autre. La diminution des ces transporteurs dans certaines régions du cerveau est associée à la maladie de Parkinson et la maladie à corps de Lewy.
- ✓ on peut faire une combinaison entre TEMP-TDM, le but est localiser la lésion.

2. La TEP-IRM:

▪ Définition:

C'est un appareil hybride basé sur la combinaison simultanément d'une tomographie par émission de positons (TEP) et une IRM.

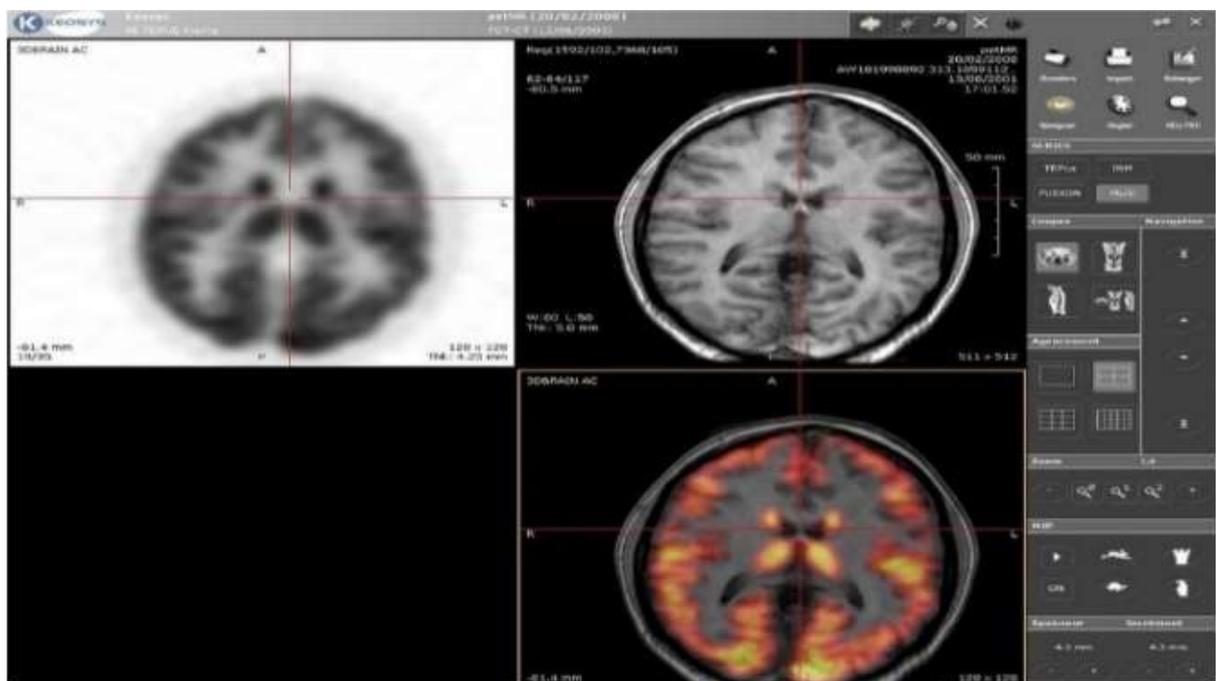


Figure 28 : coupe transversale du cerveau captée par la TEP-IRM

▪ Principe:

Injection le produit radioactif \longrightarrow patient \longrightarrow annihilation \longrightarrow émission les $R\gamma$
détecteurs par gamma caméra \longrightarrow signal numérique \longrightarrow image cérébrale (2D).

- ✓ La TEMP et le TEP ont le même principe, juste dans la TEP on utilise 2 photon au lieu d'un seul photon dans le TEMP. On trouve aussi le phénomène de l'annihilation dans la TEP au lieu de la fixation dans la TEMP.
- ✓ Le phénomène d'une annihilation électron-positron est le résultat de la collision d'un électron et son antiparticule d'un atome voisin le positron. Ils sont annihilés en deux photons gamma à 180° dans des sens opposés avec une haute énergie 511 Kev en chaque côté.
- ✓ Le traceur le plus utilisé est le fluor-fluorodeoxy glucose **F-FDG**. Le glucose combiné à du fluor 18 (glucose marqué) est injecté dans le sang.
- ✓ L'examen TEP-IRM dure de 25 à 45 minutes.
- **Rôle:**
- ✓ Le TEP permet de localiser l'activité cérébrale sur une image un peu floue, contrairement à l'IRM qui donne une image très nette.
- ✓ Le but de superposer les 2 images est d'obtenir une localisation plus précise de l'activité cérébrale obtenue.

3. L'IRMf:

- **Définition:**

L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) est une technique d'imagerie cérébrale, mesurant in vivo des aires du cerveau, en détectant les changements locaux de flux sanguin.

- **Principe:**

- ✓ Le principe général d'une étude IRMf consiste à analyser le signal **BOLD** (Blood Oxygen Level Dependent) qui traduit l'augmentation d'afflux en oxygène dans les régions cérébrales activées.
- ✓ toute activation neuronale va s'accompagner d'une augmentation locale du flux sanguin afin de couvrir les besoins métaboliques liés à cette activation. Ceci va modifier le rapport local entre (oxyhémoglobine / désoxyhémoglobine).
- ✓ Cette augmentation permet d'augmenter légèrement le signal IRM (temps de relaxation T2 * des noyaux d'**H** dans l'eau).
- ✓ ce qui entraîne l'apparition d'un signal magnétique mesurable (signal **BOLD**). Des analyses statistiques sont utilisées pour extraire les signaux, et l'activité cérébrale est ensuite visualisée graphiquement par superposition du signal BOLD et d'une IRM anatomique+ fonctionnelle.

- **Rôle:**

- ✓ Il permet de voir les sources d'activités c.-à-d. la profondeur du cerveau, non seulement en surface. il peut donc fournir une image structurelle et fonctionnelle du cerveau.

- **Inconvénient:**

- ✓ Les lésions cérébrales peuvent modifier le couplage neurovasculaire, il est possible, dans ces cas, de mal interpréter les données de l'activation cérébrale en constatant des faux négatifs ou des faux positifs.

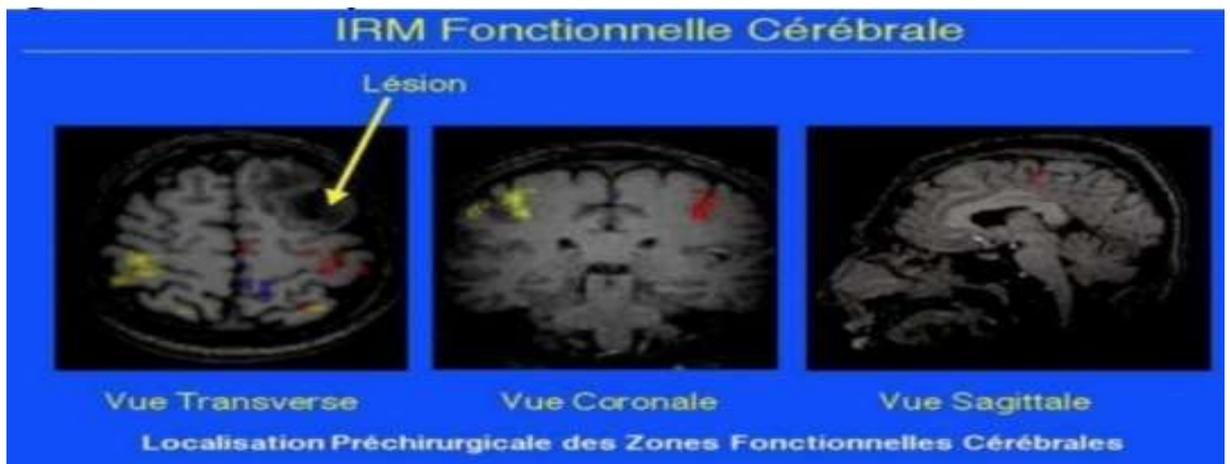


Figure 29 : différentes coupes du cerveau par l'IRM fonctionnelle.

❖ **Comparaison :**

modalité	CT- scan	TEP	IRMf
Type	RX	R γ	Champ magnétique, ondes radio
Type de technique	structurelle	fonctionnelle	fonctionnelle
Type d'examen	Non invasive	invasive	Non invasive
Résolution spatiale		250 à 1000 mm ³	15 à 60 mm ³
Résolution temporelle	30 secondes	2 min	1.5 à 6 s
Durée d'examen	10 à 15 min	60 min	20 à 60 min
Risque répétitivité	Problème des doses de RX (des examens multiples)	Problème des doses de radioactifs	Aucun risque connu

Tableau 1 : comparaison entre modalités d'imagerie cérébrale

III. Prétraitement:

Les prétraitements ont pour but de corriger les défauts grossiers observés dans l'image et les artefacts dus à l'acquisition, afin d'obtenir des images sur lesquelles il sera plus simple de travailler.

i. Image numérique:

Elle est image acquise et sauvegardée sous une forme codée dans une mémoire d'ordinateur. Elle est constituée d'un ensemble des points appelés pixels (nombre de lignes de l'image * nombre de son nombre de colonnes).

ii. Echantillonnage:

- ✓ Une partie de l'image comportant des oscillations avec de petites périodes spatiales, nécessitera plus de pixels qu'une partie présentant moins de variation.
- ✓ C'est une numérisation de la valeur des coordonnées en temps discret (axe x) et en amplitude continu (axe y).
- ✓ Une seule valeur d'amplitude est sélectionnée parmi différentes valeurs de l'intervalle de temps.
- ✓ Il repose sur **le théorème de Shannon** qu'énonce qu'un signal doit avoir sa fréquence maximale échantillonnée sur au-moins 2 pixels afin de ne subir aucune dégradation:

$$f_e = 2 f_{max}$$

- ✓ Il détermine la résolution spatiale des images numérisées.

iii. Quantification:

- ✓ Elle est effectuée après le processus d'échantillonnage.
- ✓ C'est une numérisation des valeurs d'amplitude en temps continu (axe x) et en amplitude discrète (axe y).
- ✓ Les valeurs représentant les intervalles de temps sont arrondies pour créer un ensemble des valeurs d'amplitude possibles.
- ✓ Elle détermine le nombre de niveaux de gris dans les images numériques.

III. Filtrage:

❖ Définition:

L'objectif de filtrage d'image d'améliorer sa qualité, en rendant plus visible les structures d'intérêt. C'est la réduction de l'influence des parasites (bruits).

❖ Types:

i. Filtrage spatial (par convolution):

a. Filtres linéaires:

- **Filtre passe-bas:**
- ✓ **filtre plat:**

C'est un filtre qui calcule une moyenne directe des pixels, il utilise des voisinages carrés (3*3, 5*5...n*n).

$$h_1 = \frac{1}{9} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad h_2 = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

✓ **Filtre pondéré:**

Le poids associé à la valeur de chaque voisin va pondéré. On suppose que l'influence d'un voisin proche est plus important qu'un voisin éloigné. On utilise généralement **le noyau gaussien** qui défini à partir de la réponse impulsionnelle suivante:

$$H(x,y) = \exp(- \frac{x^2+y^2}{2\sigma^2})$$

▪ **Filtre passe-haut:**

✓ **Prewitt et Sobel:**

Les opérateurs de Prewitt et Sobel permettent d'évaluer localement la norme du gradient spatial bidimensionnel d'une image en niveau de gris. Les régions de fortes variations locales d'intensité correspondant aux contours sont amplifiées.

$$\text{avec } h_j = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ C & 0 & -C \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{t} \quad h_i = \begin{bmatrix} 1 & C & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -C & -1 \end{bmatrix}$$

C = 1 : masques de Prewitt C = 2 : masques de Sobel

Filtre Laplacien:

C'est un opérateur du second ordre, pour une image d'intensité I(x, y), il est défini par:

$$\nabla^2 I(x,y) = \partial^2 I(x,y) / \partial x^2 + \partial^2 I(x,y) / \partial y^2$$

$$w = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

b. **Filtres non linéaires:**

▪ **Filtre médian:**

Comme son nom l'indique, sélectionne la valeur médiane des pixels du voisinage. On prend un exemple d'un voisinage carrée 3*3:

▪ **Filtres minimum et maximum:**

Ils ordonnent l'ensemble des pixels du voisinage, et sélectionnent soit la plus petite ou la plus élevée. Cette famille de filtre permet de supprimer des petits détails très lumineux ou très sombres, mais affecte fortement la taille des objets.

▪ **Filtre morphologique:**

✓ **Élément structurant:**

C'est une forme qui définit une opération morphologique, on peut le considère comme un masque. Il possède les caractéristiques suivantes:

- une forme géométrique connu;
- Une taille;
- Un origine de repère.

✓ **Erosion:**

- C'est une opérateur de morphologie mathématique appliqué sur des images binaires.
- C'est une transformation, en tout ou rien, relative à l'inclusion (union).

$$X \ominus B = \{ x \in E / Bx \subset X \}$$

- Elle consiste à chercher tous les pixels pour lesquels l'élément structurant centré sur ce pixel touche l'extérieur de la structure. Elle élimine des petits points.
- Le résultat est une structure rongée, et les particules les plus petites que l'élément structurant utilisé sont disparus, ainsi que les grosses particules sont éventuellement séparées.



Figure 30 : Erosion d'une image cérébrale

✓ **Dilatation:**

- C'est un opérateur de morphologie mathématique qui permet de lisser l'intérieur des objets.
- C'est une transformation, en tout ou rien, relative à l'intersection.

$$X \oplus B = \{ x \in E / Bx \cap X \neq \emptyset \}$$

- Elle consiste à déplacer l'élément structurant sur chaque pixel de l'image, et observer si il intersecte avec la structure d'intérêt.
- Le résultat est une structure plus grosse que l'originale, certaines particules sont connectées et certaines touts sont disparus.



Figure 31 : Dilatation d'une image cérébrale

La composition d'une dilatation morphologique avec l'érosion par le même élément structurant ne produit pas. Pour cela on applique deux autres opérateurs morphologiques: ouverture et fermeture.

✓ **Ouverture:**

C'est une érosion suivie d'une dilatation:

$$O(X)_\beta = (X \ominus B) \oplus B^*$$

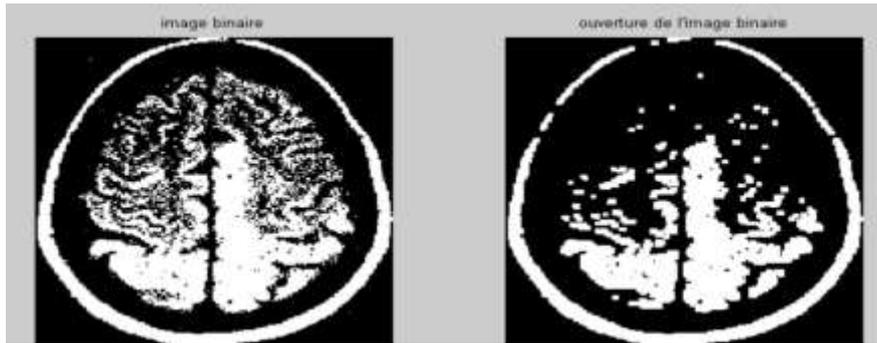


Figure 32 : Ouverture d'une image cérébrale

✓ **Fermeture:**

C'est une dilatation suivie d'une érosion:

$$F(X)_B = (X \oplus B) \ominus B^*$$

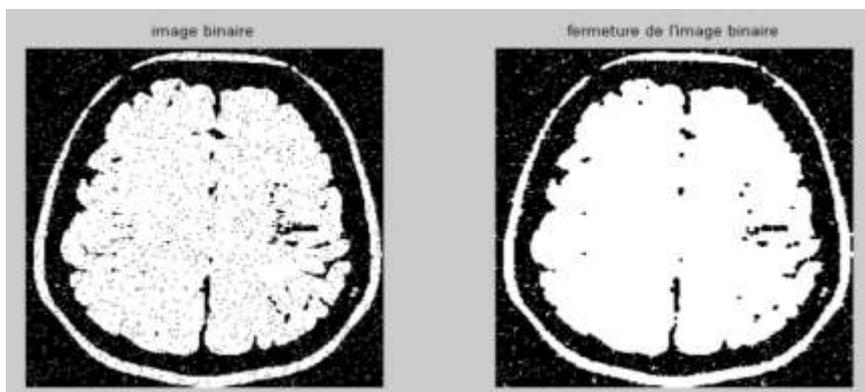


Figure 33 : Fermeture d'une image cérébrale

ii. **Filtrage fréquentiel:**

- ✓ Il consiste à filtrer une image en modifiant son spectre IM, qui est calculé par TFD-2D,
- ✓ Ce spectre obtenu est multiplié par une fonction de pondération (fonction de transfert) $H(u,v)$, et on obtient un spectre filtré IM' ,
- ✓ Une TFD-2D inverse est appliquée sur IM' , pour obtenir l'image filtrée im' .
- Si $H(u,v) > 1$: la fréquence est amplifiée;
- Si $H(u,v) < 1$: la fréquence est atténuée;
- Si $H(u,v) = 1$: la fréquence est inchangée;
- Si $H(u,v) = 0$: la fréquence est supprimée.

iii. **transformer en ondelette :**

On peut implémenter la décomposition en ondelette sur les images en utilisant la commande « dwt2 ». On s'intéresse donc à l'étude des ondelettes discrètes. L'objectif est pour le débruitage d'images.

V. **Segmentation:**

❖ **Définition:**

C'est une étape primordiale dans le traitement d'images consiste à la séparation de l'image en régions (rassembler les pixels ou les regrouper), pour but de séparation les objets du fond.

Dans notre cas, les régions extraites des images cérébrales représentent des lésions cérébrales.

❖ Types:

i. Segmentation globales:

a. Seuillage:

C'est une opération qui consiste à transformer une image au niveau de gris (ou couleur) en une image binaire, et la segmenter en plusieurs classes en n'utilisant que l'histogramme (à chaque pic de l'histogramme est associée une classe). L'objectif est:

- la réduction la taille de l'image (compression de données c. à d. les pixels binaire ne peuvent prendre que deux valeurs soit 0 ou 1).
- Faciliter les traitements (il est plus simple de traiter les images binaires), il permet de réduire l'espace des paramètres de l'image à traiter.

▪ La méthode d'Otsu:

C'est une seuillage automatique, basée sur le calcul préalable de l'histogramme de l'image. L'algorithme suppose que l'image à binariser ne contient que deux classes (l'objet et l'arrière-plan), il calcule alors le seuil optimale qui sépare ces deux classes afin que la variance intra-classe soit minimale (0) et la variance interclasse soit maximale (255).

b. Ligne de partage des eaux:

▪ objectif:

Cette méthode permet de partitionner une image en plusieurs régions homogènes par les lignes de crêtes de l'image. Elle est souvent utilisée sur des images de gradient pour détecter le contour des objets.

▪ Principe:

Le niveau de gris d'un pixel d'image est interprété comme son altitude dans le relief topographique. Un point est plus élevé dans le relief qu'il est clair dans l'image, les pixels sombres correspondent donc aux vallées et bassin du relief, alors que les pixels clairs correspondent aux lignes de crêtes.

c. L'entropie:

- Les seuils sont déterminés de manière à maximiser l'entropie qui mesure l'information portée. Pour un nombre de seuils fixes, on cherche les classes qui portent le maximum d'information dans l'histogramme des niveaux de gris.

$$E = \sum_i E(C_i) \text{ avec } E(C_i) = - \sum_i P_i * \log(p_i)$$

$P_j = H(j) / \text{taille d'image}$,

C_i : classe,

D_i : ensemble des niveaux de gris associés à la classe C_i ,

P_j : la probabilité à postériori du niveau de gris,

$H(j)$: histogramme.

ii. Segmentation locale (Segmentation par région):

a. Segmentation par croissance des régions (Region Growing):

- ✓ c'est une méthode de fusion, l'image est décomposée en régions (une région = une seul pixel), Ce qui permet de regrouper l'image en petits éléments plus importants.
- ✓ l'algorithme se compose de deux étapes:
 - Trouver les points de départ des régions,
 - Faire grossier les régions par agrégation des pixels voisins.

b. Segmentation par division (Split):

Elle consiste à faire une dichotomie par blocs de l'image (généralement 4 blocs), puis on teste le contenu de bloc par un prédicat d'homogénéité $E(R_i)$. Si il est homogène alors on arrête la division. Sinon, on découpe le bloc en deux sous-blocs...etc.

c. **Segmentation par rassemblement (Merge):**

Les germes qui ne correspondent pas à un objet dans l'image sont éliminés. Ainsi, les régions adjacentes dont les couleurs moyennes sont proches et pour lesquelles la longueur de la frontière commune divisée par la somme de leurs périmètres est inférieure à un seuil sont fusionnées.

$$P(R_i) = \begin{cases} \text{vrai} & \text{si } E(R_i) < T1 \\ \text{faux} & \text{sinon} \end{cases}$$

avec
$$E(R_i) = \frac{1}{\text{card}[R_i]} \sum (g(x_i) - m(R_i))^2$$

$\text{card}[R_i]$: nombre de pixels de la région R_i ,

$g(x_i)$: niveaux de gris NG du pixel x_i ,

$m(R_i)$: la valeur moyenne des niveaux de gris de la région R_i .

- ✓ Si $P(R_i) = \text{faux}$ → subdivision (Split),
- ✓ Si $P(R_i) = \text{vrai}$ → fusion (Merge).

VI. **Recalage:**

C'est une étape dans le traitement d'images cérébrales. Son objectif est d'estimer une transformation géométrique permettant la superposition spatiale des structures anatomiques ou fonctionnelles présentes dans chacune des images.

Il est nécessaire pour comparer des images d'un même patient à des instants différents, ou avec des modalités différentes. Il consiste à trouver une transformation spatiale permettant d'aligner une image source sur une autre cible.

VII. **Caractérisation:**

❖ **Définition:**

Elle s'appelle aussi «extraction des caractéristiques». C'est l'étape la plus importante et la plus nécessaire dans le traitement d'images, elle vient avant la phase de classification. Elle permet de rendre compte et de calculer certaines propriétés qui s'appellent «attributs ou variables» qui donnent une description géométrique (informations descripteurs) des objets (régions) des images. Ces attributs possèdent des informations pertinentes pour une séparation optimale des classes.

❖ **matrice de co-occurrence (GLCD):**

C'est une matrice qui est utilisée comme une approche d'analyse de texture (la périodicité et la directivité des textures). Elle consiste à étudier la texture au moyen d'une fenêtre d'observation (au moyen d'une relation géométrique entre deux pixels c. à d. on calcule le nombre de paires de pixels de niveaux de gris).

On distingue plus de 10 paramètres possibles sur les matrices de GLCD comme: la surface, le périmètre, la circularité, l'entropie, la variance, le contraste, l'énergie, l'homogénéité, le centre de gravité...

1. **Le contraste:**

- ✓ C'est un élément qui caractérise la nature d'une image $I(i,j)$ et lui donne sa qualité.

- ✓ Il mesure la différence de luminosité entre deux parties claires et sombres d'une image.
- ✓ Il est calculé par la relation suivante:

$$\text{Contraste} = \frac{\max [I(i,j)] - \min [I(i,j)]}{\max [I(i,j)] + \min [I(i,j)]}$$

2. L'énergie:

- ✓ Elle est utilisée pour décrire une mesure de l'information globale de l'image.
- ✓ C'est l'intensité de pixel; où elle montre comment les niveaux de gris sont distribués.

$$\text{Energie} = \sum_{i,j} p(i,j)^2$$

Où P est la fonction de densité de probabilité.

3. L'entropie:

- ✓ C'est une grandeur très importante dans la théorie de l'information.
- ✓ Elle est due à Shannon.
- ✓ mesure la quantité moyenne minimale d'information pour représenter la source numérique sans ambiguïté.
- ✓ Plus l'entropie est petite, plus l'image est facile à comprimer sans perte.
- ✓ Elle est calculée par l'équation suivante:

$$\text{Entropie} = - \sum_{k=1}^k P_k \log P_k$$

k: le nombre de niveau de gris différents dans l'image.

P_k: la probabilité d'apparition du niveau k.

4. L'homogénéité:

- ✓ Elle indique l'homogénéité locale au sens de la texture.
- ✓ Plus il y a le même couple de pixel; plus l'homogénéité est élevé.
- ✓

$$\text{Homogénéité} = \sum_{i,j} \frac{P(i,j)}{1 + |i-j|}$$

5. La moyenne:

Elle signifie la moyenne des niveaux de gris des pixels de même région.

$$\text{Moyenne} = \frac{\text{la somme des niveaux de gris de la lésion cérébrale}}{\text{nombre de pixels totale dans la lésion cérébrale}}$$

6. Variance:

- ✓ C'est la variance des intensités des pixels. Elle permet de mesurer la dispersion des valeurs des pixels autour de la moyenne de ces pixels.
- ✓ Elle est calculée par la somme des carrés des écarts à la moyenne des intensités moins le carré de la moyenne (intensité – moyenne), en divisant par le nombre de pixels:

$$\text{Variance } (\sigma) = \frac{1}{N} \sum \sum_{i=0}^{255} h(i) \cdot (i - \mu)^2$$

N: le nombre de pixels dans une image.

i: l'intensité.

μ : la moyenne.

7. Ecart type:

- ✓ C'est un ensemble de valeurs autour de leur moyenne.
- ✓ Il sert à mesurer la dispersion.
- ✓ C'est la racine carrée de la variance.

$$\text{Ecart type} = \sqrt{\sigma}$$

- ✓ Plus l'écart type est important, plus les valeurs des résultats sont dispersées par rapport à la moyenne.
- ✓ Plus l'écart type est petit, plus les valeurs sont concernées autour de la moyenne.
- ✓ Il est dans la même unité de mesure que les données. Même avec peu d'habitude, il est donc assez simple à interpréter. En revanche, la variance a d'avantage sa place dans les étapes intermédiaires de calcul que dans un rapport.

8. Corrélation:

- ✓ Elle décrit les corrélations entre les variables (lignes et colonnes) de la matrice de cooccurrence de niveau de gris.
- ✓ Elle est pour but de mesurer la linéarité (la relation linéaire entre les variables de l'image).

$$\text{Corrélation} = \sum_{i,j} \frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j)P(i,j)}{\sigma_i\sigma_j}$$

- ✓ Le coefficient de corrélation r est une valeur sans unité comprise entre **-1** et **1**.
- $r \sim 0$: Plus r est proche de zéro, plus la relation linéaire est faible.
- $r > 0$: corrélation positive (les valeurs des deux variables tendent à augmenter ensemble).
- $r < 0$: corrélation négative (les valeurs d'une variable tend à augmenter, et que les valeurs de l'autre variable diminuent).
- $r = 1$ ou -1 : corrélations parfaites, positive car les 2 variables évoluent ensemble à une vitesse fixe (la relation est linéaire); négative les variables sont reportés par un nuage de points peuvent être reliés par une ligne droite.
- $r = 0$: signifie que les variables ne sont pas corrélées linéairement.

9. RMS (quadratique moyenne):

- ✓ C'est la racine carrée de la moyenne arithmétique (somme des carrés divisé par le nombre de pixels).
- ✓ Il a intérêt pour connaître l'uniformité d'une image.

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum xi^2}$$

10. Asymétrie (skewness):

- ✓ L'asymétrie est une mesure de symétrie, ou plus précisément, du manque (absence) de symétrie.

Un ensemble de données (une image) est symétrique si il a la même apparence à gauche et à droite du point central.

$$\text{skewness} = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\sigma^3}$$

- Si l'asymétrie < 0: l'histogramme est asymétrique négativement. Cela signifie que sa queue gauche est plus longue que la droite. Par conséquent, la fréquence sur les intensités les plus sombres (plus proche de zéro) est plus étendue (moins concernée).
- Si l'asymétrie > 0: est à l'opposé.

11. Aplatissement (Kurtosis):

- ✓ C'est la moyenne (ou valeur attendue) des données normalisées élevée à la 4^{ème} puissance.

$$\text{Kurtosis} = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\sigma^4}$$

- ✓ Toutes les valeurs standardisées inférieures à 1 (c. à d. les données moins d'un écart type de la moyenne, où se situe le 'pic'), ne contribuent pratiquement rien à l'aplatissement, car élever un nombre < 1 à la 4^{ème} puissance le rend proche de zéro.
- ✓ Les seules valeurs de données (observables) qui contribuent de manière significative sont celles situées en dehors de la région du pic; c. à d. les valeurs aberrantes. Par conséquent, l'aplatissement ne mesure que les valeurs aberrantes; il ne mesure rien du 'pic'.

12. IDM (mouvement et différence inverse):

Ce paramètre a un comportement inverse du contraste.

Plus la texture possède des régions homogènes, plus l'IDM est élevé.

$$\text{IDM} = \sum_{i,j} \frac{1}{1+(i-j)^2} P(i,j)$$

13. Centre de gravité (CDG):

C'est un paramètre qui permet d'identification des lésions, car à partir de lui on peut calculer d'autres paramètre géométriques. En MATLAB, on trouve la fonction utilisée pour le calcul qui s'appelle « regionprops ».



Figure 34 : Centre de gravité d'une image cérébrale

VIII. Classification:

❖ Définition:

C'est une application de reconnaissance de formes basée sur l'intelligence artificielle sur une base de donnée (ensemble des images qui contient des objets qui portent certains caractéristiques pertinents) pour les identifier à les classes qu'ils appartiennent.

❖ Généralisation:

C'est une phase qui consiste à calculer la relation de nouvelles données avec les données d'apprentissage déjà stockées pour en déduire leur classification.

❖ Base de données:

C'est une structure manipulée par un système de gestion SGBD. elle permet de collecter, d'organiser et de stocker des données brutes dans un tableau des lignes et colonnes, et les mettre à la disposition d'utilisateur pour une consultation. Elle compose de:

- Les individus (les images cérébrales des patients),
- Les variables ou les attributs (surface de tumeurs, périmètre...),
- Les classes (tumeur, sain...).

❖ Phases de classification:

i. Phase d'apprentissage :

▪ Machine Learning (apprentissage automatique):

C'est un processus de développement d'un algorithme (classifieur) pour être capable d'apporter des prédictions et généralisation correctes sur les classes.

▪ Deep Learning (apprentissage profond) :

est un type d'intelligence artificielle dérivé du machine learning (apprentissage automatique) où la machine est capable d'apprendre par elle-même, contrairement à la programmation où elle se contente d'exécuter à la lettre des règles prédéterminées.

▪ Type:

On distingue 3 types d'apprentissage:

a. Apprentissage supervisé:

C'est actuellement le modèle le plus populaire utilisé, on donne au classifieur une grande base de données étiquetée, pour lesquels les entrées (les descripteurs) et les sorties (classes) sont connus. Ce type consiste à modifier les poids jusqu'à la réponse de classifieur et la sortie souhaitée sont correspondantes (c. à d. on mesure à chaque fois le taux d'erreur dans la réponse, puis on modifie les connexions de ces erreurs).

b. Apprentissage non supervisé (auto-organisation):

C'est un apprentissage sans professeur, dans ce cas, les données ne sont pas étiquetées les sorties ne sont pas connues au classifieur (on ne peut pas de modifier les paramètres du classifieur).

c. Apprentissage par renforcement:

C'est un type qualitatif. Il n'est pas nécessaire de disposer pour les exemples des sorties désirées. Il met en œuvre des algorithmes qui tirent les leçons d'expériences répétées en procédant par essai-erreur. C. à d. à chaque fois il nous donne le résultat, on les compare avec les classes connues. Il valide les décisions par un mécanisme de récompense ou de pénalité. On peut comparer la démarche à du dressage.

▪ Modes d'apprentissage:

a. Mode en-ligne:

Toutefois on présente un objet, il modifie les paramètres des objets. Ce mode trouvant dans d'apprentissage par renforcement.

b. Mode hors-ligne (off-ligne):

Il attend jusqu'à on donne tous les paramètres des objets, et il sera modifier une seul fois (il ne fait pas l'apprentissage que lorsque l'ensemble des objets ont été présentés.

ii. Phase de test:

Il consiste à affecter un nouvel objet à l'une des classes, il donne les résultats de la phase d'apprentissage.

▪ **Matrice de confusion:**

C'est une matrice qui mesure la qualité d'un système de classification. Elle est intéressée par montre si le système parvient à classifier correctement.

	Présence d'événement de classe i	Absence d'événement de classe i
Classification positive	Vrai Positif VP(i)	Faux Positif FP(i)
Classification négative	Faux Négatif FN(i)	Vrai Négatif VN(i)

Tableau 2 : matrice de confusion

a. **Taux de classification:**

Il permet d'évaluer la qualité du classifieur par rapport au problème pour lequel il a été conçu grâce à des formes étiquetées par les classes de base de test. Il est calculé par l'équation suivante :

$$Cc = \frac{vp(i) + vn(i)}{vp(i) + vn(i) + fp(i) + fn(i)}$$

Chaque fois la valeur du taux de classification est élevée, la classification est fiable.

b. **Sensibilité:**

Elle représente la probabilité de bonne classification de la classe i, elle est défini par :

$$Se = \frac{vp(i)}{vp(i) + fn(i)}$$

c. **Spécificité:**

C'est une mesure indirecte de la probabilité de fausse alarme égale à 1- Sp(i), elle est donnée par :

$$Sp = \frac{vn(i)}{vn(i) + fp(i)}$$

❖ **Différents classifieurs:**

i. **KNN:**

le KNN (K-nearest Neighbors) s'appelle aussi le Kppv (K-plus proches voisins), c'est l'algorithme le plus simple et facile, utilisé dans l'apprentissage supervisé. Son principe est le suivant:

- Sélectionner le nombre K de voisins;
- Calculer la distance entre le point non classifié et les autres points,
- Prendre les K voisins les plus proches selon la distance calculée,
- Parmi ces K voisins, compter le nombre de points appartenant,
- Attribuer le nouveau point à la catégorie la plus proche parmi ces K voisins,
- Si le taux de classification et le taux d'erreur ne sont pas excellents, varier le nombre de K pour obtenir des meilleures résultats.

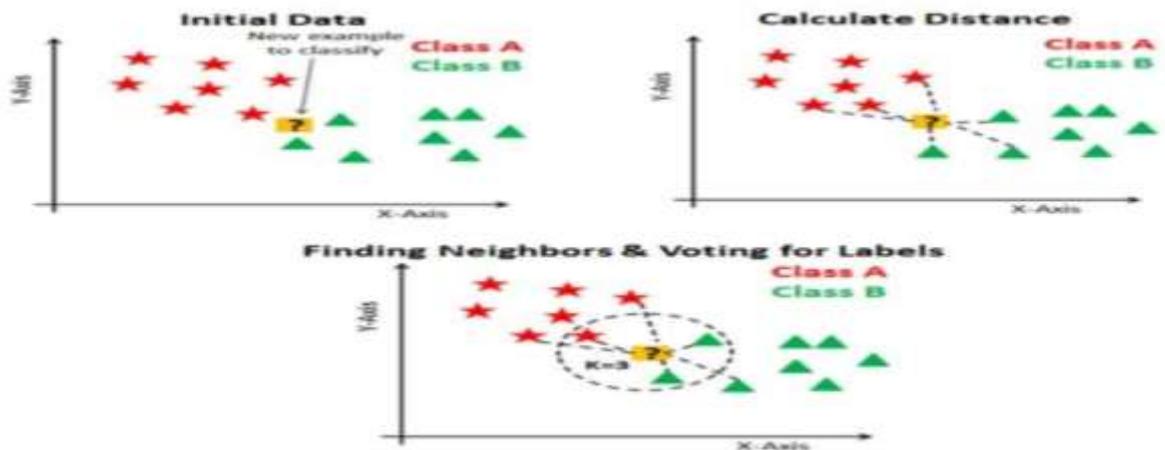


Figure 35 : méthode de KNN

▪ **Avantages :**

- ✓ L'algorithme est simple et facile à mettre en œuvre.
- ✓ Il n'est pas nécessaire de créer un modèle, de régler plusieurs paramètres ou de formuler des hypothèses supplémentaires.
- ✓ L'algorithme est polyvalent. Il peut être utilisé pour la classification ou la régression.

▪ **Inconvénients :**

- ✓ L'algorithme devient beaucoup plus lent à mesure que le nombre d'observation et de variables indépendantes augmente.
- ✓ Étant l'un des algorithmes les plus simples de Machine Learning, il est hautement implémenté pour développer des systèmes basés sur l'apprentissage, intuitifs et intelligents qui pourraient effectuer et prendre de petites décisions tout seuls.

iv. **SVM:**

Le SVM (Support Vector Machines) est la Séparateur de Vaste Marge en français, c'est un algorithme d'apprentissage supervisé repose sur deux notion: la notion de marge maximale et la notion de fonction de noyau. Sont objectif est trouver un séparateur linéaire (hyperplan) qui divise les données en deux classes par une droite, et maximise la distance entre ces classes dans un espace de dimension $N > 1$. Dans le cas où y a plus de deux classes, on a plusieurs hyperplans.

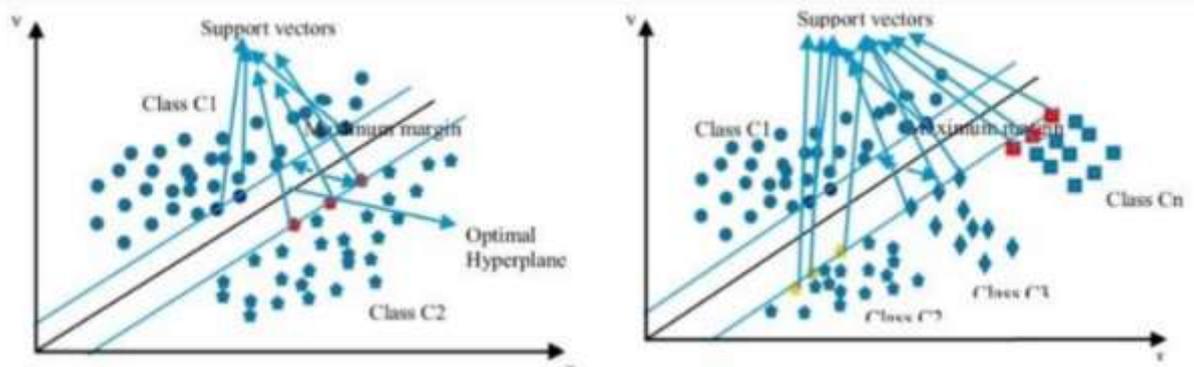


Figure 36 : méthode de SVM

▪ **Avantages:**

- ✓ Haute performance sur les problèmes non linéaires,
- ✓ Non biaisé par les vecteurs aberrants,

- ✓ Non sensible à l'ajustement.
- **Inconvénients:**
- ✓ Pas adapté à grandes bases de données,
- ✓ Ne fonctionne pas très bien lorsque l'ensemble des données a plus de bruit,
- ✓ Plus complexe.

v. RNN:

Le réseau de neurones artificiels (ANN) est un algorithme de l'apprentissage profond (Deep Learning) qui imitent le fonctionnement du cerveau humain. Il est constitué de plusieurs couches de nœud: une couche d'entrée, plusieurs couche cachées et une couche de sortie. Chaque nœud, ou neurone artificiel, se connecte à un autre et possède un poids et un seuil associés. Si la sortie d'un nœud est supérieure à la valeur de seuil spécifiée, ce nœud est activé et envoie des données à la couche suivante du réseau. Sinon, aucune donnée n'est transmise à la couche suivante du réseau.

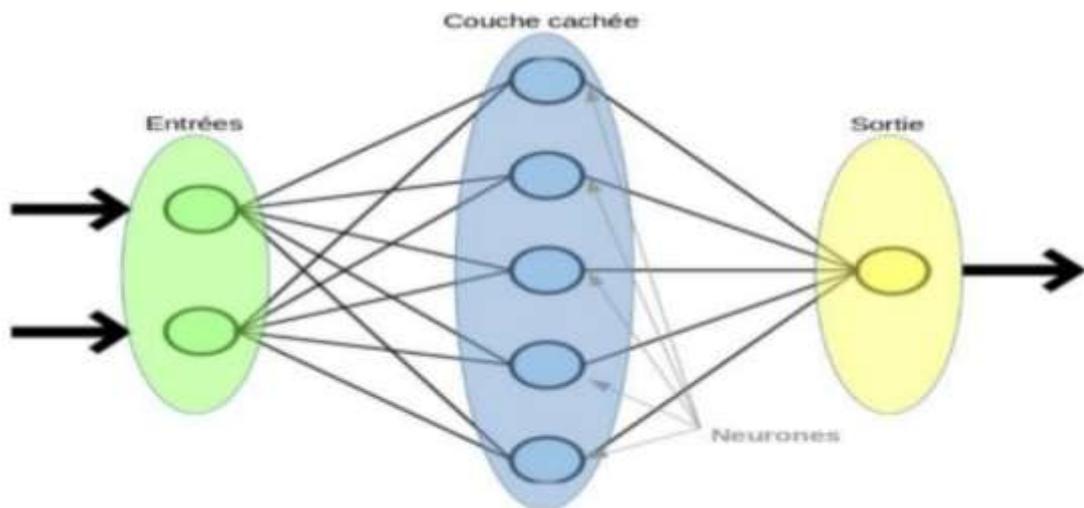


Figure 37 : méthode d'RNN

- **Avantage:**
- Capacité de représenter n'importe quelle fonction, linéaire ou pas, simple ou complexe.
- Faculté d'apprentissage à partir d'exemples représentatifs, par « rétro propagation des Erreurs ».
- Résistance au bruit ou au manque de fiabilité des données.
- Simple à manier, beaucoup moins de travail personnel à fournir que dans l'analyse statistique classique. Aucune compétence en mathématiques, informatique statistique requise.
- Comportement moins mauvais en cas de faible quantité de données.
- **Inconvénients:**
- L'absence de méthode systématique permettant de définir la meilleure topologie du réseau et le nombre de neurones à placer dans la (ou les) couche(s) cachée(s).
- Le choix des valeurs initiales des poids du réseau et le réglage du pas d'apprentissage,
- qui jouent un rôle important dans la vitesse de convergence.
- apprentissage au détriment de la généralisation.
- La connaissance acquise par un réseau de neurone est codée par les valeurs des poids sont inintelligibles pour l'utilisateur.

VII. Partie de réalisation:

❖ Objectif :

L'objectif de ce projet est de proposer un outil qui permet la détection de tumeur du cerveau dans une image cérébrale. Pour cela, nous proposons d'étudier un système de filtrage, segmentation, caractérisation et de classification des images cérébrales.

❖ Matériels et logiciels :

On est utilisé le logiciel MATLAB R2015b, on fait le traitement sur une base de données téléchargées par le site web «Kaggle.com ». Ce base de données est contient de 254 images cérébrales captées par la technique IRM, et divisée en 2 classes:

- La classe « yes »: signifie il y a une lésion, possède 155 images,
- La classe « no »: signifie état sain, possède 98 images.

• Partie 1 : « Filtrage »

On a pris les images IRM qui sont de type niveau de gris de chaque classes, et on les a converti en images binaires. Ensuite, on a appliqué le filtre médian.

• Partie 2 : « Segmentation »

On a choisi la méthode de lignes de partage des eaux pour la segmentation, qui est basée sur la morphologie mathématique (la fonction « imclose » pour la fermeture», puis la fonction « bwareaopen » pour l'ouverture).

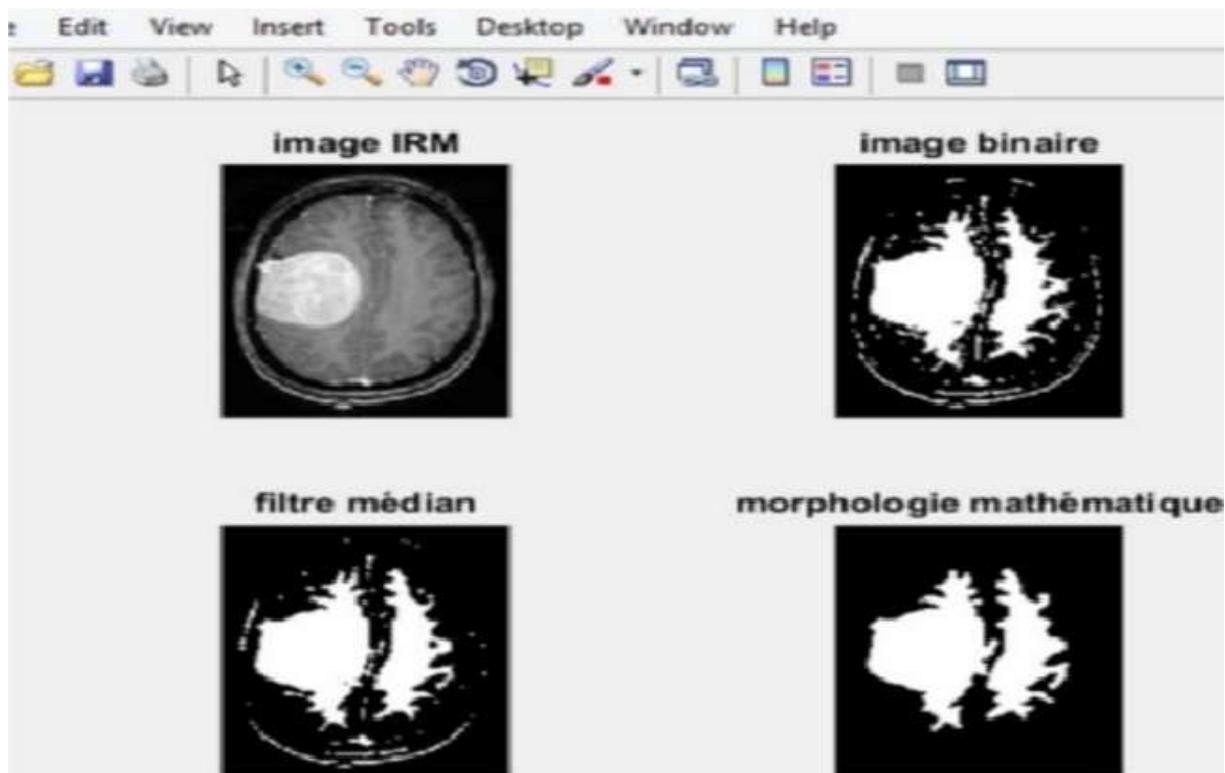


Figure 36 : résultat obtenu

• Partie 3: « transformer en ondelette»

On a implémenté la décomposition en ondelette sur les images en utilisant la commande « dwt2 ». On s'intéressera donc à l'étude des ondelettes discrètes. L'objectif est pour le débruitage d'images.



Figure 37 : résultat obtenu

- **Partie 4: « caractérisation »**

On a calculé les caractéristiques (qui sont déjà été mentionnés dans la théorie) de toutes les images de la classe « yes », et les stockées dans la première base de donnée qui s'appelle « Base masse ». On a calculé aussi le vecteur des classes qui est égale à (0).

On a fait le même avec les images de classe «no», et les stockées dans la deuxième base qui s'appelle « Base non masse » et le vecteur des classes qui est égale à (1).

Caractéristiques	Base masse	Base non masse
Contraste	0.1183	0.2322
Corrélation	0.1266	0.0951
Energie	0.8967	0.9002
Homogénéité	0.9726	0.9720
Moyenne	0.0020	0.0027
Ecart type	0.0597	0.0674
Entropie	2.3332	1.5588
RMS (moyenne quadratique)	0.0598	0.0674
Variance	0.0036	0.0045
Aplatissement	32.9380	70.3314
Asymétrie	2.0350	4.8899
IDM (mouvement et différence inverse)	1.5815	6.5867

Tableau 3 : les caractéristiques de la base masse et non masse

- **partie 5: «apprentissage et classification »**

Ensuite, on a rassemblé la base masse et la base non masse avec leurs vecteurs des classes dans une nouvelle grande base. On mélange cette dernière pour permettre

l'apprentissage de toutes les classes. Puis, on partage notre ensemble de données en deux sous base:

- 2/3 pour la phase d'apprentissage.
- 1/3 pour la phase de test.

Finalement, on a appliqué les 3 modèles (classifieurs): **KNN**, **SVM**, et **RNN**) et on est comparé à partir de ses performances (taux de classification **Tc**, sensibilité **Se**, spécificité **Sp** ...). Le classifieur le plus pertinent pour nos images cérébrales (**RNN**) ce qui va prendre pour la validation sera effectuée sur les images non entraînées.

KNN	Taux de classification (Tc)	Sensibilité (Se)	Spécificité (Sp)
1ère itération	77.9221%	88.4615%	72.5490%
2ème itération	63.6364%	72.7273%	60.0000%
3ème itération	77.9221%	89.2857%	71.4286%
4ème itération	68.8312%	83.8710%	58.6957%
5ème itération	74.0260%	88.8889%	61.2245%
6ème itération	72.7273%	82.7586%	66.6667%
7ème itération	75.3247%	76.6667%	74.4681%
8ème itération	71.4286%	75.8621%	68.7500%
9ème itération	72.7273%	79.4118%	67.4419%
10ème itération	68.8312%	82.1429%	61.2245%
Valeur moyenne	72.7273%	82.7586%	67.4419%

Tableau 4 : performances du modèle KNN

SVM	Taux de classification (TC)	Sensibilité (Se)	Spécificité (Sp)
1ère itération	72.7273%	86.6667%	63.8298%
2ème itération	70.1299%	91.6667%	60.3774%
3ème itération	75.3247%	68.7500%	80.0000%
4ème itération	81.8182%	92.8571%	75.5102%
5ème itération	83.1163%	71.8750%	91.1111%
6ème itération	71.4286%	54.5455%	84.0909%
7ème itération	79.2208%	67.7419%	86.9565%
8ème itération	75.3247%	80.6452%	71.7391%
9ème itération	76.6234%	74.0741%	78.0000%
10ème itération	75.3247%	96.6667%	61.7021%
Valeur moyenne	75.3247%	80.6452%	75.5102%

Tableau 5 : performances du modèle SVM

RNN	Taux de classification (TC)	Sensibilité (Se)	Spécificité (Sp)
1ère itération	83.1169%	71.8750%	91.1111%
2ème itération	68.8312%	80.0000%	63.4615%
3ème itération	70.1299%	75.0000%	66.6667%
4ème itération	71.4286%	75.8621%	68.7500%
5ème itération	68.8312%	70.9677%	67.3913%
6ème itération	68.8312%	83.8710%	58.6957%

7ème itération	68.8312%	82.1429%	61.2245%
8ème itération	72.7273%	80.0000%	68.0851%
9ème itération	72.7273%	86.6667%	63.8298%
10ème itération	72.7273%	72.4138%	72.9167%
Valeur moyenne	71.4286%	80.0000%	67.3913%

Tableau 6 : performances du modèle RNN

Conclusion:

L'objectif de cette étude détaillée est de trouver la méthode la plus adaptée au traitement des images cérébrales. On est intéressé par l'évaluation de chaque algorithme soit de segmentation ou classification et les comparer.

On est commencé par rappeler les différentes modalités d'acquisition des images afin de découvrir comment construire une image cérébrale. Ensuite, nous avons représentés quelques techniques de prétraitement, segmentation et classification de ces images. Finalement, on est cité tous les méthodes qu'on est choisi dans notre travail pratique, ainsi que les résultats obtenus. On est trouvé que le **SVM** est l'algorithme le plus adapté avec nos images cérébrales.

Conclusion générale

J'espère avoir donné un aperçu global et parfait sur les notions de base de détection et classification des images cérébrales, qu'on les considère un système d'aide au diagnostic des lésions cérébrales, parce que comme nous avons vu, l'encéphale humain est un organisme très complexe, il peut exposer des nombreuses pathologies, l'une est différente que l'autre. Le diagnostic précoce des tumeurs cérébrales joue un rôle essentiel dans l'amélioration des options de traitement et augmente le taux de survie du patient.

Tout d'abord, on est fait une présentation bien détaillée sur l'anatomie fonctionnelle du l'encéphale humain et la plupart des pathologies qui pourraient l'infecter. Ensuite, on a expliqué le principe de base des différentes modalités d'acquisition des images du cerveau, on a cité aussi ses facteurs de risque, car certains patients ne s'adaptent pas avec certains types d'appareillage.

La classification manuelle des lésions cérébrales est une tâche difficile et longue, pour cela de nouvelles méthodes automatiques sont inventées pour l'analyse et l'interprétation des images.

On tente de présenter les étapes qui sont d'après l'acquisition. Le prétraitement et le filtrage La segmentation de l'image isole la région infectieuse du reste de l'image, elle peut augmenter la probabilité de survie à une tumeur cérébrale. Les images ont été prétraitées en les recadrant et en les redimensionnent à une largeur et une hauteur fixes.

Vient ensuite l'étape d'extraction des caractéristiques, qui est l'étape la plus importante dans le traitement d'images, où l'on a calculé 13 Caractères. Ce sont les caractères les plus connus et les plus utilisés pour décrire les objets d'image (le tumeur) et en extraire des informations pertinentes.

Enfin, dans la phase de classification, nous avons appliqué les 3 algorithmes (KNN, SVM et RNN).

Nous arrivons maintenant à l'étape de réalisation, où nous sommes arrivés à deux bases de données, l'une contenant des images de cerveaux sains et l'autre contenant des images de cerveaux malades. Ces images sont en niveau de gris, nous les avons convertis en type binaire, puis nous avons appliqué le filtre médian. On a choisi la méthode de ligne de partage des eaux pour la segmentation, qui est basée sur la morphologie mathématique. Puis, on a calculé les 13 Caractères qui ont déjà été mentionnés.

Les modèles de classification sont entraînés et testés sur des images filtrées et segmentées et pour la validation sera effectuée sur les images cérébrales non entraînés.

D'après les résultats obtenus, on déduit que l'algorithme de **SVM** est le classifieur le plus pertinent et le plus adapté avec nos images cérébrales, ce qui va donc l'accéder au médecin pour l'utilise sur les nouveaux patients.

Références

- [1] <https://fr.wikipedia.org>.
- [2] Canadian Cancer Society/ Anatomie et physiologie du système nerveux. janvier2020.
- [3] <https://www.passeportsante.net/fr/parties-corps>.
- [4] Moelle épinière, par Kenneth Maiese, MD, Rutgers University, mars 2021.
- [5] la cyphose – Actualités – Sante-dz.
- [6] Neuroanatomie, Dr. Brahim Mohammed, Pédopsychiatre: Fès Beni-Mellal, chaîne YouTube.
- [7] Article de Nazih Mohamed Zakari Kouidrat – My Stidia.
- [8] Les substances Grises et Blanches Superprof, par Joy, 30 mars 2022.
- [9] PasseportSanté/ Parties du corps/ Moelle épinière, 12/05/2022.
- [10] Organisation du système nerveux/ didaquest.org.
- [11] Anatomie du cerveau, Pr.A.Benguerrah, Laboratoire Anatomie Chirurgicale Alger.
- [12] Résumé G.Chakib 2017-2018- My Stidia.
- [13] <http://campus.neurochirurgie.fr/spip.php?article162>. Consulter le : 25/03/2020.
- [14] ‘Cervelet: rôle, anatomie et troubles associés’ par Anne-Sophie Glover-Bondeau, le 08/03/2022.
- [15] ‘cervelet diagramme de Larsell’- CHUPS Jussieu/ Sorbonne université.
- [16] cervelet introduction – site de l’association GENS.
- [17] ‘Le Cervelet Anatomie morphologique et fonctionnelle’, par Dr. R.Seizeur, MUC-PH Anatomie Neurochirurgie Brest, 20 septembre 2013.
- [18] Anatomie_humaine.com , Pr Gérard Outrequin, Dr Bernard Boutillier.
- [19] Dr Kheroua Gaouar Maître assistante SERVICE D’ANATOMIE ANNEE UNIVERSITAIRE 2019 – 2020.
- [20] « Wallerian degeneration of the inferior cerebellar peduncle depicted by diffusion weighted imaging », Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, vol. 74, no 7, 2003, p. 977-978.
- [21] Résumé Bouzouaoui Serine.
- [22] <http://www.vetopsy.fr/anatomie/systemenerveux/encephale/tronc-cerebral>
- [23] DataScientest.com .
- <http://ltu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1426243>
- Parallel Deep CNN Structure for Glioma Detection and Classification via Brain MRI Images. In: IEEE-ICM 2019 CAIRO-EGYPT: The 31st International Conference on Microelectronics (2019).
- [24] Intelligence artificielle, par Céline DELUZARCHZ, le 7 février 2021.