

M/004.467

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université de 8 Mai 1945 – Guelma –
Faculté des Mathématiques, d'Informatique et des Sciences de la matière
Département d'Informatique



Mémoire de Fin d'études Master
Filière : Informatique
Option : Informatique Académique

13/855

Thème :

**Systeme expert d'aide au diagnostic des maladies
neurophysiologiques**

Encadré Par :
FERKOUS Chokri

Présenté par :
SERFANI Sara
ZITOUNI Hiba



Remerciement



Nous tenons à remercier en premier lieu le dieu puissant qui nous a donné vie et santé pour le parachèvement de ce modeste travail.

Nous remercions après de tous cœur notre encadreur Mr Ferhous Chokri pour ses soutiens, ses sympathies, ses encouragements, la confiance qu'ils nous témoignée en acceptant de diriger ce travail et pour avoir mis à notre disposition ses conseils pour une meilleure maitrise du sujet.

Nous remercions le docteur Abdelhalim Ben Ahmed pour ses explications, ses sympathies, nous avoir aider à récolte les données nécessaires pour notre travail.

Nous remercions nos familles qui nous ont toujours donné la possibilité de faire ce que nous voulions durant nos études et qui ont toujours cru en nous.

En fin, nous remercions tous ceux qui ont contribué à ce travail par leurs remarques, leurs suggestions et leurs soutiens.

ZITOUNI HIBA

SERFANI SARA



Dédicace



Je dédie ce modeste travail de mes années d'étude :

A mon exemple supérieur dans ma vie mon cher père qui m'a toujours servi de modèle et baux principes pour une vie idéale par sa patience, ses conseils, sa compréhension et pour leur soutien sans faille tout au de mes années d'étude.

A ma très chère mère qui assuré un soutien inconditionnel par ses encouragement sur tous les plans, sa patience, sa disponibilité, ses conseil, sa compréhension, leur affection et leur grand amour aussi.

A ma sœur et tous mes frères que j'aime beaucoup et qui n'ont jamais cessé de renouveler la confiance qu'ils ont en moi: Bouchra, Omar, Akram.

A mes oncles, mes tantes, mes cousins, mes cousines et surtout Souad, Noura Meriem, Nassima, Lobna, Hasna, Lilia, Houda, Youssra, Rania, Safwa.

A mon binôme très spécial Hiba.

A mes amis : Mouna, Aicha, Meriem, Soumia, Hayet, Leyla, Nibras, Souad, Hanan, Nessma, Hanen, Hadjer, Souhayla, Hadjer, Cherif, Abdessalam, Ishaq.

Et à toute la promotion 2013.

Serfani Sara

Dédicace



Je dédie ce modeste travail de mes années d'étude :

A mon exemple supérieur dans ma vie mon cher père qui m'a toujours servi de modèle et baux principes pour une vie idéale par sa patience, ses conseils, sa compréhension et pour leur soutien sans faille tout au de mes années d'étude.

A ma très chère mère qui assuré un soutien inconditionnel par ses encouragement sur tous les plans, sa patience, sa disponibilité, ses conseil, sa compréhension, leur affection et leur grand amour aussi.

A tous mes frères que j'aime beaucoup et qui n'ont jamais cessé de renouveler la confiance qu'ils ont en moi: Halim et sa femme, Djamel et sa femme, Yamin, Saïd, Hassen.

A mes chers nièces : Djihene, Ayoub, Ouassim, Ouadie, Younes.

A mon cher marier Salah.

A mes oncles, mes tantes, mes cousins, mes cousines et surtout Mira, Zineb, Djazira, Amina.

A mon binôme très spécial Sara.

A mes amis : Soussou, Imen, Mouna, Basma, Hayet, Leyla, Nibras, Souad, Hanan, Nessma, Hanen, Meriem, Aicha, Soumia, Hadjer, Souhayla, Soumia, abdessalam, Ishaq, abdelaziz.

Et à toute la promotion 2013.

Zitouni Hiba



Résumé



Résumé

L'objectif de ce projet de fin d'étude est de concevoir et implémenter un système expert d'aide au diagnostic des maladies neurophysiologiques. Ce système comme tous les systèmes experts est composé en deux éléments : Base de connaissance (base des faits et base des règles) et un moteur d'inférence.

A travers ce système, le médecin dispose de toutes les informations sur les patients et remplit toutes les valeurs de la conduction motrice et sensitive des nerfs stimulés, donner les différents types de signaux des muscles piqués par aiguille. Selon ces valeurs et signaux le système donne des comptes rendu et propose des traitements qui peuvent être des traitements finals ou bien adaptés par le médecin.

Mots clés : L'intelligence artificielle (IA), système expert (SE), système à base de cas (SBC), neurophysiologie (EMG, ENG).





Sommaire



Sommaire

Résumé

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des acronymes

Introduction générale	1
Chapitre I : les systèmes intelligents	
I.1. Introduction	3
I.2. L'intelligence artificielle	3
I.3. Historique de l'IA	3
I.4. Disciplines & branches de l'IA	5
I.5. Les techniques de l'IA	6
I.5.1. Les systèmes de neurones	6
a. Principe du neurone artificiel	7
b. Types d'architecture de réseaux de neurones	8
I.5.2. Les Systèmes Multi-Agents (SMA)	9
a. Les Agents	9
b. Principe des SMA	10
I.5.3. Algorithmes génétiques	11
I.5.4. Le Raisonnement à partir de cas (CBR)	12
I.6. Les composantes d'un CBR	13
I.6.1. Le processus	13
I.6.1.1. La recherche	13
<i>a.</i> L'approche des plus proches voisins	13
<i>b.</i> L'approche par induction	14
I.6.1.2. L'adaptation	15
I.6.1.3. Maintenance	15
I.6.1.4. Construction	16
I.6.2. Connaissances	16
I.6.3. Modèles CBR	17
I.6.4. Les avantages et les inconvénients de CBR	18

a. Les avantages	18
b. Les inconvénients	18
I.7. Conclusion	18

Chapitre II : les systèmes experts

II.1. Introduction	19
II.2. Système expert	19
II.3. Les classes des systèmes experts	20
II.4. Composants de base d'un système expert	21
II.4.1. La base de connaissances	21
a. La base de faits	21
b. La base des règles	22
II.4.2. Le moteur d'inférence	22
II.4.2.1. Principe de fonctionnement des moteurs d'inférences	22
a. Phase d'évaluation	22
b. Régime irrévocable et retour en arrière	23
c. Phase d'exécution	23
II.5. Participants au développement d'un SE	25
II.6. Domaines d'application	26
II.7. Le choix d'un système expert	28
II.8. Conclusion	29

Chapitre III : la neurophysiologie

III.1. Introduction	30
III.2. Neurophysiologique	30
III.3. Les nerfs	30
III.3.1. Le médian	31
III.3.2. Le cubital (ulnaire)	31
III.3.3. Le nerf radial	32
III.3.4. Le nerf facial	32
III.3.5. Le nerf sciatique	32
III.4. Les muscles	33
III.5. Electroneurographie	34
III.5.1. Conduction motrice	34

III.5.1. Conduction motrice	35
III.6. L'électromyographie (EMG)	35
III.6.1. Objectif d'EMG	36
III.6.2. Matériel nécessaire	37
III.7. Les maladies neurophysiologiques	40
III.7.1. La paralysie faciale	40
III.7.2. Syndrome du canal carpien	41
III.7.3. Compression du nerf radial au niveau du bras	42
III.7.4. Compression du nerf sciatique poplité externe	42
III.8. Conclusion	43
Chapitre IV : conception du système	
IV.1. Introduction	44
IV.2. L'objectif de notre travail	44
IV.3. Structure de la base de données	44
IV.3.1. Modèle conceptuel de données (MCD)	45
IV.3.2. Tableau des entités	46
IV.4. La collecte de données	48
IV.5. Architecture du système	49
IV.5.1. Système expert	50
IV.5.1.1. La représentation des connaissances	51
IV.5.1.2. Codification des connaissances	52
a. Codification des faits	52
b. codification des règles	52
IV.5.1.3. Moteur d'inférence	54
IV.5.2. Système à base de cas	54
IV.5. Conclusion	57
Chapitre V : implémentation du système	
V.1. Introduction	58
V.2. Les Plates formes	58
V.2.1. Java	58
V.2.2. Eclipse	58
V.2.3. Langage prolog pour JAVA	59

V.2.4. Définition officielle de MySQL	59
V.3. Implémentation de système	60
V.3.1. les informations personnelles des patients	61
V.3.1.1. Recherche du patient	61
V.3.1.2. L'ajout d'un patient	61
V.3.1.3. La modification ou suppression d'un patient	62
V.3.2. Test neurophysiologique	63
V.3.2.1. Nouveau Test	63
V.3.2.1.1. Test Neurographique	64
V.3.2.1.2. Test électromyographique	66
V.3.2.1.3 L'affichage des maladies	67
V.3.2.2. Modifier le dernier test	70
V.3.3. Partie de Consultation	70
V.4. Conclusion	73
Conclusion générale	74
Bibliographie	
Annexe A	
Annexe B	



La Liste des figures



Liste des figures

Figure	Titre de figure	Page
Figure 1.1:	Disciplines et branches de l'IA	5
Figure 1.2 :	Neurone artificiel	7
Figure 1.3 :	Un réseau de neurones à n entrées, une couche de N_c neurones cachés et N_o neurones de sortie	8
Figure 1.4 :	Un réseau de neurones bouclé à deux entrées	8
Figure 1.5 :	Représentation d'un agent en interaction avec son environnement et les autres agents	11
Figure 1.6 :	Étapes d'un algorithme génétique	12
Figure 1.7 :	Cycle de vie d'un système à base de cas	17
Figure 1.8 :	Modèles de CBR	17
Figure 2.1 :	Pôles principaux de système expert	20
Figure 2.2 :	Schéma de base d'un système expert	21
Figure 2.3 :	Schéma de principe de fonctionnement des moteurs d'inférence	25
Figure 2.4 :	Schéma d'architecture d'un système expert	26
Figure 3.1 :	Nerf médian	31
Figure 3.2 :	Nerf cubital	32
Figure 3.3 :	Nerf radial	32
Figure 3.4 :	Electrocurographic	34
Figure 3.5 :	Appareil d'électromyographie portatif et électrodes de surface collées sur la peau	36
Figure 3.6 :	La machine EMG	38
Figure 3.7 :	La représentation des signaux sur l'écran d'EMG	39
Figure 3.8 :	EMG à aiguille	39
Figure 3.9 :	EMG de surface	40
Figure 4.1 :	Modèle conceptuel de données (MCD)	45
Figure 4.2 :	Architecture générale du système	50
Figure 4.3 :	Le déroulement du système expert	51
Figure 4.4 :	Développement d'un système expert	52
Figure 4.5 :	Fonctionnement de moteur d'inférence	56
Figure 4.6 :	Le déroulement du système à base de cas	57

Figure 5.1 :	Création des interfaces graphiques avec éclipse	59
Figure5.2:	MySQL	60
Figure 5.3 :	Fenêtre d'accueil du système	60
Figure 5.4 :	Recherche d'un patient	61
Figure 5.5 :	Ajout d'un nouveau patient	62
Figure 5.6 :	Modification d'un patient	62
Figure 5.7 :	Fenêtre principale de nouveau test	63
Figure 5.8 :	Fenêtre principale du test de neurographie	64
Figure 5.9 :	Fenêtre des nerfs de la main droite	65
Figure 5.10 :	Fenêtre du nerf médian droit	65
Figure 5.11 :	Fenêtre principale du test d'électromyographie	66
Figure 5.12 :	Fenêtre des muscles de la main droite	66
Figure 5.13 :	Fenêtre du muscle court abducteur du pouce droit	67
Figure 5.14 :	Fenêtre d'affichage des maladies du patient	68
Figure 5.15 :	Fenêtre du traitement des maladies du patient	68
Figure 5.16 :	Le compte rendu du patient	69
Figure 5.17 :	Le traitement donné au patient	69
Figure 5.18 :	Fenêtre principale de modification du dernier test	70
Figure 5.19 :	Consultation des tests du patient	71
Figure 5.20 :	Consultation des tests des patients supprimés	71
Figure 5.21 :	Le compte rendu d'un patient supprimé	72
Figure 5.22 :	Le traitement donné au patient supprimé	72



La liste des tableaux



Liste des tableaux

Tableau	Titre de tableau	Page
Tableau 2.1 :	Les classes des systèmes experts	20
Tableau 3.1 :	Liste des nerfs	30
Tableau 3.2 :	Liste des muscles	33
Tableau 4.1 :	Liste des entités	48
Tableau 4.2 :	Représentation de la conduction motrice	51
Tableau 4.3 :	Représentation de la conduction sensitive	51
Tableau 4.4 :	Représentation de toutes les valeurs possibles d'EMG	52
Tableau 4.5 :	Représentation de pourcentage proposé de chaque attribut	56
Tableau 4.6 :	Exemple 1 de calcul de fonction de similarité dimensionnelle	56
Tableau 4.7:	Exemple 2 de calcul de fonction de similarité dimensionnelle	57



Liste des acronymes



Liste des acronymes

Acronyme	Signification
AM	Amplitude motrice
AS	Amplitude sensitive
CBR	Système de raisonnements à partie de cas
DI	Doigt un (Le pouce)
DII	Doigt deux (L'index)
DIII	Doigt trois (Le majeur)
DIV	Doigt quatre (L'annulaire)
DV	Doigt cinq (L'auriculaire)
EMG	Electromyographie
ENG	Electroneurographie
F	Latence de l'onde F
IA	Intelligence artificielle
Kppv	K-plus proches voisins
LDM	Latence distale motrice
LDS	Latence distale sensibles
MCD	Modèle conceptuel de données
SBC	Système à base de cas
SE	Système expert
SMA	Les systèmes multi-agents
VCM	Vitesses de conduction nerveuses motrice
VCS	Vitesse de conduction nerveuse sensitive



Introduction générale



Introduction générale

Dans nos jours, personne ne peut vivre loin des nouvelles technologies, de l'informatique et toutes ses applications, nul n'ignore ce que représente l'informatique à l'heure actuelle, elle est devenue un élément indispensable dans notre vie, et cela apparaît clairement avec la diversité et la complexité des domaines qu'a connus l'application des systèmes informatiques, tels que l'aide à la prise de décision, la reconnaissance des formes, le traitement automatique de langage naturel etc., ont montré les limites des solutions algorithmique et les approches utilisées à l'époque.

Ces limites ont poussé les recherches vers la naissance d'une nouvelle discipline : l'intelligence artificielle, qui a pour but de remédier aux insuffisances et enrichir les approches classiques et d'élaborer des systèmes intelligents, c'est-à-dire des systèmes qui possèdent les caractéristiques que nous associons avec l'intelligence dans le comportement humain, comme les systèmes experts et système à base de cas.

La médecine est un domaine si vaste que les informations ne peuvent être enregistrées dans la mémoire humaine avec les nouveaux diagnostics et les nouveaux traitements qui ont besoin d'un suivi délicat alors on a besoin des systèmes pour aider les spécialistes à suivre de façon continue leurs malades, de traiter des maladies en faisant des expériences numériques...

La neurophysiologie permet d'étudier l'organisation et le fonctionnement du système nerveux. L'examen de la neurophysiologie fait appel aux divers moyens de traitement comme les instruments des tests électroneurographie (ENG) et électromyographie (EMG), la première permet de donner les valeurs de la conduction motrice et sensitive des nerfs et la dernière consiste à mesurer l'activité électrique des muscles. Mais ces appareils ne donnent que des valeurs et des signaux et ne permettent pas de prendre une décision et poser des diagnostics et des traitements au patient donc ce sont des instruments limités.

Pour cela, l'utilisation des techniques et des méthodes issues de l'intelligence artificielle (IA), comme par exemple les systèmes experts (SE) et les systèmes à base de cas (SBC), est considérée comme une solution performante pour le développement des systèmes de diagnostic fiables.

Pour cet objectif nous essayons de développer un système d'aide au diagnostic des maladies neurophysiologiques pour aider les spécialistes de domaines à la prise de décision et donner des diagnostics et compte rendu au patient qui fait le test.

Ce mémoire est consacré pour cette fin, il est structuré en cinq chapitres :

Le **premier chapitre** est consacré à présenter un aperçu sur l'intelligence artificielle et quelques systèmes intelligents comme les réseaux de neurones, les systèmes de raisonnement à partir de cas (CBR), etc.

Dans le **deuxième chapitre**, on s'intéresse à présenter les systèmes experts : Les grandes lignes historiques, leurs différentes classes, son composants de base, et enfin un aperçu rapide sur quelques exemples des systèmes experts.

L'objectif de **troisième chapitre** est présenter notre domaine d'étude qu'est les maladies neurophysiologiques on va donner quelques définitions sur les nerfs, muscles, techniques (électromyographie, électroneurographie) utiliser dans la neurophysiologie et quelques maladies et leurs traitements.

Dans le **quatrième chapitre**, nous présentons la conception de notre système, nous décrivons ces objectifs ainsi que son architecture générale et son fonctionnement.

Dans le **dernier chapitre**, nous allons voir l'implémentation de notre système où nous présentons quelques interfaces du système réalisé et nous clôturons ce mémoire par une conclusion générale.



chapitre I

Les systèmes intelligents



I.1. Introduction :

Ces dernières décennies nous assistons de plus en plus à l'emploi de l'expression des systèmes Intelligents dans les branches qui s'appuient sur la technologie informatique. Elle devient usuelle au fur et à mesure que les techniques informatiques s'intéressent aux activités humaines. Les systèmes intelligents font maintenant partis de notre quotidien comme en témoigne l'existence de nombreuses applications qui s'appuient sur les paradigmes de l'intelligence artificielle.

Dans ce chapitre nous allons présenter quelques systèmes intelligents comme les réseaux de neurones, les algorithmes génétiques, les systèmes multi-agents (SMA) et les systèmes de raisonnement à partir de cas (CBR).

I.2. L'intelligence artificielle :

L'intelligence artificielle est un ensemble de méthodes, outils, et systèmes définis pour résoudre des problèmes dont leur solution nécessite de l'intelligence humaine. Le terme intelligence est défini toujours comme la capacité d'apprendre effectivement, de réagir efficacement, d'établir une bonne décision, de communiquer en langage ou bien en images d'une manière sophistiquée, et de comprendre. Alors l'IA s'intéresse à simuler l'être humain et en particulier le cerveau ainsi que sa manière de raisonnement [Kas98].

I.3. Historique de l'IA:

Au début des années 50, Herbert Simon, Allen Newell et Cliff Shaw ont essayé de simuler la pensée des êtres humains par plusieurs programmes. Cette expérience a facilité le lancement du premier programme de démonstration des théorèmes appelé "Logic Theorist". Dans la même période, Shannon et Paper ont proposé des stratégies plus robustes permettant aux ordinateurs de simuler une partie de jeu d'échecs.

Bien que ces travaux aient montré le concept des programmes intelligents, l'année 1956 est considérée comme l'année de départ de la notion de l'IA. Cette apparition du terme est concrétisée pour la première fois dans la conférence de l'IA organisée par John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, et Claude Shannon à l'université de Dartmouth de New Hampshire, où John McCarthy le développeur du langage de programmation LISP, a proposé le terme Intelligence artificielle [KR96].

Le professeur Peter Jackson de l'université d'Edinburgh classe l'historique de l'intelligence artificielle en trois périodes [Kon00] :

Période classique : Débutée en 1950, elle s'intéresse particulièrement à la démonstration des théorèmes et manipulation des jeux. Cette période est limitée par deux événements majeurs: en commençant par la publication de Shannon sur le jeu d'échec et en terminant par celle de Feigenbaum et Feldman. Le test de Turing est considéré comme un outil important pour vérifier l'intelligence de la machine développée dans cette période.

Période romantique : Allant du milieu des années 60 jusqu'au milieu des années 70.

La plupart des chercheurs de cette période sont intéressés par l'apprentissage automatique du langage naturel. Parmi les prototypes développés dans cette période, on trouve le système SHRDLU, qui peut comprendre quelques mots de l'anglais appartenant à un domaine bien spécifique.

Période moderne : C'est la période dans laquelle la totalité des inventions informatiques de nos jours ont vu la lumière. La plupart des applications de cette période s'intéressent à la résolution des problèmes complexes, où les systèmes experts sont des candidats potentiels dans ces applications.

La commercialisation des systèmes experts est le fruit des travaux de développement et de recherche relative au cadre d'intelligence artificielle, dans ce genre d'applications l'idée d'une modélisation globale de l'ensemble de l'intelligence humaine est abandonnée et les approches de la résolution de problèmes très spécifiques sont considérées. Le premier système expert DENDRAL en analyse spectrographique est développé par Feigenbaum à la fin des années 60, ce programme est mis au point pour simuler le travail d'un chimiste qui reconstitue la formule développée d'un composant organique à partir de sa formule brute et les résultats de sa spectrographie de masse. Ensuite le langage PROLOG de l'université d'Aix Marseille est apparu en 1975, dont la logique de premier ordre marque son départ. Ce langage est adopté comme langage de base par le projet japonais des ordinateurs de la 5^{ème} génération [Kum09].

Il existe plusieurs systèmes experts de différents domaines. Dans le domaine du diagnostic médical, le système MYCIN en 1976 pour diagnostiquer certaines maladies infectieuses, et en prospection géologique, le programme PROSPECTOR etc., sont développés en basant sur les concepts définis par Feigenbaum dans DENDRAL [KR96].

L'utilisation des systèmes experts a connu un essor accéléré à partir des années 80, ce qui est traduit par l'augmentation du nombre des conférences sur le sujet, ainsi que le développement des langages de programmation et outils de réalisation des systèmes experts, et en plus les techniques sont devenues de plus en plus maîtrisées.

I.4. Disciplines & branches de l'IA :

Le sujet de l'IA couvre plusieurs domaines, il s'intéresse aux différents types de représentation des connaissances, différentes techniques d'intelligence, méthodes de résolution des problèmes avec des données ou connaissances incertaines, techniques d'automatisations pour l'apprentissage des machines...etc.

Parmi les domaines d'application de l'IA, nous citons les systèmes experts, les systèmes à base de cas, la manipulation des jeux, la démonstration des théorèmes, le traitement de langage naturel et la reconnaissance des formes, ... etc.

L'IA est en interaction avec plusieurs sciences, la philosophie, la psychologie, les sciences cognitives, l'informatique, la mathématique. La figure 1.1 représente les différents domaines d'applications de l'IA ainsi les disciplines associe, où les SE dominent la majorité des applications, ainsi que les sciences correspondantes [Kon00].

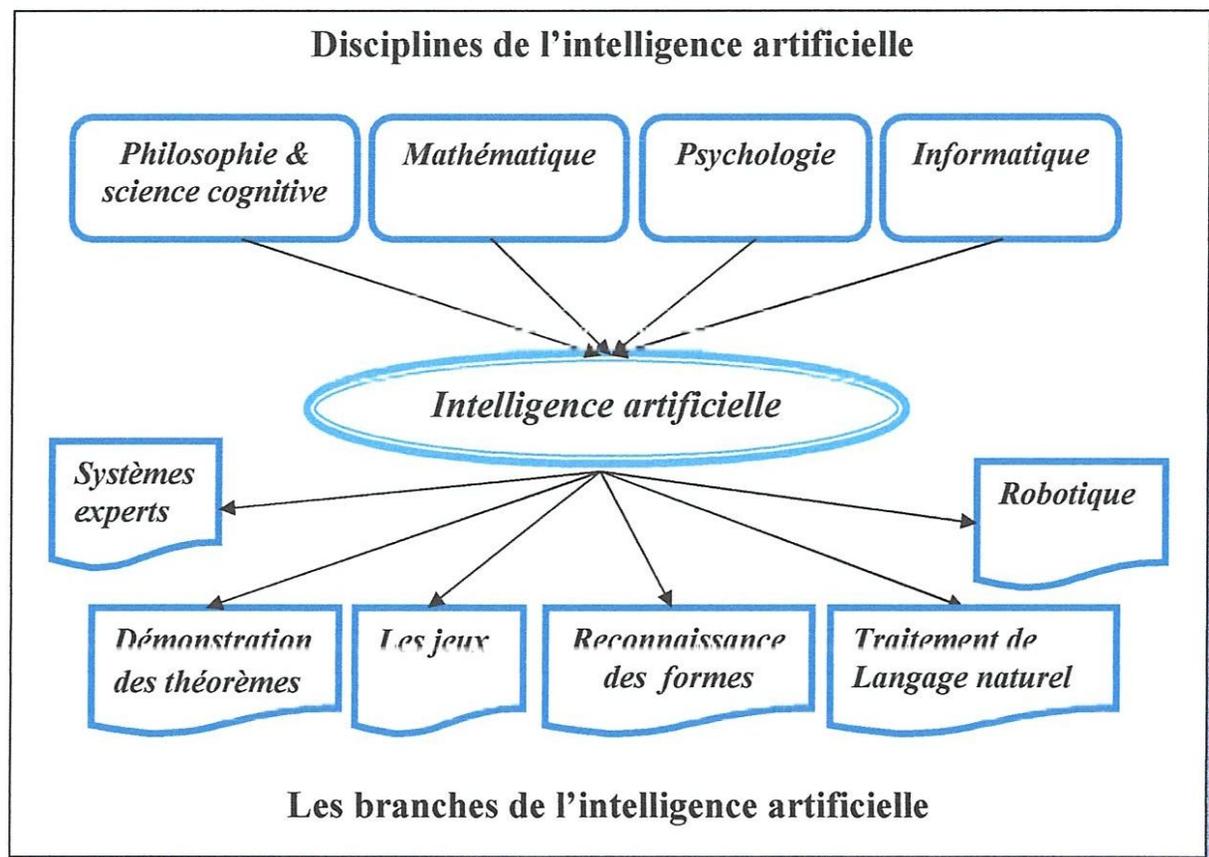


Figure 1.1: Disciplines et branches de l'IA.

I.5. Les techniques de l'IA :

Les techniques de l'intelligence artificielle sont des systèmes qui incluent des processus, s'appuyant sur plusieurs théories pour reproduire quelques comportements humains, afin de réaliser une ou un ensemble de tâches. Ces techniques abordent un ensemble de théories et applications dans plusieurs domaines comme :

- Gestion de la connaissance
- Raisonnement et Gestion des imprécisions et des incertitudes
- Programmation Logique et par contraintes
- Apprentissage, Fouille et Extraction
- Classification et Prise de décision
- Web Sémantique et Fouille de Textes
- E-Learning Intelligent
- Traitement de la Langue Naturelle , de la parole, d'images et du Signal
- Architecture des Systèmes d'IA et Interface Intelligente
- Identification et analyse des systèmes...
- Systèmes Multi-Agents

Parmi les techniques de l'IA les plus utilisés nous citons :

I.5.1. Les systèmes de neurones :

Après la notion initiale de neurone formel de McCulloch et Pitts en 1949, les réseaux de neurones sont apparus en 1958 avec le perceptron de Rosenblatt, ont connu un grand essor dans les années 1980 et une utilisation industrielle depuis les années 1990 [Tuf05].

Un réseau de neurones peut être considéré comme un modèle mathématique de traitement réparti, composé de plusieurs éléments de calcul non linéaire (neurones), opérant en parallèle et connectés entre eux par des poids.

Les réseaux de neurones artificiels sont des réseaux fortement connectés de processeurs élémentaires fonctionnant en parallèle. Chaque processeur élémentaire calcule une sortie unique sur la base des informations qu'il reçoit [Amm07].

Aujourd'hui, les réseaux de neurones ont de nombreuses applications dans des secteurs très variés [BBH07] :

❖ Traitement d'images : reconnaissance de caractères et de signatures, compression d'images, reconnaissance de formes, cryptage, classification, ...

❖ Traitement de signal : filtrage, classification, identification de sources, traitement de la parole,...

- ❖ Contrôle : commande de processus, diagnostic de pannes, contrôle qualité, robotique, ...
- ❖ Optimisation : planification, allocation de ressources, tournées de véhicules, régulation de trafic, gestion, finance, ...
- ❖ Simulation : simulation boîte noire, prévision météorologique, recopie de modèles,...

a. Principe du neurone artificiel :

Chaque neurone artificiel est un processeur élémentaire. Il reçoit un nombre variable d'entrées en provenance de neurones en amont ou des capteurs composant la machine dont il fait partie. A chacune de ses entrées est associé un poids représentatif de la force de la connexion. Chaque processeur élémentaire est doté d'une sortie unique, qui se ramifie ensuite pour alimenter un nombre variable de neurones en aval. A chaque connexion est associé un poids.

Il est commode de représenter graphiquement un neurone comme indiqué sur la figure 1.2. Cette représentation est à l'origine de la première vague d'intérêt pour les neurones formels, dans les années 1940 à 1970.

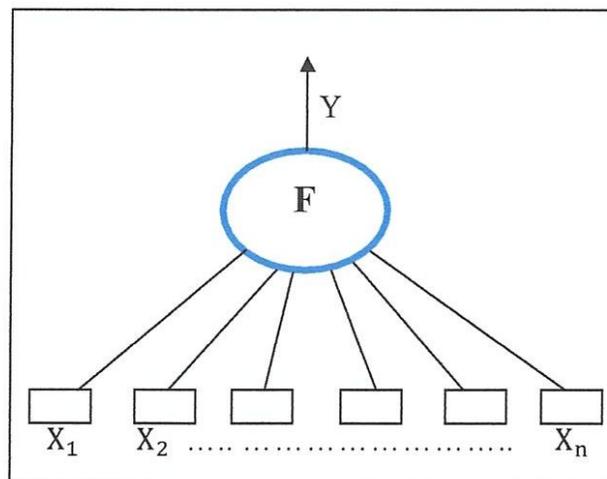


Figure1.2 : Neurone artificiel.

Le neurone réalise alors trois opérations sur ses entrées :

- ✓ Pondération : multiplication de chaque entrée par un paramètre appelé poids de connexion,
- ✓ Sommation : une sommation des entrées pondérées est effectuée
- ✓ Activation : passage de cette somme dans une fonction, appelée fonction d'activation

La valeur calculée est la sortie du neurone qui est transmise aux neurones suivants [Amm07].

b. Types d'architecture de réseaux de neurones :

On distingue deux types de réseaux de neurones : les réseaux non bouclés (statiques ou acycliques et les réseaux bouclés (dynamiques ou récurrents).

✚ Un réseau de neurones non bouclé réalise une (ou plusieurs) fonctions algébriques de ses entrées, par composition des fonctions réalisées par chacun des neurones.

Un réseau de neurones non bouclé à n entrées, N_c neurones cachés et N_o neurones de sortie réalise N_o fonctions non linéaires de ses n variables d'entrée par composition des N_c fonctions algébriques réalisées par ses neurones cachés.

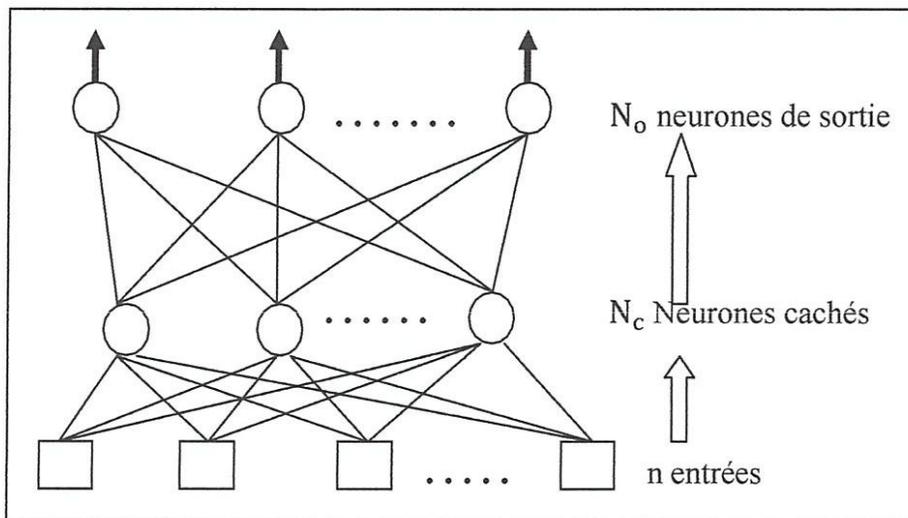


Figure 1.3 : Un réseau de neurones à n entrées, une couche de N_c neurones cachés et N_o neurones de sortie.

✚ Un réseau de neurones bouclé à temps discret réalise une (ou plusieurs) équations aux différences non linéaires, par composition des fonctions réalisées par chacun des neurones et des retards associés à chacune des connexions [DSMGBTH02].

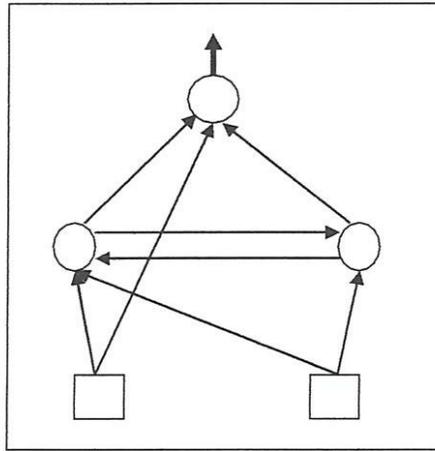


Figure 1.4 : Un réseau de neurones bouclé à deux entrées.

I.5.2. Les Systèmes Multi-Agents (SMA) :

Les Systèmes Multi-Agents (SMA) sont à conjonction de plusieurs disciplines de recherches : L'intelligence artificielle pour l'aspect prise de décision de l'agent, Les systèmes distribués et l'intelligence artificielle distribuée pour les interactions et la distribution de l'exécution, Le génie logiciel pour l'évolution vers des composants logiciels de plus en plus autonomes et proactifs.

L'une des grandes sources d'inspiration pour les systèmes multi-agents est le comportement des sociétés animales et de certaines familles d'insectes telles que les abeilles, les fourmis et les termites. L'inspiration est également issue d'autres disciplines connexes notamment la sociologie, la psychologie sociale, les sciences cognitives et bien d'autres [Fer95].

a. Les Agents :

Qu'est-ce qu'un agent ? C'est, sans surprise, une question sur laquelle se sont penchés beaucoup de chercheurs. Ainsi, le terme agent est « pluri-défini » puisqu'on trouve dans la littérature une multitude de définitions. Parmi les définitions existantes, certaines semblent, aujourd'hui, faire l'objet d'un consensus au sein de la communauté multi-agents. Respectivement, les définitions de [Fer95] sont généralement utilisées.

Un agent est une entité autonome, réelle ou abstraite, qui est capable d'agir sur elle-même et sur son environnement, qui dans un univers multi-agents, peut communiquer avec d'autres agents, et dont le comportement est la conséquence de ses observations, de ses connaissances et des interactions avec les autres agents.

Une autre définition d'un agent est proposée par Jennings, Sycara et Wooldridge Un agent est un système informatique, situé dans un environnement, et qui agit d'une façon autonome et flexible pour atteindre les objectifs pour lesquels il a été conçu [JSW98].

Il ressort de ces deux définitions des propriétés clés comme l'autonomie, l'action, la communication ou encore les notions de flexibilité et de situation dans un environnement. Ces notions sont succinctement définies ci-dessous :

– Un agent situé : l'agent est par définition « incorporé » dans l'environnement. IL est capable d'agir sur son environnement à partir des entrées sensorielles qu'il reçoit de ce même environnement.

– Autonomie : l'agent est capable d'agir sans l'intervention d'un tiers (humain ou agent) et contrôle ses propres actions ainsi que son état interne [JC02].

– L'action : la capacité d'agir n'est pas seulement élucidée par la capacité de raisonner comme dans les systèmes d'IA classiques. En effet, l'action qui est un concept fondamental pour les systèmes multi-agents repose sur le fait que les agents accomplissent des actions qui vont modifier l'environnement des agents et donc leurs prises de décisions futures [Fer95].

– La flexibilité : d'après [JSW98] l'agent est dans ce cas est :

- Capable de répondre à temps : c'est-à-dire capable de percevoir son environnement et d'élaborer une réponse dans les temps requis.

- Proactif : un agent ne fait pas que réagir à son environnement, mais il doit être capable de prendre des initiatives au moment opportun

- Social : dans le sens où il doit être capable d'interagir avec les autres agents quand la situation l'exige afin de réaliser ses tâches.

Bien entendu, en fonction des applications certaines propriétés sont plus importantes que d'autres, il peut même s'avérer que pour certains types d'applications, des propriétés additionnelles soient requises. Il convient, cependant, de souligner que la présence des propriétés citées comme l'autonomie, la flexibilité, la sociabilité, donne naissance au paradigme agent tout en le distinguant des systèmes conventionnels comme les systèmes orientés objets et les systèmes experts [JC02].

b. Principe des SMA :

Un système multi-agents peut d'une manière simpliste être considéré comme un ensemble d'agents partageant un environnement commun. Certes, la notion d'environnement est primordiale dans un système multi-agents mais elle reste, tout de même insuffisante pour qualifier un système multi-agents.

Parmi les différentes définitions des systèmes multi-agents nous retiendrons celle de Ferber [Fer95] qui le définit comme un système composé des éléments suivants :

On appelle système multi-agents (SMA) un système composé des éléments suivants :

- Un environnement E , c'est-à-dire un espace disposant d'une métrique.
- Un ensemble d'objets O , auxquels on peut associer une position dans E à un moment donné. Ces objets sont passifs : les agents peuvent les percevoir, les créer, les détruire et les modifier.
- Un ensemble d'agents A , lesquels représentent les entités actives du système.
- Un ensemble de relations R , qui unissent les objets (et agents) entre eux.
- Un ensemble d'opérateurs Op permettant aux agents de A de percevoir, produire, consommer, transformer et manipuler des objets de O .
- Des opérateurs chargés de représenter l'application de ces opérations et la réaction du monde à cette tentative de modification, que l'on appellera les lois de l'univers.

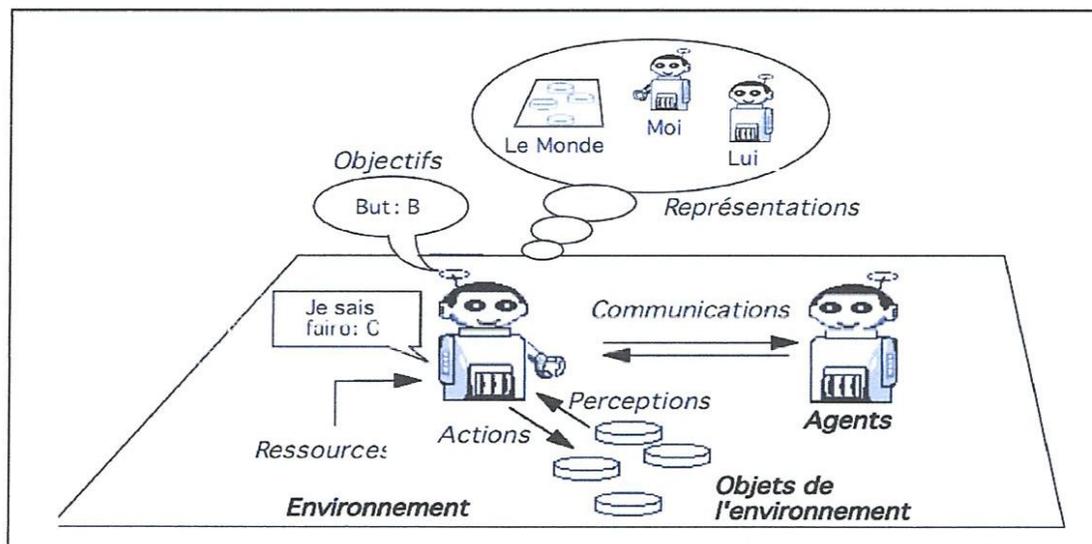


Figure 1.5 : Représentation d'un agent en interaction avec son environnement et les autres agents.

I.5.3. Algorithmes génétiques :

Les algorithmes génétiques sont des algorithmes évolutionnaires qui permettent d'obtenir une solution à des problèmes complexes d'optimisation. John Henry Holland en est l'inventeur dans les années 1960 [Toc12]. Les algorithmes génétiques sont utilisés pour générer des objets devant répondre à des contraintes complexes. Remarquons que ces algorithmes imitent le fonctionnement de la génétique naturelle, sans pour autant le simuler exactement. Un algorithme génétique gère un ensemble d'objets appelés « individus ». Toutes

leurs caractéristiques sont innées et codés dans leur chromosome. Il y a bijection entre les chromosomes et les individus, c'est-à-dire qu'à chaque chromosome correspond un individu unique et vice versa. On désire produire un objet qui vérifie un ensemble de contraintes complexes et l'on sait attribuer une note à un individu selon son adéquation aux contraintes [Phi98].

Les algorithmes génétiques procèdent par une suite des étapes nécessaires. L'algorithme commence par créer une population initiale. Il évalue les fitness des individus s'ils sont inconnus. Puis il sélectionne les individus pour le croisement et les mutations. L'algorithme génétique se termine quand le critère d'arrêt est vérifié. L'algorithme génétique termine par exemple quand le nombre de générations (le nombre d'itérations) a atteint une valeur maximale, ou quand les individus de la population ont des patrimoines génétiques qui se ressemblent d'un point de vue statistique. L'algorithme génétique renvoie alors la solution portée par l'individu qui a le meilleur fitness [Toc12].

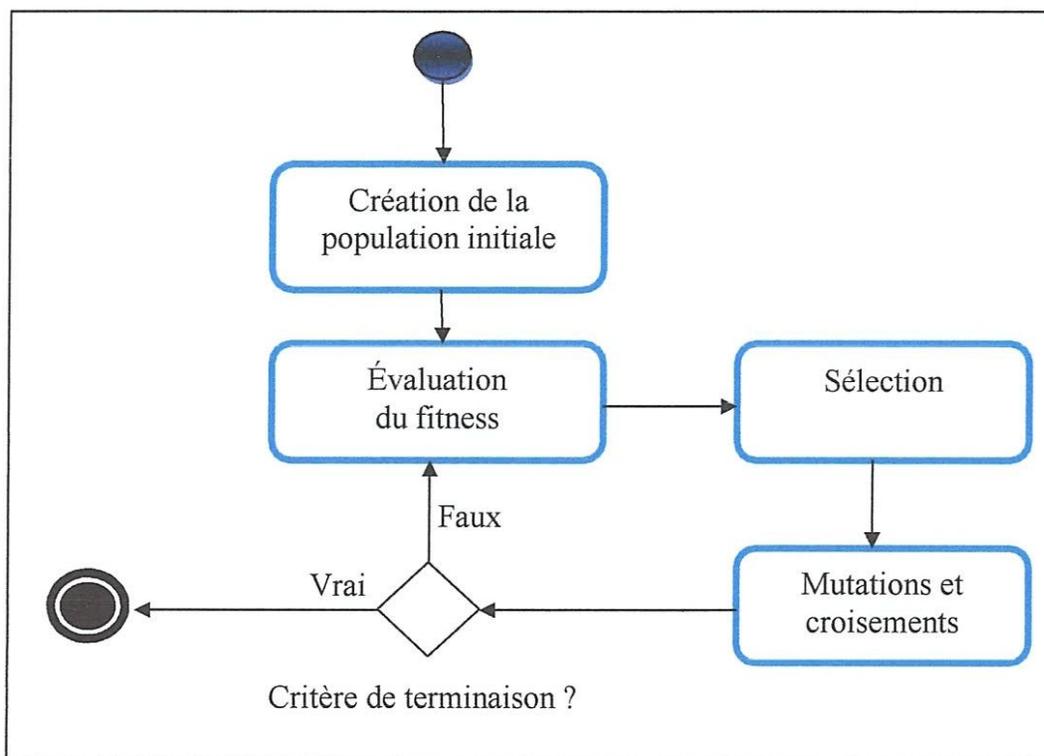


Figure 1.6 : Étapes d'un algorithme génétique.

I.5.4. Le Raisonnement à partir de cas (CBR) :

Le raisonnement à partir de cas (CBR) est une approche de résolution de problème et d'apprentissage qui consiste à réutiliser des expériences passées stockées sous forme de cas dans une mémoire appelée base de cas (BC) afin de résoudre un nouveau problème. Les

problèmes résolus sont stockés dans une base d'expériences dite base de cas. Lorsqu'un nouveau problème se présente, ce problème est décrit par un cas dit cas cible où seule la partie problème est connue [DM09].

Les techniques CBR permettent de produire de nouvelles solutions en extrapolant sur les situations similaires au problème à résoudre. Cette approche est adéquate pour les domaines où la similarité entre les descriptions de problèmes nous donne une indication de l'utilité des solutions antécédentes.

Les fondements du CBR proviennent de travaux en sciences cognitives menés par Roger Schank et son équipe de recherche durant les années 80. Leurs travaux ont mené à la théorie de la mémoire dynamique selon laquelle les processus cognitifs de compréhension, de mémorisation et d'apprentissage utilisent une même structure de mémoire. Cette structure, les "memory organization packets" (MOP), est représentée à l'aide de schémas de représentation de connaissance tels que des graphes conceptuels et des scripts.

Le CBR se révèle alors une précieuse technique pour la mise en œuvre d'applications commerciales pour différentes tâches telles que la résolution de problèmes (ex. diagnostic, planification, design), les systèmes d'aide à la décision, les "help desk" et la gestion de connaissances. Ceci en fait l'une des techniques de l'intelligence artificielle les plus largement répandues actuellement [LL02].

I.6. Les composantes d'un CBR :

Un système CBR est une combinaison de processus et de connaissances ("knowledge containers") qui permettent de préserver et d'exploiter les expériences passées :

I.6.1. Le processus :

Le processus d'un CBR se compose de 4 phases principales :

I.6.1.1. La recherche :

Cette phase permet de déterminer les cas de la base qui sont les plus similaires au problème à résoudre. La procédure de recherche est habituellement implantée par une sélection des plus proches voisins ("k-nearestneighbors") ou par la construction d'une structure de partitionnement obtenue par induction.

a. L'approche des plus proches voisins :

Utilise des métriques de similarité pour mesurer la correspondance entre chaque cas et le nouveau problème à résoudre. La méthode K-ppv compare la requête R avec un sous

ensemble de cas de la base de cas afin d'associer un score à chacun d'eux. Ce score est utilisé pour classer les cas par ordre de similarité afin de retourner le ou les cas les plus similaires.

b. L'approche par induction :

Génère un arbre qui répartit les cas selon différents attributs et qui permet de guider le processus de recherche.

L'algorithme général de recherche se passe en plusieurs étapes :

✓ Un préfiltrage de la base de cas fournit un ensemble S de cas potentiellement similaires à R.

L'ensemble résultat doit être relativement petit tout en contenant le cas le plus similaire.

✓ Idéalement en parallèle, pour chaque cas $C \in S$,

a) Les attributs communs à R et C sont déterminés. Soit A l'ensemble de ces attributs.

b) Pour chaque attribut $a \in A$, une fonction de similarité dimensionnelle $\mu_a(R_a, C_a)$ est calculée, où R_a représente la valeur de l'attribut a dans R et C_a , la valeur dans C.

c) Un degré de similarité global $S(R, C)$ est déterminé en pondérant les degrés de similarité dimensionnels. Souvent,

$$S(R, C) = \frac{\sum_{a \in A} W_a(R, C) \mu_a(R_a, C_a)}{\sum_{a \in A} W_a(R, C)} \quad (1.1)$$

✓ Classer les degrés de similarité et retourner le ou les cas les plus similaires à R.

✓ Le préfiltrage permet de réduire le nombre de cas de façon efficace. Il existe plusieurs méthodes de préfiltrage :

- utilisation un index central pour retrouver les cas.
- Utilisation de contraintes (Contrainte = fonction booléenne $\theta_i(C)$)
- On ne compare que les cas satisfaisant toutes les contraintes
- Possibilité d'éliminer tous les cas. Deux types de mesures peuvent être pris pour

retrouver une solution : la subdivision du problème ou la relaxation des contraintes.

✓ Similarité dimensionnelle : la fonction de similarité $\mu_a(v_1, v_2)$ dépend du type de l'attribut a et du type de degré de similarité voulu. Elle est sur l'intervalle $[0, 1]$. Un degré de similarité de 0 indique que v_1 et v_2 sont totalement différents tandis qu'un degré de 1 montre une similarité parfaite.

- Il est possible de normaliser une distance en la transformant en mesure de similarité

$$\mu_a(V_1, V_2) = \frac{1}{1 + d(V_1, V_2)} \quad (1.2)$$

- Si $0 \leq d(V_1, V_2) \leq M$, il est possible de normaliser la distance et la transformer en mesure de similarité :

$$\mu_a(V_1, V_2) = 1 - \frac{d(V_1, V_2)}{M} \quad (1.3)$$

- Différence absolue : $|V_2 - V_1|$

Pour comparer des valeurs numériques telles que les prix, les tailles, les distances, ...

La pondération des attributs : donne le degré d'importance des attributs W_a (R, C). Les degrés d'importance sont souvent sur $[0,1]$ [Bui04].

I.6.1. 2. L'adaptation :

Suite à la sélection de cas lors de la phase de recherche, le système CBR aide l'utilisateur à modifier et à réutiliser les solutions de ces cas pour résoudre son problème courant. En général, on retrouve deux approches pour l'adaptation de cas. Par l'approche transformationnelle (ou structurelle), on obtient une nouvelle solution en modifiant des solutions antérieures et en les réorientant afin de satisfaire le nouveau problème. Par l'approche générative (ou dérivationnelle), on garde, pour chaque cas passé, une trace des étapes qui ont permis de générer la solution. Pour un nouveau problème, une nouvelle solution est générée en appliquant l'une de ces suites d'étapes. Certains travaux visent également à unifier ces différentes approches d'adaptation.

Peu de systèmes CBR font de l'adaptation complètement automatique. Pour la plupart des systèmes, une intervention humaine est nécessaire pour générer partiellement ou complètement une solution à partir d'exemples. Le degré d'intervention humaine dépend des bénéfices en termes de qualité de solution que peut apporter l'automatisation de la phase d'adaptation.

I.6.1.3. Maintenance :

Durant le cycle de vie d'un système CBR, les concepteurs doivent préconiser certaines stratégies pour intégrer de nouvelles solutions dans la base de cas et pour modifier les structures du système CBR pour en optimiser les performances. Une stratégie simple est d'insérer tout nouveau cas dans la base.

Mais d'autres stratégies visent à apporter des modifications à la structuration de la base de cas (ex. indexation) pour en faciliter l'exploitation. On peut également altérer les cas en modifiant leurs attributs et leur importance relative. Cet aspect de recherche est actuellement l'un des plus actifs du domaine CBR [LL02].

La maintenance du système de CBR devient nécessaire pour des systèmes qui sont conçus pour fonctionner sur de longues périodes et/ou qui seront amenés à traiter de grands volumes de données et de cas. On note que la qualité d'un système de CBR est liée à la

définition et à la représentation d'un cas, l'organisation de la base de cas, les diverses indexations utilisées et la définition de bonnes mesures de similarités pour la recherche des cas et le lien recherche adaptation des cas. Il existe différents travaux dans ce domaine, allant de la modélisation du cycle de CBR soulignant les phases relatives à la maintenance, en passant par le contrôle des différentes sources de connaissances constituant le système de CBR, jusqu'à la maintenance de la base de cas. Aucune base de cas n'étant statique, des cas sont ajoutés, supprimés ou modifiés avec le temps. Comme une base de données, la base de cas doit subir une certaine maintenance afin de demeurer utile et consistante [DM09].

I.6.1.4. Construction :

Ce processus, en amont des activités de résolution de problèmes du système CBR, soutend la structuration initiale de la base de cas et des autres connaissances du système à partir de différentes ressources tels des documents, bases de données ou transcriptions d'interviews avec des praticiens du domaine.

Ce processus, souvent effectué manuellement par le concepteur du système, se prête moins bien à l'automatisation car il nécessite une connaissance du cadre applicatif pour guider, entre autre, la sélection du vocabulaire d'indexation et la définition des métriques de similarités.

I.6.2. Connaissances :

Les différentes connaissances utilisées par un système CBR sont regroupées en quatre catégories ("knowledge containers") :

a. Vocabulaire d'indexation :

Un ensemble d'attributs ou de traits ("features") qui caractérisent la description de problèmes et de solutions du domaine. Ces attributs sont utilisés pour construire la base de cas et jouent un rôle important lors de la phase de recherche.

b. Base de cas :

L'ensemble des expériences structurées qui seront exploitées par les phases de recherche, d'adaptation et de maintenance.

c. Mesures de similarité :

Des fonctions pour évaluer la similarité entre deux ou plusieurs cas. Ces mesures sont définies en fonction des traits et sont utilisées pour la recherche dans la base de cas.

d. Connaissances d'adaptation :

Des heuristiques du domaine, habituellement sous forme de règles, permettant de modifier les solutions et d'évaluer leur applicabilité à de nouvelles situations [LL02].

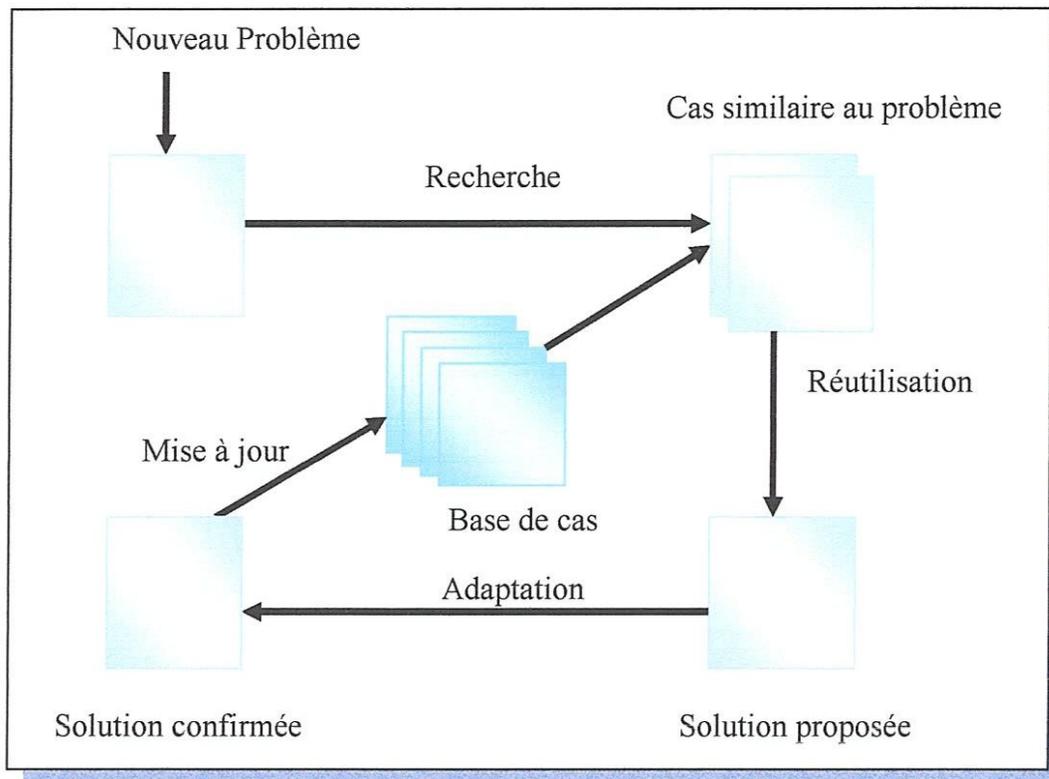


Figure 1.7 : Cycle de vie d'un système à base de cas.

I.6.3. Modèles CBR :

Il existe plusieurs modèles pour le raisonnement à base de cas. Ces modèles sont regroupés en trois grandes familles : structurelle, conversationnelle et textuelle.

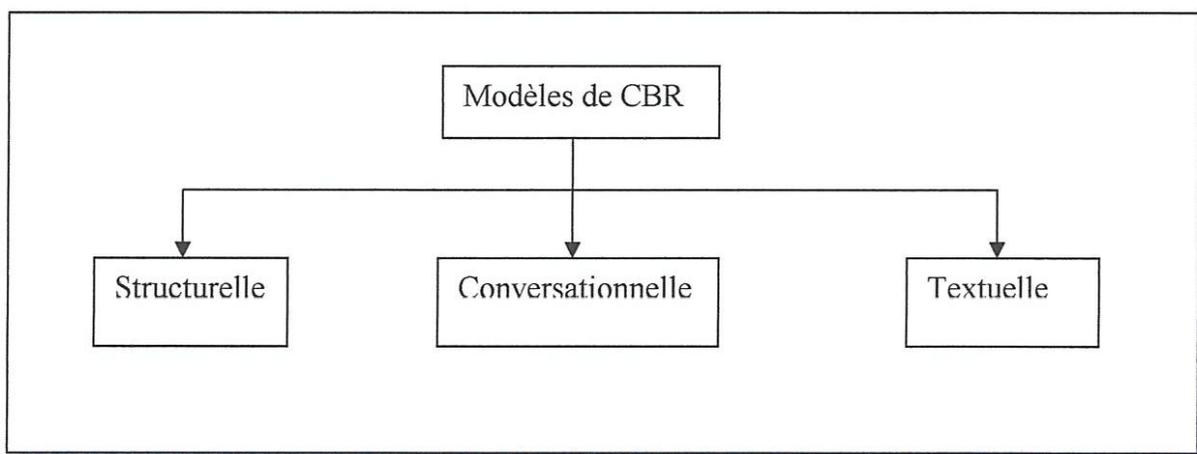


Figure 1.8 : Modèles de CBR.

I.6.4. Les avantages et les inconvénients de CBR :

a. Les avantages :

L'approche CBR offre de nombreux avantages. Pour certaines applications :

- ✚ La démarche CBR est plus simple à mettre en œuvre que celles basées sur un modèle du domaine (ex. base de règles).

- ✚ Elle permet d'éviter les problèmes d'acquisition de connaissance ("knowledge bottleneck") qui rendent difficile la conception de bases de connaissances de taille importante.

b. Le CBR est particulièrement bien adapté aux applications dont la tâche est accomplie par des humains expérimentés dans leur domaine et dont les expériences sont disponibles dans une base de données [LL02].

c. Les inconvénients :

- ✚ Fonctionnement du système CBR sur de longues périodes donne grand volume de données à traiter.

- ✚ Performance : phases de recherche plus adaptation coûteuses en temps.

- ✚ Compétence : Détérioration de la qualité de la réponse.

- ✚ Réduction de la taille de la Base de Cas sans altérer : Sa Compétence, Sa Performance [HCZ07].

I.7. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons vu diverses techniques de l'IA les plus utilisés et qui montrent leur efficacité pour la résolution dans nombreux problèmes complexes.

Les disciplines de l'IA permettent aux systèmes d'avoir la possibilité de répondre plus rapidement et souplement aux fluctuations de son environnement, de s'adapter aux différents contextes et de faire preuve d'une certaine autonomie.

Dans le chapitre suivant nous allons présenter en particulier la discipline des systèmes experts, son architecture ainsi que son processus d'élaboration.



chapitre II

Les systèmes experts



II.1. Introduction :

La technologie a beaucoup amélioré dans la dernière décennie et l'intelligence artificielle (IA) entrant dans notre monde était probablement l'une des technologies les plus largement utilisées. Les systèmes experts (SE) représentent une des applications prometteuses de l'intelligence artificielle. Ils sont utilisés dans plusieurs domaines d'activités humaines, par exemple l'industrie, la médecine, l'agriculture, et le finance, où ils sont implémentés pour remplacer l'expert humain, pour être constituer un support de travail pour les utilisateurs du domaine et pourquoi pas un bon moyen pour les amateurs de devenir eux-mêmes des experts.

Le but de ce chapitre est de définir la technologie systèmes experts en présentant l'architecture d'un système expert type ainsi que le processus de son élaboration.

II.2. Système expert :

Les définitions du système expert (SE) sont nombreuses, Edward Feigenbaum [Far89] a défini les systèmes experts comme des programmes conçus pour raisonner habilement à propos de tâches d'ont on pense qu'elles requièrent une expertise humaine considérable ».

Le professeur Edward Feigenbaum de l'université de Stanford, et un ancien pionnier des systèmes experts, a défini ce concept comme étant "Un programme informatique intelligent utilisant des connaissances et des procédures d'inférences pour résoudre des problèmes assez difficiles ayant besoin d'une expertise humaine importante pour leur solution". Alors un système expert est un système informatique qu'imité la capacité d'un expert humain pour prendre une décision. Le terme imite signifie que le système expert tente en tous cas de raisonner comme un être humain. L'imitation est plus générale que la simulation, elle exige de procéder comme l'objet réel imité, bien sûr on respectant quelques aspects [GR98].

Les systèmes experts sont des systèmes basés sur les connaissances d'un expert humain. Par exemple un système expert de diagnostic des pannes d'une voiture possède une base de connaissances contenant des règles pour le diagnostic et la détection des pannes de la même manière du raisonnement d'un mécanicien. Donc, le système expert est un programme qui peut fournir une expertise pour la résolution d'un problème défini dans le même domaine de l'expertise originale [Kas98].

D'une manière générale, deux pôles distinguent un système expert, l'expert de domaine et les utilisateurs finaux. L'expert transfère son expérience au système expert afin que les utilisateurs bénéficient de cette expertise en utilisant le système expert.

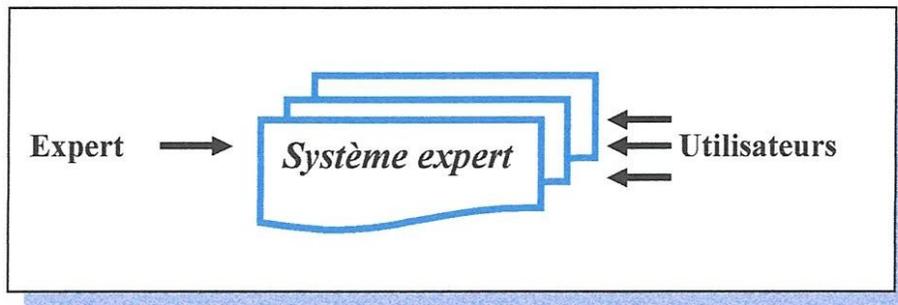


Figure 2.1 : Pôles principaux de système expert.

II.3. Les classes des systèmes experts :

Le développement de plusieurs prototypes de systèmes experts est illustré dans la littérature. La limitation détectée dans la présentation de quelques types seulement des applications des systèmes experts peut être expliquée par le fait que de nombreuses compagnies et organisations militaires n'ont pas présenté leurs systèmes experts à cause des secrets contenus dans les bases de connaissances. En se basant sur les systèmes décrits dans la littérature, on peut extraire quelques classes des systèmes experts qui sont donnés dans le tableau suivant [GR98] :

Classe	Domaine d'application général
Configuration	Assemblage propre des composants d'un système d'une manière correcte.
Enseignement	Enseignement intelligent où l'étudiant peut poser des questions de type Pourquoi?, Comment?, Quand? ,exactement comme en face d'un enseignant.
Interprétations	Explication de données observées.
Surveillance	Comparer les données observées avec les données désirées pour ajuster les performances.
Planification	Partager les actions pour l'obtention des résultats désirés.
Pronostic	Prédire les résultats d'une situation donnée.
Maintenance	Ordonner un traitement pour un problème spécifique.
Contrôle	Régulation d'un processus: faire une interprétation, diagnostic, surveillance, planification, pronostic et maintenance.

Tableau 2.1 : les classes des systèmes experts.

II.4. Composants de base d'un système expert :

Un système expert est composé de deux parties indépendantes :

➤ Une base de connaissances elle-même composée d'une base de règles qui modélise la connaissance du domaine considéré et d'une base de faits qui contient les informations concernant le cas que l'on est en train de traiter.

➤ Un moteur d'inférences capable de raisonner à partir des informations contenues dans la base de connaissance, de faire des déductions, etc.

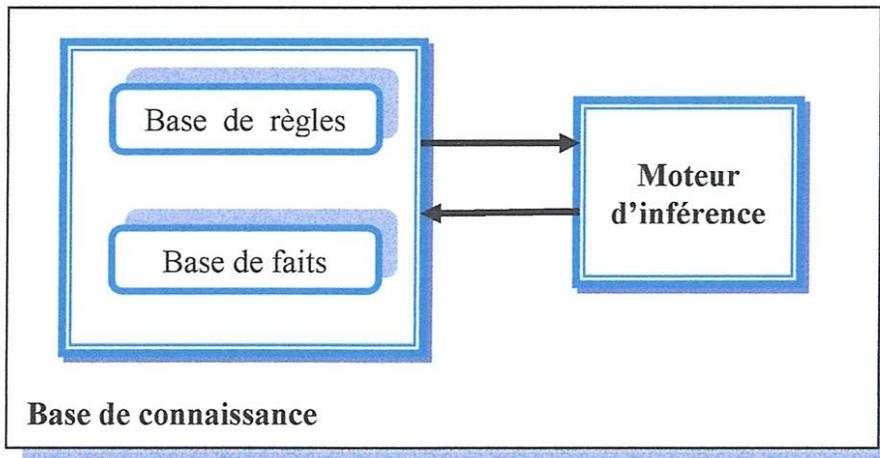


Figure 2.2 : Schéma de base d'un système expert.

II.4.1. La base de connaissances :

La base de connaissances se décompose en deux parties. La première partie contient des faits spécifiques au domaine d'application. On parle alors de la base de faits. La seconde partie, contient l'ensemble des règles qui vont permettre au système de raisonner à partir de la base de faits.

a. La base de faits :

Constitue la mémoire de travail du système à base de connaissances. Elle contient les données initiales et les données recueillies par les hypothèses émises ainsi que les nouveaux faits prouvés. Par conséquent, la base de faits, spécifique au problème à résoudre, s'enrichit au cours de la résolution de manière dynamique.

Les faits peuvent prendre des formes plus ou moins complexes. Les faits élémentaires peuvent avoir des valeurs booléennes, symboliques, ou réelles. Un système qui n'utilise que des faits booléens est dit d'ordre 0. Un système qui utilise des faits symboliques ou réels, sans utiliser de variables, est d'ordre 0+. Un système utilisant toute la puissance de la logique du premier ordre est d'ordre 1 [Saa10].

b. La base de règles :

Contient l'ensemble des règles de raisonnement du système. Elle peut être modélisée par différents modes de représentation des données. Cette base rassemble la connaissance et le savoir-faire de l'expert. Elle n'évolue donc pas au cours d'une session de travail et constitue la partie statique du système [Saa10]. Les règles de production sont le mécanisme le plus utilisé pour la représentation de certaines connaissances, une règle de production est une expression de la forme: ***Si Conditions Alors Conclusion.***

Un exemple typique d'une règle de production :

Si le moteur ne démarre pas ***et*** les lampes ne s'allument pas
Alors problème de la batterie.

II.4.2. Le moteur d'inférence :

C'est un programme qui met en œuvre des mécanismes généraux d'interprétation des connaissances d'un domaine particulier. Généralement, l'action du moteur provoque des modifications de la base de faits et dans certains cas de la base de règles. Un moteur d'inférence est sur tout caractérisé par la façon dont il utilise les connaissances.

II.4.2.1. Principe de fonctionnement des moteurs d'inférences :

Un moteur d'inférences est un mécanisme qui permet d'inférer des connaissances nouvelles à partir de la base de connaissances du système.

Quelques notions fondamentales sur les moteurs d'inférence vont être développées :

- Le cycle de base d'un moteur d'inférences : évaluation, exécution.
- Le fonctionnement en régime irrévocable.

a. Phase d'évaluation :

❖ La sélection (ou restriction)

On est dans un état BF de la base de faits. Etant donnés BF et BR, la base de règles, on cherche à déterminer un sous ensemble F1 de BF et un sous ensemble R1 de BR qui méritent a priori d'être mis en présence lors de l'étape de filtrage. C'est entre autres à ce stade que les métrarègles sont utilisées, en particulier celles qui sont liées au problème. Par exemple on peut regrouper en blocs les règles qui sont fréquemment utilisées ensemble et parcourir BR bloc par bloc [Far89].

❖ Le filtrage

Le moteur d'inférence compare la partie déclencheur de chacun des règles de R1 par rapport à l'ensemble F1 de fait. Un sous ensemble R2 de R rassemble alors les règles jugées

compatibles avec F1, c'est-à-dire celles dont les conditions de déclenchement ont été jugées satisfaites par l'état de F1. R2 est appelé « ensemble de conflit » [Far89].

❖ **La résolution de conflit**

Le moteur détermine les règles, soit un sous ensemble R3 de R2, qui doivent effectivement déclenchées. Si R3 est vide il n'y aura de phase d'exécution pour le présent cycle.

Couramment, le choix est fondé sur des critères sans rapport apparents avec la signification attachée aux règles dans le contexte d'application. Par exemple la base des règles est arbitrairement ordonnée en liste et on sélectionne les premières règles avant les suivantes, ou bien on sélectionne préférentiellement les règles qui ont le moins servi, ou bien on sélectionne d'abord les règles qui, de par leur forme, sont jugées les moins complexes [Far89].

b. Régime irrévocable et retour en arrière :

Lorsque R3 est vide, les systèmes les plus simples se contentent de s'arrêter. Ils fonctionnent selon un algorithme glouton. On dit que ces moteurs d'inférence sont en régime irrévocable. Un fonctionnement un peu plus rusé consiste à réexaminer l'ensemble de conflit R2 du cycle précédent. Certaines règles y ont déjà été déclenchées. On peut décider de ne pas remettre en question les modifications de BF consécutives à ces déclenchements et de déclencher d'autres règles de R2. Dans ce cas également, on dira que le système expert est en régime irrévocable. Par contre, si on annule les modifications en question dans BF avant de choisir d'autres règles à déclencher dans R2, on dit qu'on a effectué un retour arrière. Un système expert fonctionnant de cette manière est en régime par tentatives [Far89].

c. Phase d'exécution :

La phase d'exécution déclenche la règle sélectionnée, avec mise à jour de la base de faits et relance éventuellement un mode d'inférence.

On distingue essentiellement trois modes principaux de fonctionnement pour la phase d'exécution des moteurs d'inférences, c'est à dire trois façons de raisonnement : chaînage avant, chaînage arrière et chaînage mixte qui combine les deux modes.

❖ **Chaînage avant : raisonnement déductif**

Dans ce mode, le moteur essaye d'obtenir tous les faits déductibles à partir des règles dont les conditions d'application sont vérifiées par les éléments de la base de faits. Chaque fois qu'une règle est déclenchée, le moteur utilise les nouveaux faits obtenus pour activer

d'autres règles. Il s'arrête lorsqu'un but est atteint ou lorsqu'aucun fait ne peut plus être déduit. On utilise le chaînage avant lorsqu'on n'a pas une idée précise sur l'objectif à atteindre.

Dans cette optique, le système "sature" sa base de connaissances, il s'arrête lorsque plus rien ne peut être déduit [Zho90].

❖ Chaînage arrière :

A l'inverse de chaînage avant, le chaînage arrière est utilisé pour propager des conclusions vers les conditions de la règle. Le chaînage arrière est très utile dans le cas où les résultats (but) sont connus et ne sont pas très nombreux. Dans ce cas, le but est spécifié et le moteur d'inférence cherche à trouver les conditions nécessaires pour arriver à ce but [SB05].

❖ Chaînage mixte :

Dans ce mode, il y a mélange des deux types de raisonnements décrits ci-dessus. Le chaînage avant peut appeler le chaînage arrière lorsque certains faits n'ont pas pu être déduits, ou au contraire, appel du chaînage avant par le chaînage arrière lors d'une résolution. Ce deuxième cas est très fréquent, et permet, lors de la vérification d'un but, de déduire des informations supplémentaires [Zho90].

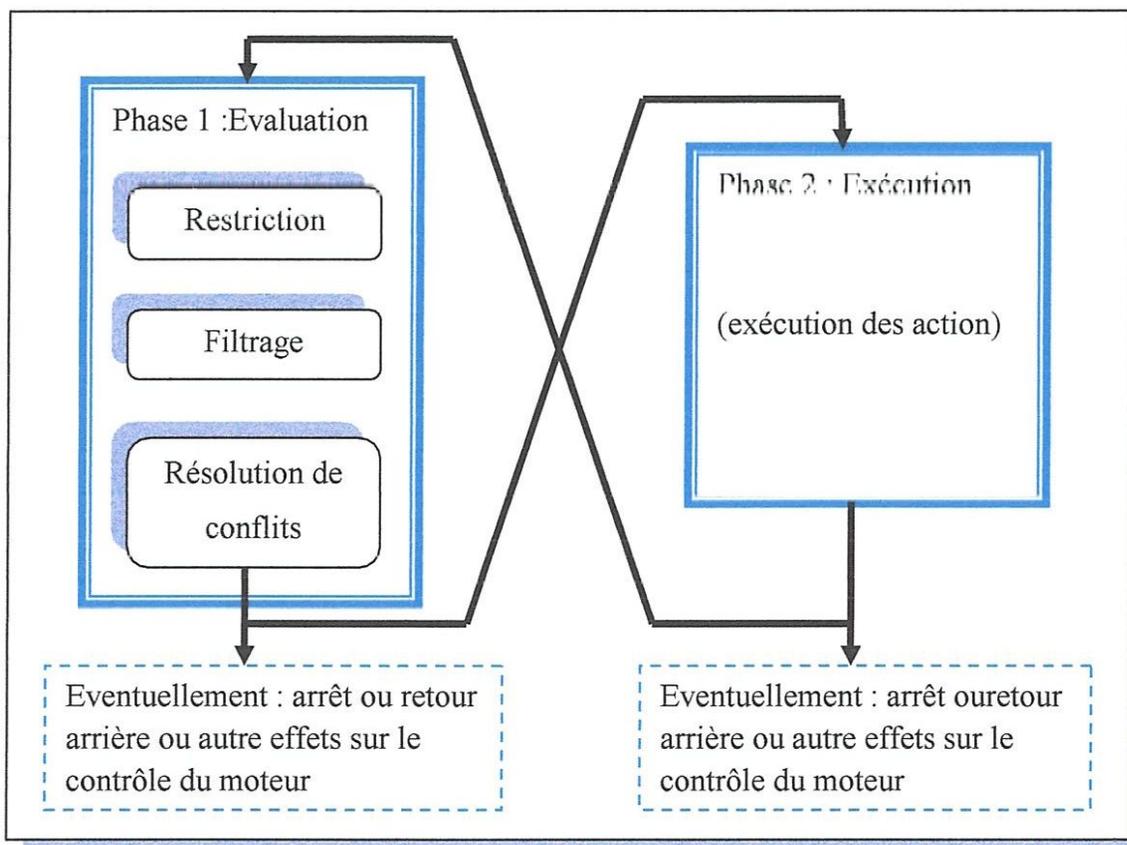


Figure 2.3 : Schéma de principe de fonctionnement des moteurs d'inférence.

II.5. Participants au développement d'un SE:

Les personnes concernées par le développement d'un système expert sont :

- l'ingénieur de connaissance (cogniticien) qui est un expert en langage IA. Son rôle est de trouver les outils et les logiciels nécessaires pour l'accomplissement du projet, d'aider l'expert du domaine à expliciter sa connaissance et d'implanter cette connaissance dans la base de connaissances.
- l'expert du domaine qui fournit les connaissances nécessaires liées au problème.
- l'utilisateur final dont le rôle est de spécifier l'application et de déterminer les contraintes de la conception.

En général, le travail commence par une interview entre l'ingénieur de connaissance et l'expert du domaine. L'ingénieur essaie de comprendre le domaine, d'observer l'expert pendant son travail. Une fois l'expert ait obtenu des informations complètes et précises sur le domaine ainsi que sur la résolution du problème, il pourrait entamer la tâche de la conception du système. Il choisit la façon de la représentation des connaissances, Il détermine le type du raisonnement et la stratégie utilisée .Il conçoit de même l'interface utilisateur. Le prototype obtenu doit être capable de résoudre correctement un problème typique. Ce prototype doit être testé et affiné par l'ingénieur et l'expert du domaine en même temps. Le prototype peut être complété au fur et à mesure en ajoutant des nouveaux éléments dans la base de connaissance. Souvent, à la fin de ce travail progressif, l'ingénieur serait amené à refaire une version plus propre qui réécrit la connaissance d'une façon plus sommaire [BC02].

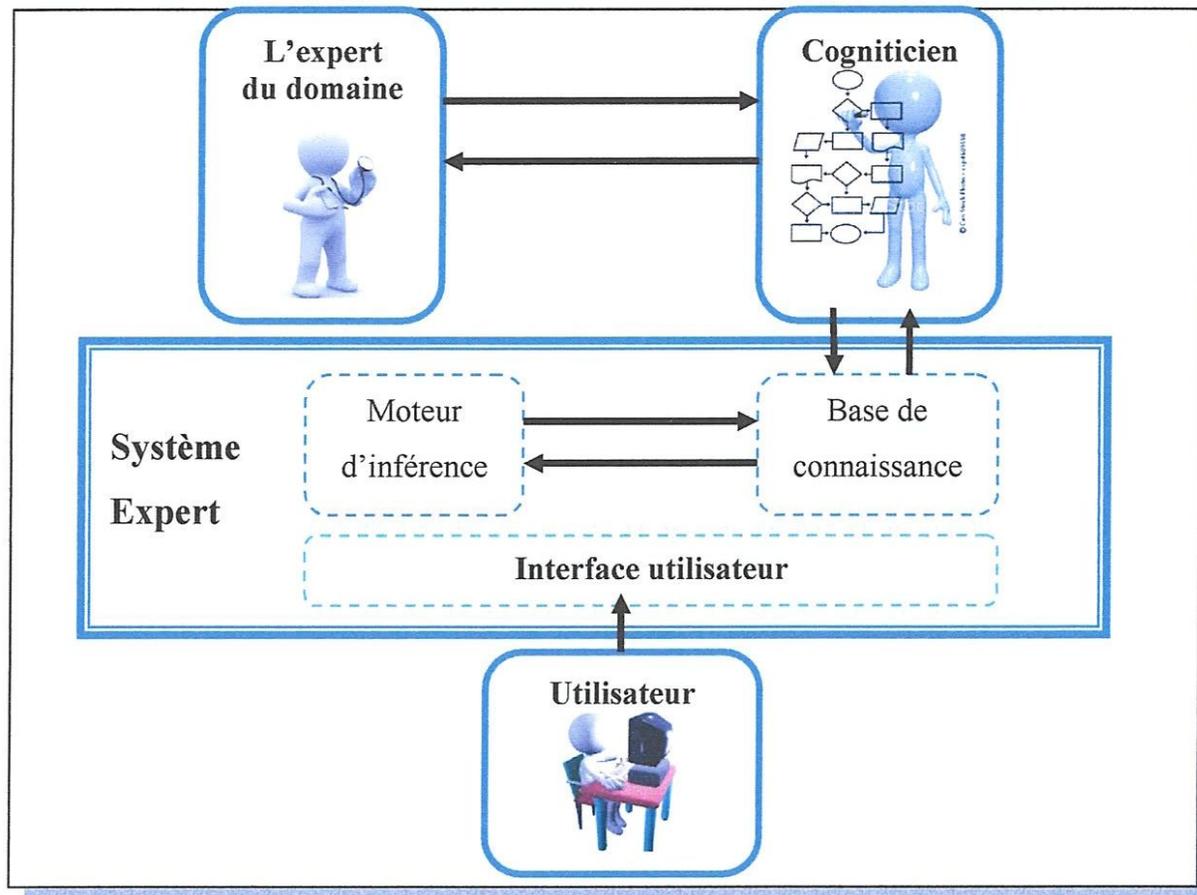


Figure 2.4 : Schéma d'architecture d'un système expert.

II.6. Domaines d'application:

Les systèmes experts ont été conçus pour résoudre certains types de problèmes comme :

- ✓ En médecine,
- ✓ En droit, en chimie, en éducation etc.

Les catégories de problèmes abordés par les systèmes experts sont :

- ✓ L'interprétation ou la construction d'une description abstraite à partir de données.
- ✓ La prédiction des conséquences à partir de situations données.
- ✓ Le diagnostic d'une défaillance à partir d'un ensemble d'observations.
- ✓ La conception d'une configuration de composants à partir d'un ensemble de contraintes.
- ✓ La planification d'une séquence d'actions pour l'accomplissement d'un ensemble de buts à partir de certaines conditions de départ et en présence de certaines contraintes.
- ✓ La réparation d'un dysfonctionnement.
- ✓ Le contrôle du comportement d'un environnement complexe.

Parmi les systèmes experts les plus connues nous citons :

✓ **MYCIN** : est un système expert qui a été conçu entre 1972 et 1974 afin d'aider des médecins à diagnostiquer et soigner des maladies infectieuses du sang. Cette version de base contenait environ 200 règles. Elle a été complétée entre 1975 et 1978 par 300 règles supplémentaires concernant principalement les méningites. Ce système expert a été abondamment étudié et commenté en raison de l'importance du domaine concerné et sur tout, de la grande qualité de ses diagnostics et propositions thérapeutiques.

"Même en se limitant à la version de base existant en 1974, les résultats sont satisfaisants. Ainsi, en 1974, 15 cas représentatifs d'infections bactériennes furent soumis à MYCIN d'une part et à 5 experts d'autre part. Les 5 experts approuvèrent les recommandations thérapeutiques de MYCIN dans 11 cas sur 15 (soit 55 accords pour 75 comparaisons). Dans les autres cas, les 5 experts étaient en désaccord entre eux." [Far89].

✓ **DENDRAL**, 1969, chimie, recherche la formule développée d'un corps organique à partir de la formule brute et du spectrogramme de masse du corps considéré.

✓ **CRYALIS**, 1979, chimie, recherche la structure de protéines à partir de résultats d'analyse cristallographique.

✓ **MOLGEN**, 1977, biologie, engendre un plan de manipulations génétiques en vue de construire une entité biologique donnée.

✓ **PROSPECTOR**, 1978, géologie, aide le géologue à évaluer l'intérêt d'un site en vue d'une prospection minière. (1600 règles).

✓ **AM**, 1977, mathématiques, proposition de conjectures, de concepts intéressants. (500 règles).

✓ **MUSCADET**, 1984, mathématiques, démonstration de théorèmes (EVT).

✓ **AI-SPEAR**, 1984, informatique, est développé pour l'analyse des « cahiers de bord » d'ordinateurs, afin de détecter et diagnostiquer d'éventuelles anomalies (700 règles, moteur OPS5). » [Far89].

✓ **PROLOG**, 1975, représente faits et règles sous forme d'expressions particulière de la logique des prédicats du premier ordre appelées « clause de Horn ». Le moteur d'inférence est un démonstrateur de théorèmes mettant en œuvre la règle d'inférence appelée « principe de résolution » de ROBINSON, selon une stratégie de la famille des « stratégies linéaires ».

PROLOG est un langage de programmation informatique qui est utilisé pour résoudre les problèmes qui impliquent des objets et les relations entre ces objets. Prolog est un langage

qui, comme son nom l'indique (PROgrammation LOGique), utilise un mode de programmation dit logique. Ce mode de programmation a vu le jour grâce à John Robinson qui a posé en 1965 les bases de la logique. Le développement de PROLOG a commencé en 1972 à l'université de Marseille dans le Groupe d'Intelligence Artificielle de Lumigny dirigé par A. Colmerauer. Il a été poursuivi principalement à Marseille et à Edimbourg.

Prolog a été choisi par de nombreux programmeurs pour l'application du calcul symbolique, y compris: Base de données relationnel, la logique mathématique, Résumé de résolution de problèmes, comprendre le langage naturel, résoudre l'équation symbolique, analyse de la structure biochimique, de nombreux domaines de l'intelligence artificielle [CM03].

✓ **SNARK**, 1981, est le système français le plus connu et diffusé. Les premières dérivent du moteur d'inférence de SIMMIAS. Elles ont notamment été expérimentées en géologie, pour le calcul de primitives de fonctions (250 règle).»[Far89].

II.7. Le choix d'un système expert :

Les chercheurs ont défini un ensemble informel de critères pour déterminer si un problème est adapté ou non à être résolu par la technologie système expert :

- a. Le besoin d'une solution doit justifier le coût et l'effort de la construction d'un système expert.
- b. L'expertise humaine n'est pas valable dans toutes les situations dont on a besoin.
- c. Le problème peut être résolu en utilisant une technique de raisonnement symbolique.
- d. Le domaine est bien structuré.
- e. Le problème ne peut pas être résolu en utilisant des méthodes traditionnelles de calcul.
- f. La coopération entre experts de domaine existe.
- g. Le problème est de taille considérable.

II.8. Conclusion :

La notion de systèmes experts est une notion assez ancienne qui a apparue dans les années 70 avec l'apparition du système expert célèbre MYCIN. Ils ont eu un succès dans le monde de l'industrie, diagnostic médical, découverte de champs pétroliers, aide à la décision en bourse ...etc. Ils reposent sur l'hypothèse que notre connaissance peut être représentée sous forme de règle.

Aujourd'hui, les systèmes experts constituent une technologie bien définie faisant partie des systèmes à base de connaissances. Les systèmes experts ont comme finalité la modélisation de la connaissance et de raisonnement d'un expert (ou d'un ensemble d'experts) dans un domaine donné fixe. Pour cela, trois acteurs principaux doivent contribuer à l'élaboration d'un système expert à savoir : l'utilisateur final, l'expert du domaine et l'ingénieur de connaissances.

Nous avons choisi les disciplines des systèmes experts pour l'aide au diagnostic des maladies neurophysiologiques, où le problème peut être résolu en utilisant une technique de raisonnement symbolique.



chapitre III

La Neurophysiologie



III.1. Introduction :

Avant toute proposition, il nous a paru nécessaire d'établir l'état de l'art sur le domaine que nous allons étudier, Il s'agit de montrer brièvement ce que signifient diagnostic neurophysiologique, Ensuite nous présentons le lexique générale de ce domaine en ce qui concerne les nerfs et les muscles, puis nous présentons les examens Electroneurographique que et Electromyographique et le matériel utilisé, puis nous allons voir quelques maladies qui atteignent ces nerfs et leurs traitements.

III.2. Neurophysiologique :

La neurophysiologie clinique est une discipline qui repose sur l'enregistrement de l'activité électrique produite par le cerveau ou en périphérie (muscles ou nerfs) afin d'objectiver des anomalies ou des altérations rencontrées dans diverses pathologies somatiques et psychiatrique [CS08].

III.3. Les nerfs :

Les nerfs sont des organes conducteurs du sentiment et du mouvement. Ils se présentent sous la forme de cordons mous, blanchâtres, formés de petits filets réunis entre eux par du tissu cellulaire, et se divisent dans les organes en branches et rameaux successivement décroissants [Bay55].

Dans le tableau suivant, on a situé les nerfs plus importants dans les membres supérieurs, membres inférieurs et la face qui nous intéressent dans notre système.

Liste des nerfs		
Membres supérieurs	Membres inférieurs	Face
Médian	Sciatique poplité externe	Trijumeau
Cubital	Sciatique poplité externe	Facial
Radial	Crural	
Brachial cutané interne	Fémoral	
Brachial cutané externe	Saphène interne	
Circonflexe	Sural	

Tableau 3.1 : Liste des nerfs.

III.3.1. Le médian :

Nerf du milieu, le nerf médian est l'un des trois grands nerfs du membre supérieur situé dans la loge antérieure (vers la partie avant) de l'avant-bras. Ce nerf est à la fois sensitif et moteur c'est-à-dire qu'il permet au patient de ressentir la sensation provenant de la main et du bras et d'effectuer certains mouvements du poignet et plus spécifiquement de la main. Une de ses fonctions essentielles est la pronation (prendre quelque chose) [web1].

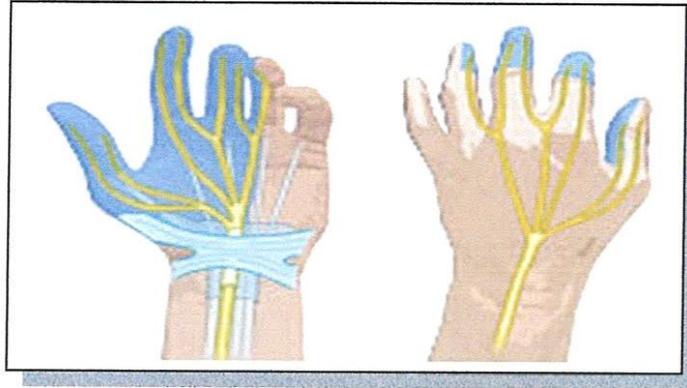


Figure 3.1 : Nerf médian.

III.3.2. Le cubital (ulnaire) :

Nerf mixte, il est un des 3 grands nerfs du membre supérieur, il part du creux axillaire et se termine au niveau de la main. C'est le nerf de la paume de la main [web2].

✚ Rôle du cubital :

Sa principale fonction reste toutefois de permettre les mouvements des doigts. En cas d'atteinte de ce nerf par une compression, ou de lésion induite par des fractures notamment de la partie supérieure de l'humérus ou de la partie interne du coude, il peut entraîner des déficits moteurs et sensitifs des zones concernées [web3].

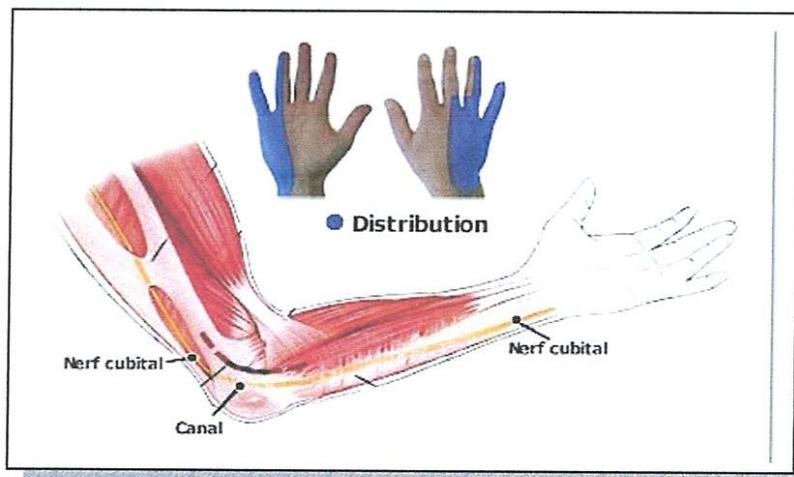


Figure 3.2 : Nerf cubital.

III.3.3. Le nerf radial :

Nerf mixte (somatomoteur, somatosensible), c'est un des grands nerfs du membre supérieur. C'est le nerf de l'extension (coude, poignet, doigts), le nerf radial sort de la moelle épinière entre la cinquième vertèbre cervicale et la première vertèbre thoracique. Il descend dans le bras vers l'avant-bras, la main et les doigts [web4].



Figure 3.3 : Nerf radial.

III.3.4. Le nerf facial :

Le nerf facial est l'un des nerfs les plus complexes du corps humain. Son noyau moteur se trouve dans le tegmentum pontique caudal et ses fibres sont orientées de manière rostrale pour contourner le noyau du nerf crânien VI puis se détournent en direction caudale pour émerger du pont près de l'angle ponto-cérébelleux. A sa sortie du tronc cérébral, le nerf facial semble être formé de deux racines : le nerf facial à proprement parler, qui porte des fibres motrices allant innervier tous les muscles faciaux, et le nerf intermédiaire de Wrisberg qui porte les fibres parasympathiques préganglionnaires qui vont innervier le ganglion submandibulaire et le ganglion sphéno-palatin [Pér08].

III.3.5. Le nerf sciatique:

Le nerf sciatique on l'appelle aussi le nerf ischiatique est le plus gros nerf du corps humain (environ 1,5 cm de diamètre), mais aussi le plus long et assure la motricité et la sensibilité de tout le membre inférieur (hanche, cuisse, jambe et pied) [web5].

✚ Rôle : Il contrôle les articulations de la hanche et du genou, la cheville, les muscles (postérieures de la cuisse, de la jambe), du pied, la sensibilité de la peau d'une grande partie du membre inférieur [web6].

III.4. Les muscles:

Les muscles sont des organes mous, rouges ou rougeâtres, composés de fibres éminemment contractiles ayant des formes extrêmement variés, suivant les mouvements qu'ils sont destinés à produire sous l'empire de la volonté. Ce sont qui forment ce qu'on appelle communément la chair [Bay55].

Le tableau ci-dessous représente les muscles principales des membres supérieurs, inférieurs et de la face.

Liste des muscles		
Membre supérieur	Membre inférieur	Face
Trapèze	Pédieux	Frontal
Deltoïde		
Biceps brachial	Jambier antérieur	
Triceps	Long péronier latéral	
Long supinateur		
Extenseur commun des doigts	Jumeau externe	
Cubital antérieur		
Grand palmaire	Jumeau interne	
Fléchisseur superficiel des doigts		
Court abducteur du pouce	soléaire	Mentonnier
Adducteur du 5 ^{ème} doigt		
Premier interosseux dorsal		

Tableau 3.2 : Liste des muscles.

✚ Bref définitions de quelques muscles :

a- Pédieux: Muscle du dos du pied tendu depuis la grande apophyse du calcaneum jusqu'à la base de la première phalange du gros orteil et au tendon extenseur des deuxième, troisième et quatrième orteils.

b- Trapèze: Muscle large et triangulaire de la région supérieure et latérale du tronc et de la nuque. Il relie les apophyses épineuses (C7 et T1 à T12) avec la clavicule, l'acromion et l'épine de la scapula (omoplate).

c- Jambier antérieur : Muscle de la loge antérieure de la jambe, tendu du tibia au premier cunéiforme et au premier métatarsien. Il est releveur du pied et varisant.

d- Frontal : Muscle peaucier du front tendu de l'aponévrose épicroânienne aux téguments des régions sourcilières [web7].

III.5. Electroneurographie :

Electroneurographie est une technique pour déterminer la vitesse de conduction nerveuse à la fois moteur et de fibres sensibles. Il est basé sur la stimulation électrique des nerfs et l'enregistrement des potentiels musculaires évoqués dans le cas des fibres motrices et des potentiels des nerfs sensitifs dans le cas des fibres sensibles. Son but est de mesurer le temps de conduite écoulé entre le stimulus et la réponse [web8].

Électroneurographie (ENG) Technique proche de l'électromyographie mais qui permet d'étudier des troubles de la conduction nerveuse en mesurant le temps écoulé entre la stimulation électrique d'un nerf et sa réponse. Cet examen complémentaire est réalisé par le service de neurologie [web9].

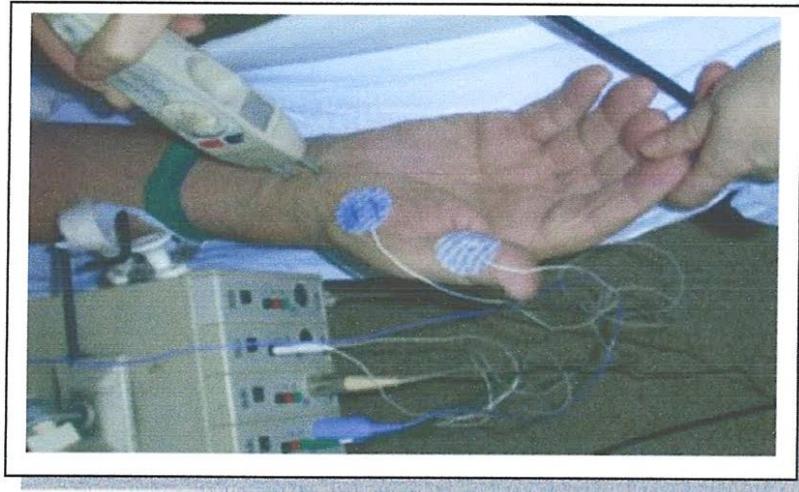


Figure 3.4 : Electroneurographie.

III.5.1. Conduction motrice :

Stimulation électrique d'un nerf moteur sur son trajet en deux points (distal et proximal). Recueil de la réponse par une électrode de surface placée sur le muscle correspondant au nerf stimulé. La vitesse de conduction motrice (VCM) est calculée entre les deux points de stimulation [BP02].

On analyse et on compare les réponses motrices successives.

Pour chaque contingent moteur, on étudie [Rhi.11] :

- LDM : Latence distale motrice.
- AM : Amplitude motrice.
- VCM : Vitesses de conduction nerveuses motrice.
- F: latence de l'onde F.

Lors d'atteinte musculaire (myopathie ou atteinte de la conduction neuromusculaire) l'électromyographie confirme le diagnostic, mais n'indique pas la cause.

✚ Déroutement de l'électromyographie :

Aucune préparation n'est nécessaire. Il faut éviter tout étalement de lait ou crème sur le corps le matin. Le patient est généralement allongé sur la table d'examen, ou éventuellement assis lors de l'exploration des membres supérieurs [web11].

✚ Principe :

La contraction des fibres musculaires squelettiques est déclenchée par le potentiel d'action généré au niveau de la synapse neuromusculaire. Il est possible d'enregistrer l'activité électrique globale qui en résulte au niveau des muscles avec des électrodes placées à la surface de la peau et reliées à un amplificateur. C'est l'électromyographie globale. Les enregistrements obtenus par cette méthode dans différentes conditions permettent d'établir des relations entre les phénomènes électriques mesurés et l'activité nerveuse et musculaire volontaire et réflexe.

III.6.2. Matériel nécessaire :

L'électromyographie requiert la présence d'électrodes aiguilles permettant l'enregistrement des potentiels, d'un oscilloscope ou d'un écran permettant de visualiser les potentiels, d'un amplificateur et de haut-parleurs pour entendre les sons caractéristiques produits par certains potentiels anormaux (notamment les potentiels de fibrillation, les ondes positives lentes et les potentiels d'action polyphasiques). De manière optionnelle peuvent être ajoutés une imprimante et un système d'enregistrement permettant de stocker les données. La visualisation du signal et la perception du son qu'il émet sont complémentaires à l'identification des différents potentiels.

L'enregistrement se fait au moyen d'électrodes d'enregistrement insérées dans le muscle à explorer. Elles sont recouvertes de Teflon, ce qui permet de minimiser les interférences électriques et d'explorer seulement 30 à 50 unités motrices [Sté10].



Figure 3.6 : La machine EMG.

En plaçant trois électrodes (une active, une de référence et la masse) sur la peau, il est possible d'enregistrer l'activité électrique des fibres musculaires des unités motrices sous-jacentes : c'est l'électromyogramme (ou EMG brut). Cette activité brute se distribue de part et d'autre d'une ligne isoélectrique, avec des valeurs négatives et des valeurs positives. La plupart des signaux enregistrés ont une fréquence variant entre 20 et 200 Hz et une amplitude de quelques millivolts. L'EMG brut est généralement rectifié, opération consistant à prendre les valeurs absolues de l'EMG. Cette opération permet en particulier d'effectuer par la suite des calculs dont celui de l'activité électrique moyenne du muscle qui serait nulle si l'on conservait les valeurs brutes. Il est également possible de lisser la courbe de l'EMG rectifié en filtrant à basse fréquence (conserver les basses fréquences entre 3 et 6 Hz et atténuer ou supprimer les hautes fréquences) et d'obtenir ainsi l'enveloppe linéaire de l'EMG, sorte de contour global de l'activité électrique. On peut aussi arriver à un résultat comparable à celui de l'enveloppe linéaire en calculant l'EMG intégré, variation de l'amplitude de l'EMG en fonction du temps. Ces différentes analyses ont fait ressortir que l'activité EMG précède l'accroissement de la tension dans le muscle, qu'elle augmente presque de façon linéaire avec la tension ou la force de contraction (pour les contractions isométriques dont l'amplitude correspond à 20 à 80 % de la force maximale, mais beaucoup plus rapidement au-delà) et que son amplitude peut changer des contractions concentriques (travail positif) aux contractions excentriques (travail négatif) [Rig02].

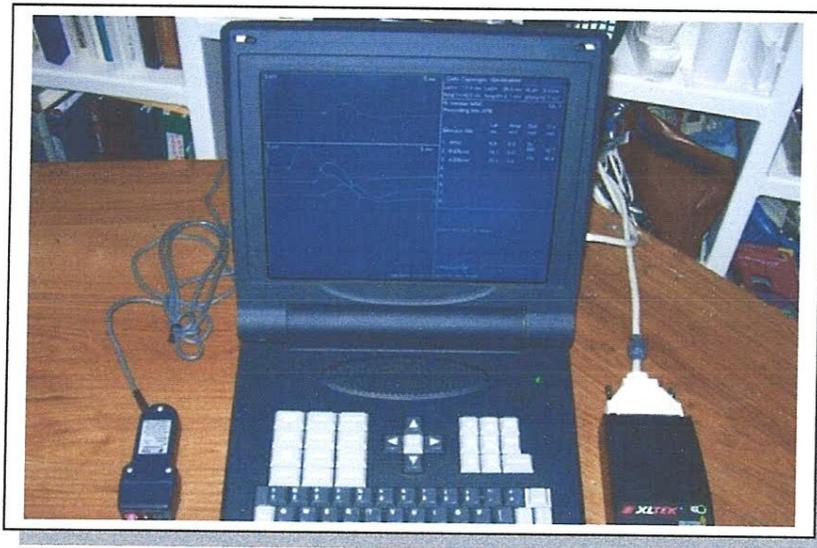


Figure 3.7 : La représentation des signaux sur l'écran d'EMG.

Il s'agit d'une méthode permettant l'enregistrement de l'activité électrique d'un muscle ou d'un nerf. Cet examen fait partie des explorations électrophysiologiques des systèmes nerveux central et périphérique. Les enregistrements s'effectuent via des électrodes qui peuvent être de 2 types :

À aiguille («fine-wire» en anglais), dans ce cas, l'aiguille est implantée directement dans le muscle que l'on souhaite étudier.

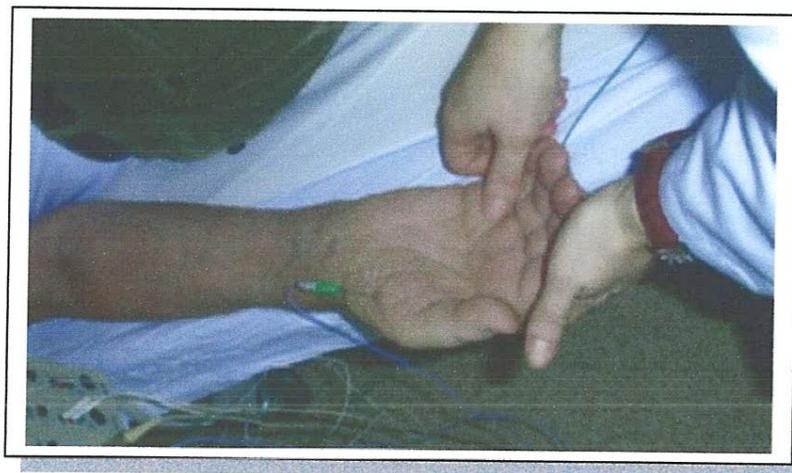


Figure 3.8 : EMG à aiguille.

Ou de surface, l'électrode est alors collée à la surface de la peau en regard du muscle à mesurer. L'EMG permet de détecter l'activité électrique musculaire spontanée, au repos ou au cours de l'activité du muscle, ou après la stimulation électrique du muscle dans le cadre d'un examen neurologique. Le tracé obtenu est appelé électromyogramme [Ber12].

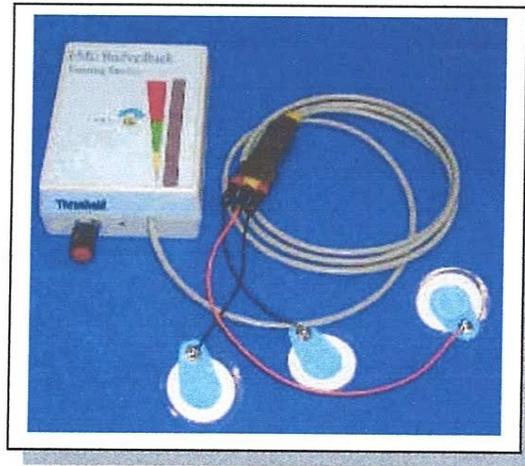


Figure 3.9 : EMG de surface.

III.7. Les maladies neurophysiologiques :

On a définir quelques maladies neurophysiologiques qui sont :

III.7.1. La paralysie faciale :

La PF périphérique peut avoir des causes multiples, dont des infections, des traumatismes, des lésions vasculaires, des tumeurs, etc. La PF idiopathique, ou paralysie de Bell, est une pathologie relativement bénigne avec un taux d'incidence d'environ 25 pour 100000. Elle peut se déclarer à tout âge mais reste plus fréquente chez les adultes que chez les enfants. Le patient ne peut pas ou avec moins de force, sourire, fermer les paupières, plisser le front, relever le nez ou faire toute autre mimique du coté atteint. Les lèvres sont déviées du coté normal [Pér08].

Traitement :

Le traitement de la paralysie faciale de Bell consiste tout d'abord à protéger l'oeil avec des lunettes sombres. En cas de survenue de douleurs, certaines équipes médicales spécialisées en ophtalmologie (maladie des yeux) préconisent l'utilisation de la prednisolone (corticoïde) à la dose de 60 à 80 mg par jour pendant cinq jours. Les doses peuvent être progressivement diminuées tous les cinq jours.

Certains spécialistes en ophtalmologie préconisent également des massages des muscles affaiblis du visage, surtout en cas d'incapacité de fermeture des paupières. La protection de la cornée, par instillation de larmes artificielles entre autres, est nécessaire dans certains cas [web12].

III.7.2. Syndrome du canal carpien :

Le syndrome du canal carpien touche le plus souvent la femme, entre 30 et 50 ans. Les gestes répétitifs et notamment professionnel (secrétariat, BTP, mécanicien, etc.) favorisent la survenue du syndrome du canal carpien. Ce syndrome peut également lors de circonstances particulières : grossesse, hypothyroïdie, diabète, polyarthrite rhumatoïde... [web13].

Outre les faits accidentels, la compression du nerf médian dans le canal carpien apparaît liée à des contraintes biomécaniques de tension, de pression et de friction dont la fréquence, la force et la durée peuvent causer une lésion. Le maintien prolongé de positions fixes de la région cervico-scapulaire de même que les bras en flexion ou en abduction augmentent la charge musculo-squelettique. Ces postures peuvent ainsi contribuer à la genèse d'une SCC en perturbant l'irrigation distale des membres supérieurs. On illustre les mouvements et postures les plus fréquemment associés à l'apparition d'un SCC :

Mouvements répétitifs du poignet ou de la main, Mouvements répétés avec un ou plusieurs doigts, Application d'une pression avec la main, Activités avec le poignet en extension ou en flexion ... etc [PRCB97].

Traitement :

Traitement médical :

Au stade I, purement sensitif subjectif, il est possible de se contenter des petits moyens médicaux : (immobilisation de la main et du poignet par attelle au minimum la nuit avec prescription d'antalgiques et d'anti-inflammatoires), mais leur action est le plus souvent très transitoire. Dans le cas particulier de la grossesse le syndrome régresse habituellement et spontanément après l'accouchement ou le "retour de couches".

Quand le stade I est dépassé, il faut alors recourir alors aux infiltrations locales de corticoïdes. La première est le plus souvent efficace et ce parfois de manière prolongée. La deuxième est moins efficace et de plus brève durée. Il n'est guère raisonnable de réaliser plus de trois infiltrations. En cas d'échec ou de récurrence : indication chirurgicale [web14].

Traitement chirurgical :

La décompression chirurgicale du nerf médian dans le canal carpien peut être réalisée à ciel ouvert par une mini-incision ou par des techniques endoscopiques à une ou deux voies. Le traitement est réalisé sous anesthésie locale en ambulatoire [web15].

III.7.3. Compression du nerf radial au niveau du bras :

Il a été décrit des compressions du tronc du nerf radial dans la gouttière radiale au bras après effort musculaire intense chez des sujets particulièrement musclés, entraînant une paralysie radiale totale sensitivo-motrice. Dans la pratique, la survenue d'une paralysie radiale complète avec déficit de l'extension du poignet et des doigts, paresthésies au niveau de la face postérieure de la 1^{ère} commissure doit plutôt faire évoquer une compression extrinsèque par posture prolongée, réalisant la classique paralysie. Sauf compression prolongée, la récupération spontanée est de mise dans un délai de 1 à 3 mois. Le traitement chirurgical est rarement indiqué [LPL05].

Traitement :

✚ Traitement médical :

Avec : repos sportif ; +/- AINS, une attelle limitant la prono-supination ; l'infiltration locale au niveau de l'arcade de Froehse (le test clinique de retour à une extension neutre, sans déviation radiale est un excellent test, témoignant de la récupération du cubital postérieur).

✚ Traitement chirurgical :

Le traitement chirurgical sera préconisé en cas de déficit moteur au-delà de 12 semaines ou de douleurs persistantes au-delà de 6 à 12 mois (après 18 mois la récupération est illusoire). L'attelle du coude postopératoire (15 jours) sera retirée plusieurs fois par jour pour effectuer la kinésithérapie ; ceci permettra d'éviter les adhérences post-neurolyse. La rééducation active est débutée au 2^e jour et le retour à l'activité physique au 6^e mois. Le risque chirurgical est de blesser le nerf [web16].

III.7.4. Compression du nerf sciatique poplité externe :

Le SPE (nerf péronier ou fibulaire commun) au col du péroné : neuropathie la plus fréquente du membre inférieur, par compression du nerf lorsqu'il contourne la tête du péroné, lors du sommeil, du maintien prolongé d'une position accroupie ou jambes croisées, du port de bottes serrées, fractures du col du péroné, kystes du S P F. (d'origine synoviale issu de l'articulation péronéo-tibiale ou intraneural). Au niveau de la tête du péroné, le SPE traverse la cloison intermusculaire externe, et passe, de la loge postérieure de la jambe dans la loge externe. A ce niveau, le nerf est situé dans un véritable tunnel ostéo-musculaire. Il repose directement sur la face externe du col du péroné. Le muscle long péronier latéral recouvre le nerf et forme avec ses deux insertions supérieure épiphysaire et inférieure diaphysaire une arcade, dans laquelle le nerf s'engage et se divise en 2 branches terminales : le nerf péronier

profond qui se dirige dans la loge antérieure et le nerf musculo-cutané (péronier superficiel) qui se dirige dans la loge externe [web17].

Traitement :

Le traitement est celui de la cause, l'infiltration cortisonique, attelle d'immobilisation, rééducation fonctionnelle et la chirurgie en cas de lésion compressive authentifiée.

III.8. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté brièvement le domaine neurophysiologique et le lexique utilisé dans ce domaine, Il a été observé que les médecins ratent beaucoup de cas et cela à cause de différents facteurs comme la fatigue lors de l'analyse d'un nombre important d'exams par jour.

Nous avons remarqué que l'aide au diagnostic neurophysiologique est bien structurée et peut être résolue en utilisant une technique de raisonnement symbolique.

Dans le prochain chapitre, nous allons voir notre conception pour la réalisation d'un système pour l'aide au diagnostic neurophysiologique.



chapitre IV

Conception du système



IV.1. Introduction :

Dans cette partie, nous allons faire la description organique du système expert qui va faciliter le diagnostic des maladies neurophysiologiques et donner un compte rendu automatique et un traitement au patient.

Dans ce chapitre nous allons décrire les objectifs de notre système, et nous présentons l'architecture générale de notre système et la structure de la base de données. Ensuite nous expliquons les différentes étapes que nous allons suivre pour atteindre notre objectif principal de ce projet.

IV.2. L'objectif de notre travail :

Le travail que nous avons élaboré consiste à concevoir et à mettre en œuvre un système expert pour le diagnostic des maladies neurophysiologiques dans un hôpital ou dans un centre de santé. C'est-à-dire de modéliser le comportement d'un médecin spécialiste en neurophysiologie face à un problème particulier, sa manière de le résoudre. Car ce que l'on souhaite obtenir n'est ni plus ni moins que l'expérience (la connaissance pratique de l'expert).

Ce système expert devra permettre à l'utilisateur (médecin) de :

- ✚ Diagnostiquer les différentes maladies neurophysiologiques et donner un compte rendu au patient.
- ✚ Proposer dix plus proches traitements de différents diagnostics déjà faites similaire au diagnostic de ce patient.
- ✚ Choisir un traitement parmi les traitements proposé ou bien donner un nouveau traitement au patient.

IV.3. Structure de la base de données :

C'est le support de l'ensemble des informations disponibles dans notre système, elle permet la sauvegarde des comptes rendu, des différents traitements donnés aux patients, des informations des différents acteurs des systèmes. Elle permet aussi de sauvegarder les différentes informations concernant les malades. Notre base des données permet d'atteindre les objectifs suivants :

- ✚ Permet d'accès au dernier test et le modifier.
- ✚ Suivi et évaluation des patients.

Nous présentons dans ce qui suit le modèle conceptuelle de notre BDD et le tableau des entités.

IV.3.1. Modèle conceptuel de données (MCD) :

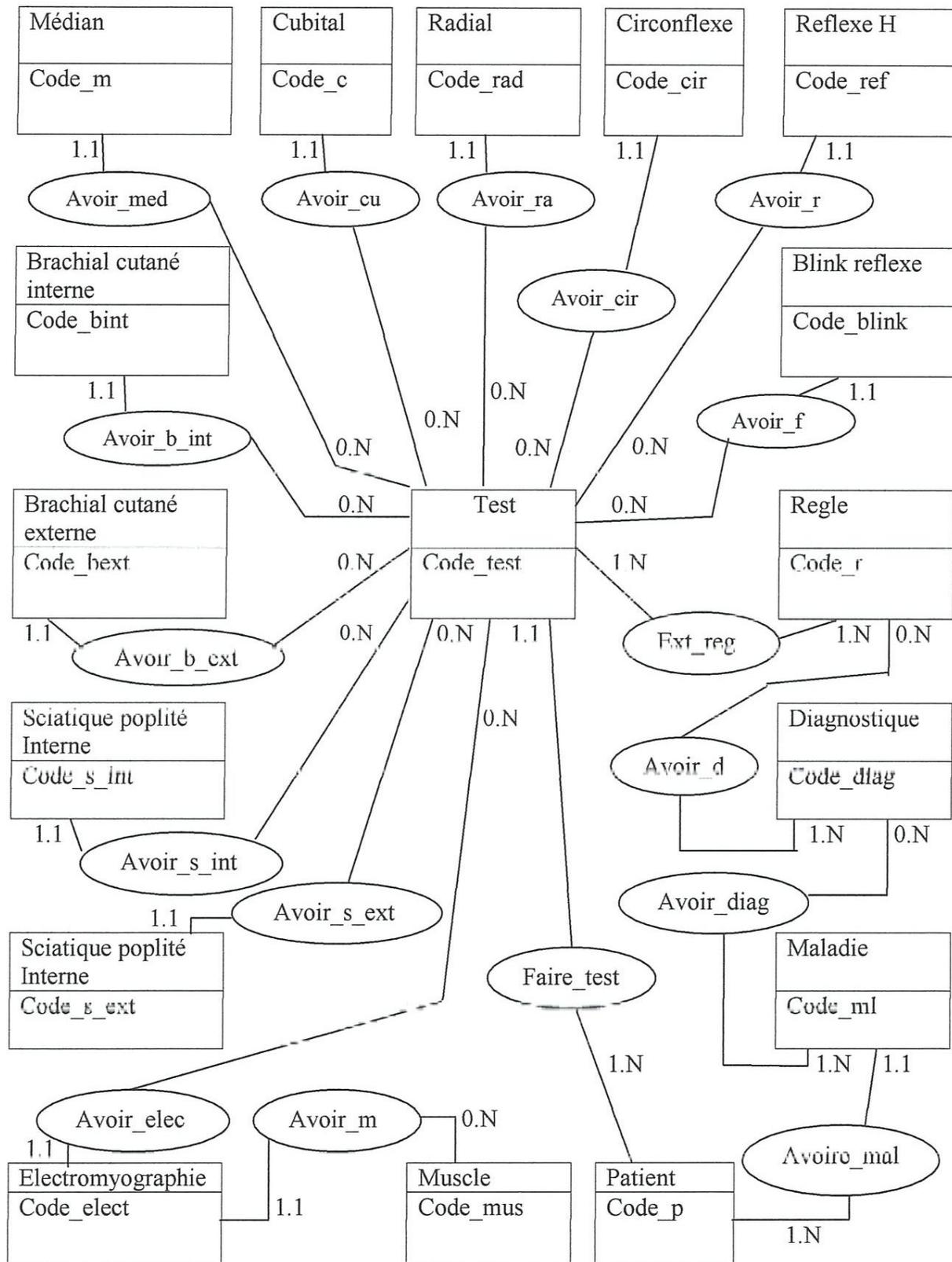


Figure 4.1 : Modèle conceptuel de données (MCD).

IV.3.2. Tableau des entités :

N	Table	Les champs	Désignation
01	Patient	Code_p (*) Nom Prénom Sexe dateN	Le code de patient Le nom de patient Le prénom de patient Le sexe de patient La date de naissance
02	Médian	Code_med (*) m_thenar_LDM m_thenar_F m_coude_poignet_VCM m_coude_poignet_A m_bras_coude_VCM m_bras_coude_A m_erb_bras_VCM m_erb_bras_A m_d1med_VCS m_d1med_A m_d2_VCS m_d2_A m_d3_VCS m_d3_A m_d4m_VCS m_d4m_A Cote	Code de nerf median Valeur de LDM au théнар Valeur de F au théнар Valeur de VCM au coude poignet Valeur de A au théнар Valeur de VCM au bras coude Valeur de A au bras coude Valeur de VCM à l'erb bras Valeur de A au à l'erb bras Valeur de VCS au doigt 1 Valeur de A au doigt 1 Valeur de VCS au doigt 2 Valeur de A au doigt 2 Valeur de VCS au doigt 3 Valeur de A au doigt 3 Valeur de VCS au doigt 4m Valeur de A au doigt 4m Côté (Droite ou Gauche)
03	Cubital	Code_c (*) c_thenar_LDM c_thenar_F c_coude_poignet_VCM c_coude_poignet_A c_sus_coude_VCM c_sus_coude_A c_bras_suscoude_VCM c_bras_suscoude_A c_erb_bras_VCM c_crb_bras_A c_d5_VCS c_d5_A c_d4c_VCS c_d4c_A Cote	Code de nerf cubital Valeur de LDM au théнар Valeur de F au théнар Valeur de VCM au coude poignet Valeur de A au coude poignet Valeur de VCM aux sus coude Valeur de A aux sus coude Valeur de VCM au bras sus coude Valeur de A au bras sus coude Valeur de VCM à l'erb bras Valeur de A à l'crb bras Valeur de VCS au doigt 5 Valeur de A au doigt 5 Valeur de VCS au doigt 4c Valeur de A au doigt 4c Côté (Droite ou Gauche)
04	Radial	Code_rad (*) r_d1rad_VCS r_d1rad_A Cote	Code de nerf radial Valeur de VCS au doigt 1 Valeur de A au doigt 1 Côté (Droite ou Gauche)

05	Circonflexe	Code_cir (*) cir_deltoide_LDM cir_deltoide_A Cote	Code de nerf circonflexe Valeur de LDM au deltoïde Valeur de A au deltoïde Côté (Droite ou Gauche)
06	Brachial cutané interne	Code_bint (*) bint_VCS bint_A Cote	Code de nerf brachial cutané interne Valeur de VCS au bint Valeur de A au brachial interne Côté (Droite ou Gauche)
07	Brachial cutané externe	Code_bext (*) bext_VCS bext_A Cote	Code de nerf brachial cutané externe Valeur de VCS au brachial externe Valeur de A au brachial externe Côté (Droite ou Gauche)
08	Muscle	Code_mus (*) Nom	Code de muscle Nom de muscle
09	Sciatique poplitée interne	Code_s_int (*) Sint_ldm Sint_f Sint_vcs Sint_a Cote	Code de nerf sciatique poplitée interne Valeur de LDM à la sciatique interne Valeur de F à la sciatique interne Valeur de VCS à la sciatique interne Valeur de A à la sciatique interne Côté (Droite ou Gauche)
10	Sciatique poplitée externe	Code_s_ext (*) sext_ldm sext_f sext_tete_vcm sext_tete_a sext_creu_vcm sext_creu_a sext_vcs sext_a Cote	Code de nerf sciatique poplitée externe Valeur de LDM à la sciatique externe Valeur de F à la sciatique externe Valeur de VCM à la tête péronier Valeur de A à la tête péronier Valeur de VCM au creux Valeur de A au creux Valeur de VCS à la branche Valeur de A à la branche Côté (Droite ou Gauche)
11	Reflexe II	Code_ref (*) ref_latence Cote	Code de nerf reflexe II Valeur de latence au reflexe Côté (Droite ou Gauche)
12	Règle	Code_rg (*) Regle Nom_regle Question	Code de règle Corps de la règle Nom de la règle La question
13	Blink reflexe	Code_blink (*) blink_r1 blink_r2_ipsi	Code de nerf blink reflexe Valeur de R1 au blink Valeur de R2 ipsi au blink

		blink_r2_contro Cote	Valeur de R2 contro au blink Coté (Droite ou Gauche)
14	Electromyographie	Code_elect (*) spontpld spontautre1 spontautre2 volont Cote	Code d'électromyographie Valeur pld d'activité spontané Valeur de signe particulier 1 Valeur de signe particulier 2 Valeur d'activité volontaire Coté (Droite ou Gauche)
15	Test	Code_test (*) Date_test Heure_test	Code de test Date de test Heure de test
16	Diagnostique	Code_diag (*) Nom_diag	Code de diagnostique Nom de diagnostique
17	Maladie	Code_ml (*) Compte_rendu Traitement Age Date	Code de maladie Compte rendu Traitement Age Date

Tableau 4.1 : liste des entités.

IV.4. La collecte de données:

Nous avons récupéré suite à de nombreuses interviews avec un spécialiste dans le domaine neurophysiologique, où les connaissances sont recueillies sur une longue période. Les phases principales de développement d'un SE sont présentées sur la figure 4.4. Dans un premier temps, nous avons établi le dialogue avec l'expert neurophysiologue pour but de cibler les connaissances. Ensuite, nous avons formalisé les connaissances explicites détenues par l'expert dans la base de connaissance. Enfin, l'expert évalue le SE et nous soumet ses critiques. Il y a une itération du processus jusqu'à ce que la performance du système soit jugée satisfaisante par l'expert comme le montre la figure suivante :

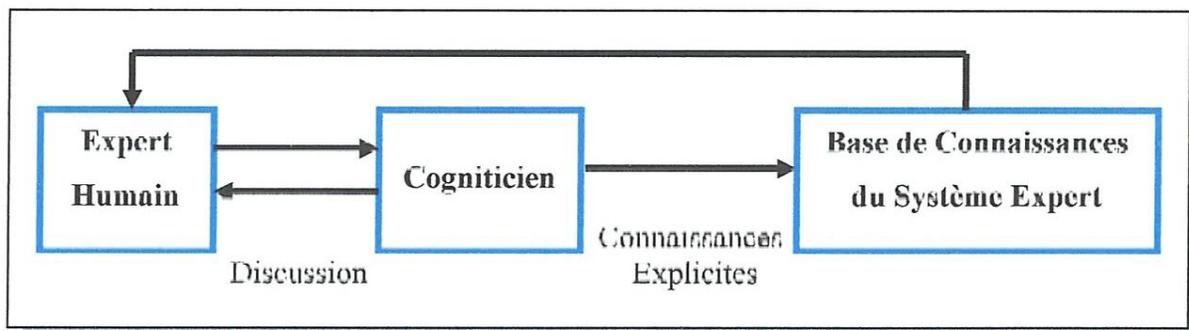


Figure 4.4: Développement d'un système expert.

IV.5. Architecture du système :

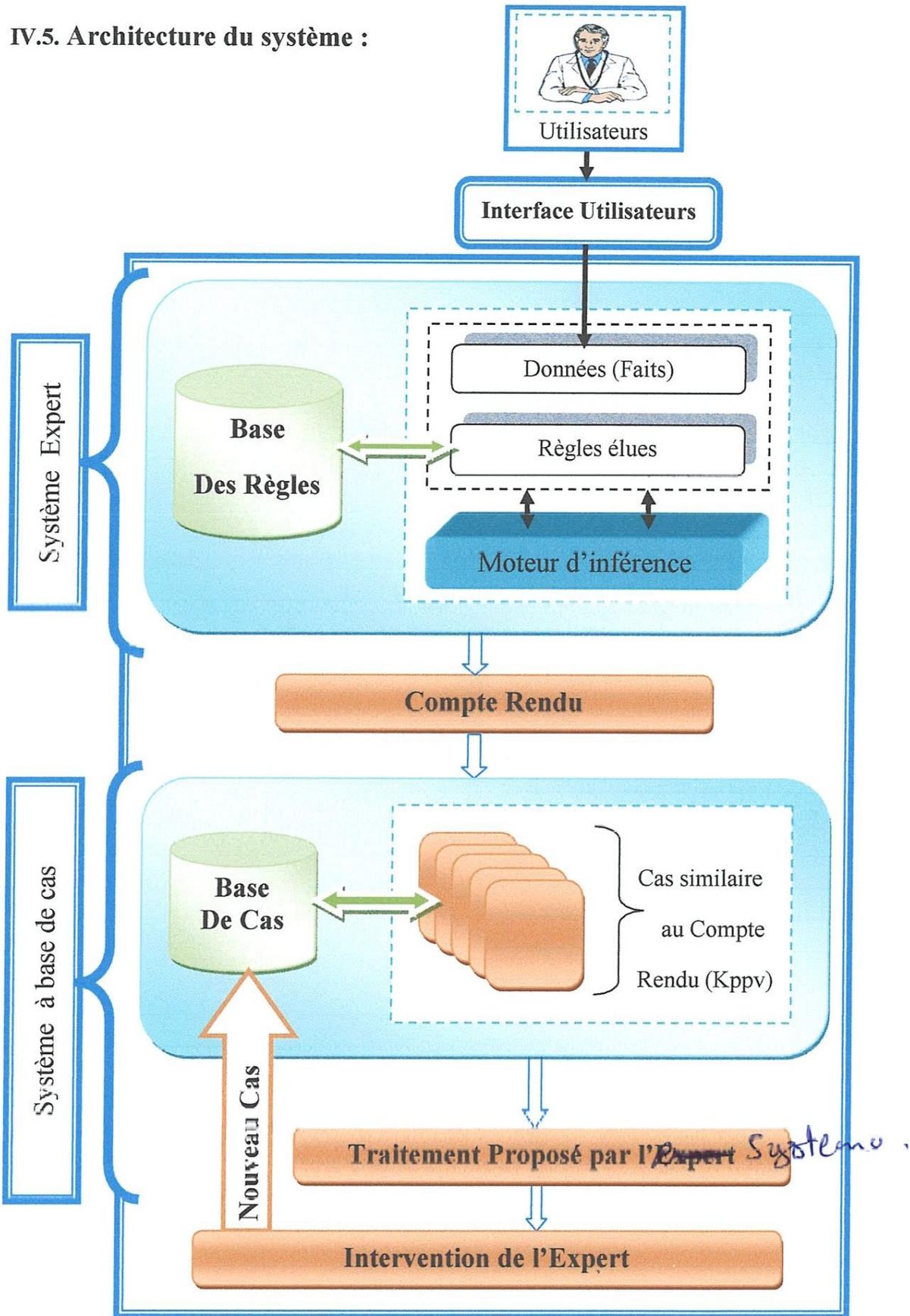


Figure 4.2 : Architecture générale du système.

Pour atteindre les objectifs du système, nous avons divisé notre système en deux phases principales.

- a- La première est le système expert qui se compose de son tour en deux parties: la base des connaissances (faits et règles) et le moteur d'inférence.
- b- La deuxième phase est un système à base de cas qui se composé d'une base de cas et le processus de recherche K plus proches voisins (Kppv).

IV.5.1. Le système expert :

L'utilisateur (médecin) remplit les différentes valeurs de contrôle appliquées aux nerfs et aux muscles selon ces derniers on va extraire les règles correspondantes. La base de faits contient les informations concernant le cas que l'on est entrain de traiter. Ce déroulement de système se fait comme nous l'avons montré dans le schéma suivant :

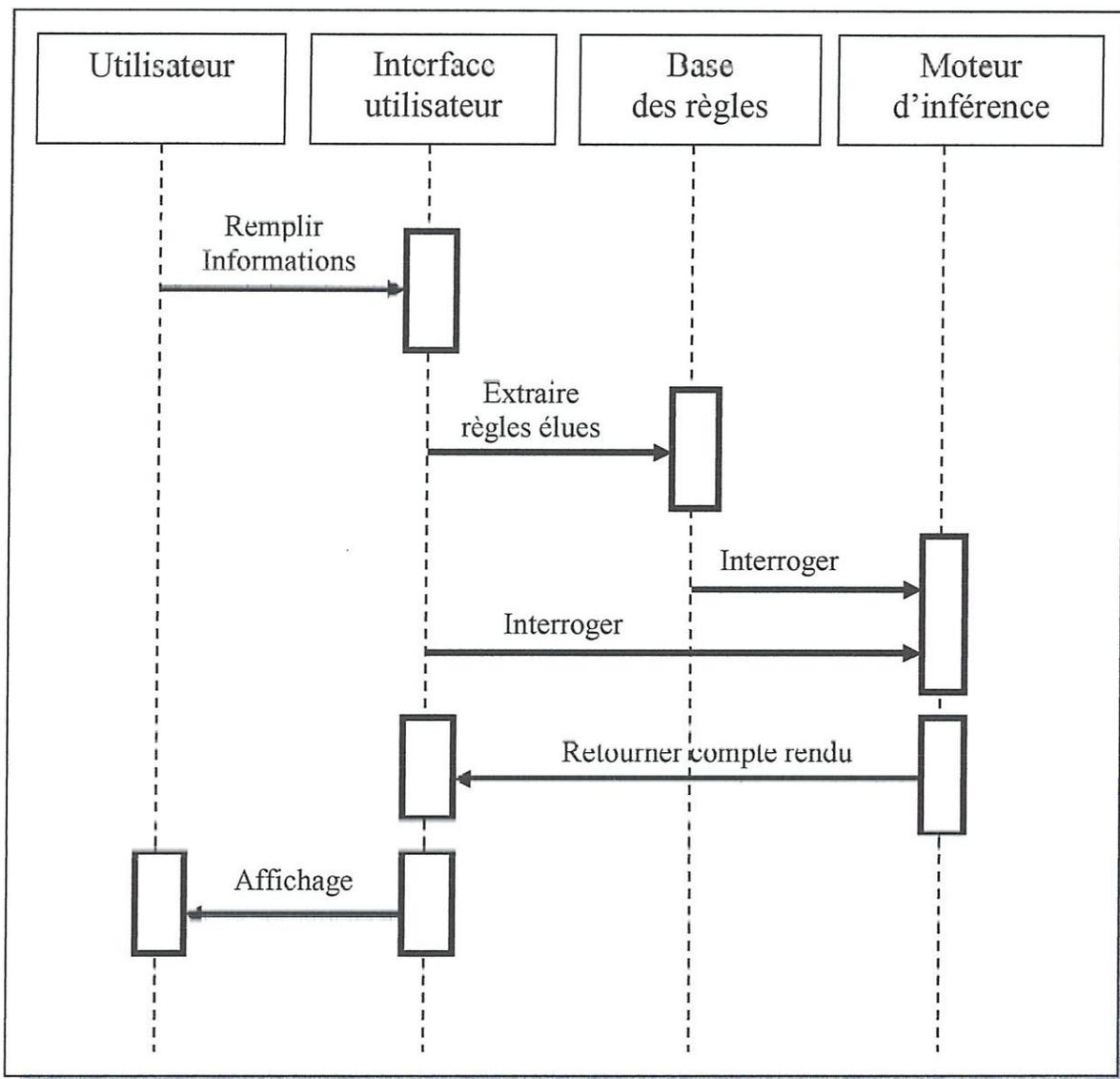


Figure 4.3 : Le déroulement du système expert.

IV.5.1.1. Présentation de la connaissance :

Le patient fait un examen composé de deux parties : une partie neurographique qui comporte de petites stimulations électriques et qui permet de tester les nerfs sensitifs et motrices. et une partie électromyographique teste directement les muscles, avec une aiguille très fine.

➤ La représentation des valeurs normal de tous les résultats possibles d'un teste de neurographie est présenté dans les tableaux (4.2 et 4.3), un pour la conduction motrice et l'autre pour la conduction sensitive sur le nerf médian, et pour d'autres valeurs normales (voir l'index A).

Etude de la conduction motrice				
Thénar	LDM (ms)	<3.9	F (ms)	<30
Coude-poignet	VCM (m/s)	>50	A (mV)	>7
Bras-coude	VCM (m/s)	>50	A (mV)	>7
Erb –bras	VCM (m/s)	>50	A (mV)	>7

Tableau 4.2 : Représentation de la conduction motrice.

Etude de la conduction sensitive				
DImed	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>20
DII	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>15
DIII	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>17
DIVm	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>4

Tableau 4.3 : Représentation de la conduction sensitive.

➤ Toutes les valeurs possibles des résultats de test d'électromyographie (EMG) sont représentées dans un tableau 4.4. L'exemple suivant montre cette représentation sur le muscle court abducteur du pouce:

EMG à aiguille muscle : court abducteur du pouce		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau 4.4 : Représentation de toutes les valeurs possibles d'EMG.

IV.5.1.2. Codification des connaissances :

Dans ce qui suit nous présentons la codification proposé pour les faits et les règles de notre système expert.

a- Codification des faits :

Un fait est une proposition logique dont on connaît la valeur de vérité (Vrai ou Fausse) et qui décrit une valeur ou une situation donnée.

Pour simplifier, on utilise des prédicats pour représenter des faits au lieu de langage naturel. Un fait est donc composé d'un prédicat avec leur valeur. Par exemple, le fait sous forme de langage naturel :

- « La valeur du LDM au niveau du thénar est 4 » sera présenté par :

thenar_median_ldm(4).

- « La valeur du VCS au niveau du doigt un est 49 » sera présenté par :

d1med_vcs(49).

- « Le signal d'activité volontaire (EMG) au niveau du muscle court abducteur du pouce est riche » sera présenté par :

vol_emg_court_abducteur_du_pouce(riche).

Avec « *thenar_median_ldm* », « *d1med_vcs* », « *vol_emg_court_abducteur_du_pouce* » comme prédicat, et 4, 31, riche comme ses valeurs.

b- Codification des règles:

Une règle est un opérateur de transformation de la base des faits (BF). Elle peut être appliquée à un ensemble de faits pour déduire de nouveaux faits et les ajouter à la base des faits. Sa forme générale est :

« **SI** conjonction de conditions **ALORS** conclusion ».

- La conjonction de conditions, comprise entre **Si** et **Alors**, est appelée les prémisses ou le déclencheur de la règle.

- La conclusion, qui est après **Alors**, est aussi appelée le corps de la règle.

- En formalisme logique, en notant les conditions C_1, \dots, C_n , on écrit une règle ainsi :

$$C_1 \wedge \dots \wedge C_n \Rightarrow [\text{Fait} = \text{valeur}]$$

- En langage Prolog, la notation est en général :

$$[\text{Fait} = \text{valeur}] \quad :- \quad C_1, \dots, C_n$$

Ou

$$[\text{Fait} = \text{valeur}] \quad \vdash \quad C_1, \dots, C_n$$

Déclencher une règle consiste à remplacer ses prémisses par sa conclusion (en chaînage avant), ou sa conclusion par ses prémisses (en chaînage arrière).

Dans notre travail chaque règle fournie par l'expert est rédigée de telle sorte qu'elle retourne des résultats vrai ou bien faux, si pour ça nous avons représenté la plupart des règles sous la forme : (**Si** la condition est vérifiée **Alors** retourner « vrai » **Sinon** retourner « faux »).

Exemple : $\text{Si } (X > 0)$

Alors $Y = \text{vrai}$

Sinon $Y = \text{faux}$.

Sera représenté en prolog par : $R(X, Y) : X > 0 \rightarrow (Y = \text{true} ; Y = \text{false})$.

- « La valeur du LDM au niveau du thénar est normale si elle est inférieure ou égal à 3.9. » sera représenté par :

$\text{thenar_median_normal_ldm}(Z, A) :- \text{thenar_median_ldm}(Z), (Z < 3.9 \rightarrow A = \text{true}; A = \text{false})$.

- « La valeur du VCS au niveau du pouce (doigt un) est normale si elle est supérieure ou égal à 50. » sera représenté par :

$\text{d1med_normal_vcs}(Z, A) :- \text{d1med_vcs}(Z), (Z \geq 50 \rightarrow A = \text{true}; A = \text{false})$.

- Dans l'EMG du court abducteur du pouce, si le signal « d'activité spontanée » est « riche » ou bien « trop riche » et « le signe particulier » est « négatif », « le signal d'activité volontaire » est « pauvre accélérée » ou bien « absence d'activité » alors on a vérifié l'une des conductions qui vérifient l'existence de la maladie « atteinte axonale du nerf médian au niveau du canal carpien ».

$\text{regle_emg_du_court_abducteur}(A, B, C, D) :- \text{pld_emg_court_abducteur}(A),$
 $\text{autre_emg_court_abducteur}(B), \text{vol_emg_court_abducteur}(C), ((A = \text{riche}; A = \text{trop riche}),$
 $B = \text{négatif}, (C = \text{pauvre accélérée}; C = \text{absence d'activité}) \rightarrow D = \text{true}; D = \text{false})$.

IV.5.1.3. Moteur d'inférence :

Comme on a vu dans le deuxième chapitre le moteur d'inférence est un programme qui met en œuvre un mécanisme d'interprétation des connaissances, le fonctionnement de moteur d'inférence dépend principalement de formalisme de représentation des connaissances.

Le mode d'inférence qui nous avons utilisé est le chaînage arrière, ce mode consiste à considérer notre but comme une hypothèse à vérifier appliquant les règles qui conduisent à ce but.

Notre moteur d'inférence considère les différentes valeurs obtenues au test de la neurographie et les différents signaux enregistrés dans l'appareil d'EMG comme des faits et essaye de trouver la maladie. Une maladie est vérifiée si et seulement si toutes ses conditions sont vérifiées comme représente la *Figure 4.5*.

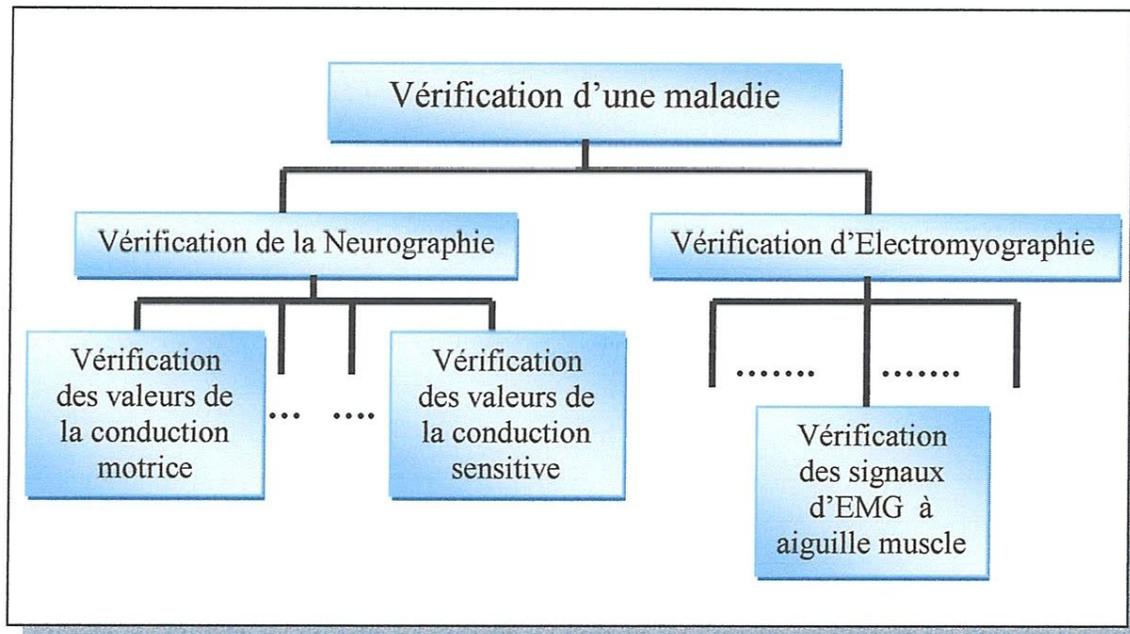


Figure 4.5 : Fonctionnement de moteur d'inférence.

IV.5.2. Système à base de cas :

Dans le SBC, lorsqu'un nouveau cas (NC) est arrivé (les maladies) le système recherche des cas similaires au NC et propose les cas plus proches à travers un calcul de degré de similarité. L'utilisateur choisit l'un de ces cas et l'adapte comme une solution, cette dernière est ajoutée à la base de cas. Le déroulement de système se fait comme nous l'avons montré dans le schéma suivant :

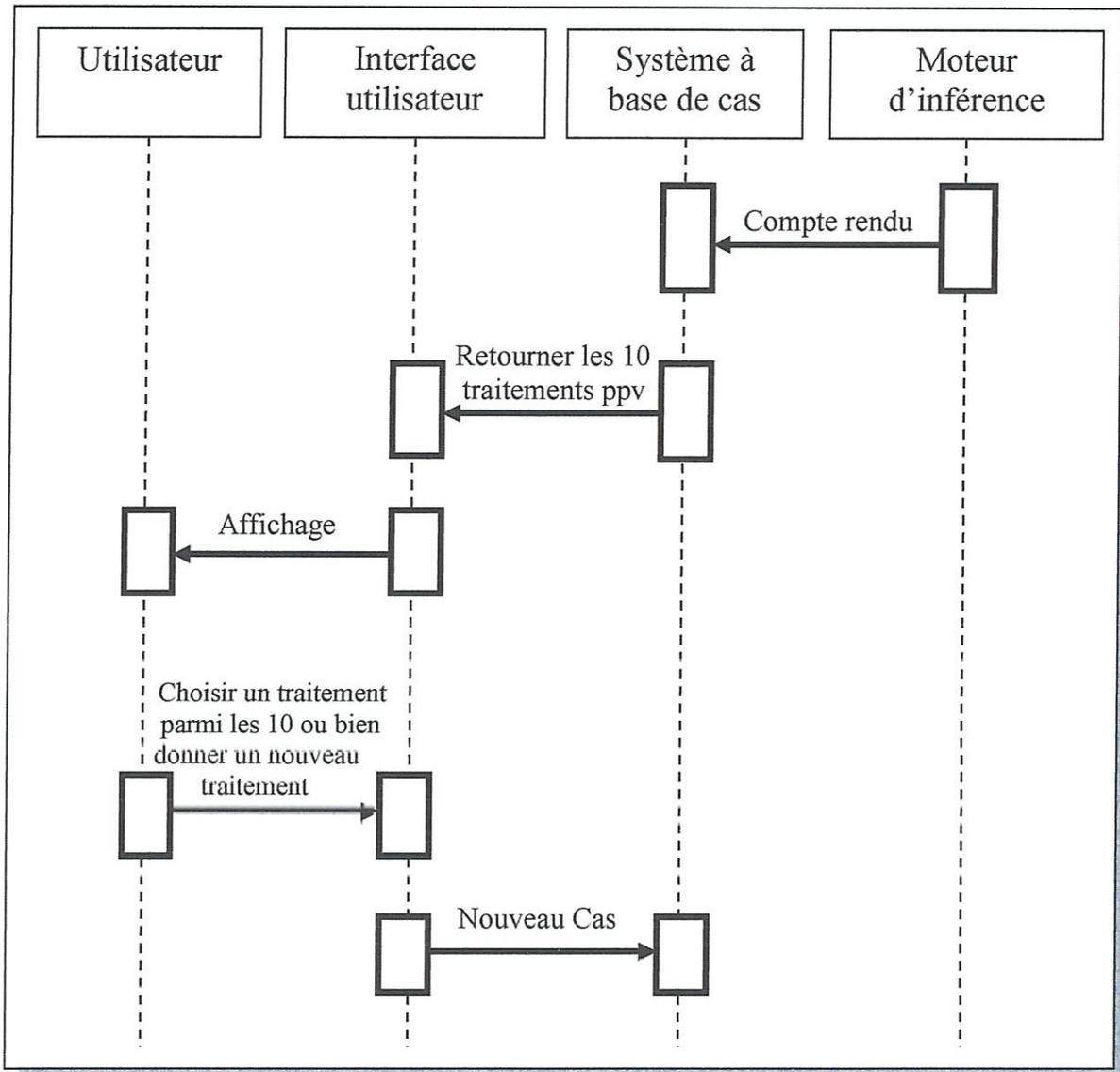


Figure 4.6: Le déroulement du système à base de cas.

L'approche des plus proches voisins :

La méthode des plus proches voisins compare le nouveau cas NC (le compte rendu) du patient avec l'ensemble des cas préenregistré dans la base de cas afin d'associer un score à chacun d'eux. Ce score est utilisé pour classer les cas par ordre de similarité afin de retourner le ou les cas les plus similaires. L'algorithme général de recherche passe par plusieurs étapes .

a) Extraire l'ensemble S de tout les cas de la base de cas, c'est-à-dire pour chaque cas $C \in S$ il faut extraire les attributs que nous allons utiliser : Les différentes maladies avec leurs pourcentages, l'âge et le sexe du patient. Soit A l'ensemble de ces attributs.

b) Pour chaque attribut $a \in A$, une fonction de similarité dimensionnelle $U_a(NC_a, C_a)$ est calculée, où NC_a représente la valeur de l'attribut a dans NC et C_a la valeur dans C.

$$U_a(NC_a, C_a) = \left(1 - \frac{d(v1, v2)}{100}\right) \times P.$$

- La fonction de similarité dimensionnelle $U_a(NC_a, C_a)$ dépend du type de l'attribut a et leur pourcentage P que nous avons mis dans notre étude.

Attribut	Pourcentage P
Maladie	70 %
Age	25 %
Sexe	5 %

Tableau 4.5 : Représentation de pourcentage proposé de chaque attribut.

Remarque : si le patient a plusieurs maladies (n), le pourcentage P (70%) sera divisé au nombre de maladies : $P = \frac{70}{n}$

e) Un degré de similarité global $S(NC_a, C_a)$ est déterminé en pondérant les degrés de similarités dimensionnels. Souvent,

$$S(NC_a, C_a) = \sum_{a \in A} U_a(NC_a, C_a).$$

d) Classer les degrés de similarité et retourner le ou les cas (traitements) les plus similaires à NC.

❖ **Exemple 1:**

Attribut	NC_a	C_a	$U_a(NC_a, C_a)$
Pourcentage de la maladie	50 %	70%	$\left(1 - \frac{ 50 - 70 }{100}\right) \times 70 = 56$
Age	45	30	$\left(1 - \frac{ 45 - 30 }{100}\right) \times 25 = 21,25$
Sexe	Homme	Homme	----

Tableau 4.6 : Exemple 1 de calcul de fonction de similarité dimensionnelle.

Le degré de similarité $S(CR_a, C_a)$ est :

$$S(CR_a, C_a) = 49 + 21,25 + 5 = 75,25.$$

Exemple2 :

Attribut	NC _a	C _a	U _a (NC _a , C _a)
Pourcentage de la maladie 1	50 %	91%	$\left(1 - \frac{ 50 - 91 }{100}\right) \times 23,33 = 13,76$
Pourcentage de la maladie 2	84 %	60%	$\left(1 - \frac{ 84 - 60 }{100}\right) \times 23,33 = 17,73$
Pourcentage de la maladie 2	95 %	70%	$\left(1 - \frac{ 95 - 70 }{100}\right) \times 23,33 = 17,49$
Age	65	30	$\left(1 - \frac{ 65 - 30 }{100}\right) \times 23,33 = 15,16$
Sexe	Femme	Homme	----

Tableau 4.7: Exemple 2 de calcul de fonction de similarité dimensionnelle.

Le degré de similarité $S(CR_a, C_a)$ est :

$$S(CR_a, C_a) = 13,76 + 17,73 + 17,49 + 15,16 = 64,14.$$

IV.6. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté une vue globale sur la conception de notre système. Nous avons commencé par les objectifs à atteindre. Puis, nous avons montré la structure de notre base de données et l'architecture générale du système proposé.

Enfin, nous avons détaillé le déroulement de deux parties principales que nous avons suivi qui sont le système expert (La codification des connaissances, le fonctionnement de moteur d'inférence) et le système à base de cas.

Dans le chapitre suivant nous allons présenter l'implémentation de notre système qui sert à faciliter le diagnostic des maladies neurophysiologiques.



chapitre V

Implémentation du système



V.1. Introduction :

En informatique, l'implémentation désigne la création d'un produit fini à partir d'un document de conception ou de spécification. Elle doit répondre à des contraintes (les performances, la fiabilité, etc.) qui lui sont propres, et ne sont généralement pas toutes explicites dans les documents précités.

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'implémentation de notre système, on commençant par la définition des différents outils de programmation utilisés pour atteindre les objectifs du système, puis nous présentons les différentes interfaces.

V.2. Les Plates formes :

Pour la réalisation d'un système expert on avait besoin des outils de développement, nous avons choisi le langage de programmation JAVA pour implémenter notre système, MySQL pour la mise en place de la base des données et la bibliothèque JPL qui représente un langage prolog pour JAVA en utilisant l'environnement Eclipse.

V.2.1. Java :

C'est un langage de programmation développé par Sun Microsystems, similaire aux langages C et C++, mais qui force une programmation orientée objet et une structure de classes [HMJ05].

Java sert à développer des applications qui peuvent s'exécuter sur tous les types de machines, car il s'agit d'une machine virtuelle. Java est un langage de programmation simple, orienté objet, distribué, interprété, robuste, sécurisé, neutre de l'architecture, portable de haute performance, multithread, dynamique, ayant compilateur à la mode.

V.2.2. Eclipse :

Les programmeurs travaillent généralement dans ce qu'on appelle un environnement de développement intégré (Integrated Development Environment ou IDE). On peut y écrire, compiler et exécuter les programmes. Un IDE fournit aussi un utilitaire d'Aide qui décrit tous les éléments du langage et te permet de trouver et de corriger plus facilement les erreurs dans tes programmes. Alors que la plupart des IDE sont très chers, il en existe un excellent, gratuit, et très facile à utiliser c'est Eclipse [Fai05].

Eclipse est un environnement de développement intégré dont le but est de fournir une plate-forme modulaire pour permettre de réaliser des développements informatiques. I.B.M. est à l'origine du développement d'Eclipse qui est d'ailleurs toujours le cœur de son outil WSW, lui-même à la base de la famille des derniers outils de développement en Java

d'I.B.M. Tout le code d'Eclipse a été donné à la communauté par I.B.M afin de poursuivre son développement [Del08].

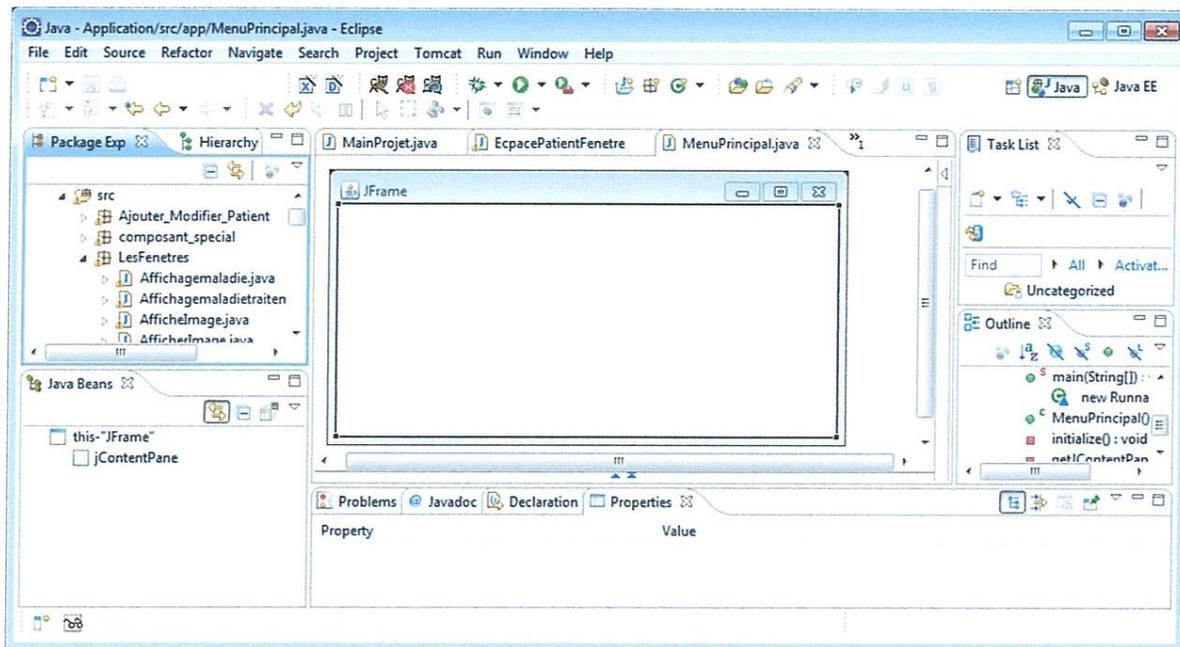


Figure 5.1 : Création des interfaces graphiques avec éclipse.

V.2.3. Langage prolog pour JAVA:

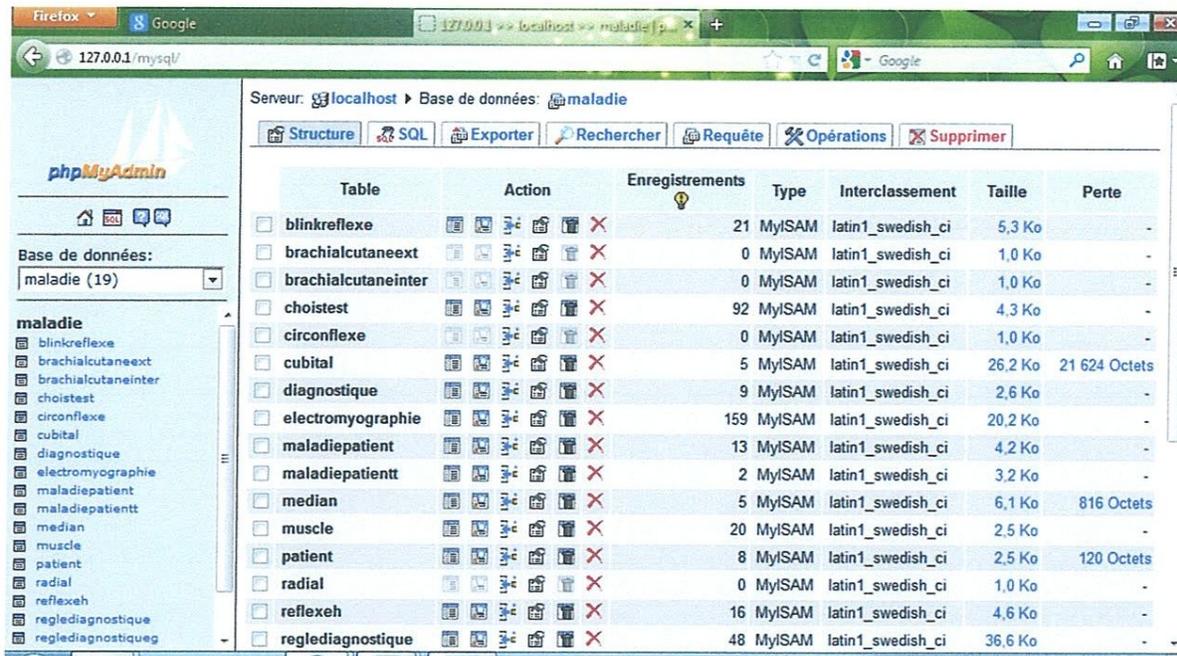
PROLOG est un langage de programmation informatique qui utilise un mode de programmation dit logique.

JPI, est une bibliothèque utilisant l'interface extérieure SWI-Prolog et l'interface native Java(JNI) fournissant une interface bidirectionnelle entre Java et Prolog qui peut être utilisé pour incorporer Prolog en Java, ainsi que pour l'enrobage Java en Prolog. Dans les deux configurations, il fournit une interface bidirectionnelle réentrante [Web19].

V.2.4. Définition officielle de MySQL :

MySQL est un système de gestion de bases de données relationnelles. Le SQL dans "MySQL" signifie "Structured Query Langage" : le langage standard pour les traitements de bases de données.

MySQL est Open Source. Open Source (Standard Ouvert) signifie qu'il est possible à chacun d'utiliser et de modifier le logiciel. Tout le monde peut le télécharger sur Internet et l'utiliser sans payer aucun droit. Toute personne en ayant la volonté peut étudier et modifier le code source pour l'adapter à ses besoins propres [Sou06].



Server: localhost | Base de données: maladie

Structure SQL Exporter Rechercher Requête Opérations Supprimer

Table	Action	Enregistrements	Type	Interclassement	Taille	Perte
<input type="checkbox"/> blinkreflexe		21	MyISAM	latin1_swedish_ci	5,3 Ko	-
<input type="checkbox"/> brachialcutaneext		0	MyISAM	latin1_swedish_ci	1,0 Ko	-
<input type="checkbox"/> brachialcutaneinter		0	MyISAM	latin1_swedish_ci	1,0 Ko	-
<input type="checkbox"/> choistest		92	MyISAM	latin1_swedish_ci	4,3 Ko	-
<input type="checkbox"/> circonflexe		0	MyISAM	latin1_swedish_ci	1,0 Ko	-
<input type="checkbox"/> cubital		5	MyISAM	latin1_swedish_ci	26,2 Ko	21 624 Octets
<input type="checkbox"/> diagnostique		9	MyISAM	latin1_swedish_ci	2,6 Ko	-
<input type="checkbox"/> electromyographie		159	MyISAM	latin1_swedish_ci	20,2 Ko	-
<input type="checkbox"/> maladiepatient		13	MyISAM	latin1_swedish_ci	4,2 Ko	-
<input type="checkbox"/> maladiepatientt		2	MyISAM	latin1_swedish_ci	3,2 Ko	-
<input type="checkbox"/> median		5	MyISAM	latin1_swedish_ci	6,1 Ko	816 Octets
<input type="checkbox"/> muscle		20	MyISAM	latin1_swedish_ci	2,5 Ko	-
<input type="checkbox"/> patient		8	MyISAM	latin1_swedish_ci	2,5 Ko	120 Octets
<input type="checkbox"/> radial		0	MyISAM	latin1_swedish_ci	1,0 Ko	-
<input type="checkbox"/> reflexeh		16	MyISAM	latin1_swedish_ci	4,6 Ko	-
<input type="checkbox"/> reglediagnostique		48	MyISAM	latin1_swedish_ci	36,6 Ko	-

Figure 5.2: MySQL.

V.3. Implémentation de système :

Nous présentons le fonctionnement de notre système étape par étape, nous commençons par la fenêtre d'accueil de l'application qui permet d'accéder aux autres fenêtres.



Système Expert d'aide au diagnostic des maladies neurophysiologiques

Fichier Affichage Aide ?

Système Expert d'Aide Au Diagnostic Des Maladies Neurophysiologiques

Dimanche 19/5/2013

Recherche Patient :

Número : Recherche ID

Nom : Prénom : Recherche info

Information de Patient :

Nom : Benhamdi
Prénom : Salim karim
Sexe : l'homme
Age : 29 ans

Les patients :

N°	Nom	Prénom	Sexe	Date Naissance
1	Benhamdi	Salim karim	Homme	1983-09-01
2	Hasnawi	Walid	Homme	1992-08-01
3	Medour	Salah	Homme	1997-11-04

Buttons: Ajouter Patient, Modifier/Sup Patient, Nouveau Test, Modifier Dernier Test, Consultation

Figure 5.3 : Fenêtre d'accueil du système.

Notre système est composé en trois parties : une partie pour les informations personnelles des patients, la deuxième partie concernant les tests, la troisième pour la consultation des tests déjà fait.

V.3.1. les informations personnelles des patients :

Le médecin est responsable de la gestion des patients. Il peut faire l'ajout, la modification, la suppression, la recherche de chacun d'eux.

V.3.1.1. Recherche du patient :

La fenêtre d'accueil permet à l'utilisateur de faire une recherche simple par numéro ou bien par nom et prénom du patient et s'il ne trouve pas ce dernier il affiche un message que ce patient n'existe pas.

The screenshot shows a software window titled "Système Expert d'aide au diagnostic des maladies neurophysiologiques". The interface includes a menu bar with "Fichier", "Affichage", and "Aide?". Below the title bar, the date "Dimanche 19/5/2013" is displayed. On the left side, there are several buttons: "Ajouter Patient", "Modifier/Sup Patient", "Nouveau Test", "Modifier Dernier Test", and "Consultation". The main area is divided into sections for patient search and information.

Recherche Patient :

Numéro :

Nom : Prénom :

Information de Patient :

Nom : Hasnawi
Prénom : Walid
Sexe : Homme
Age : 20 ans

Les patients :

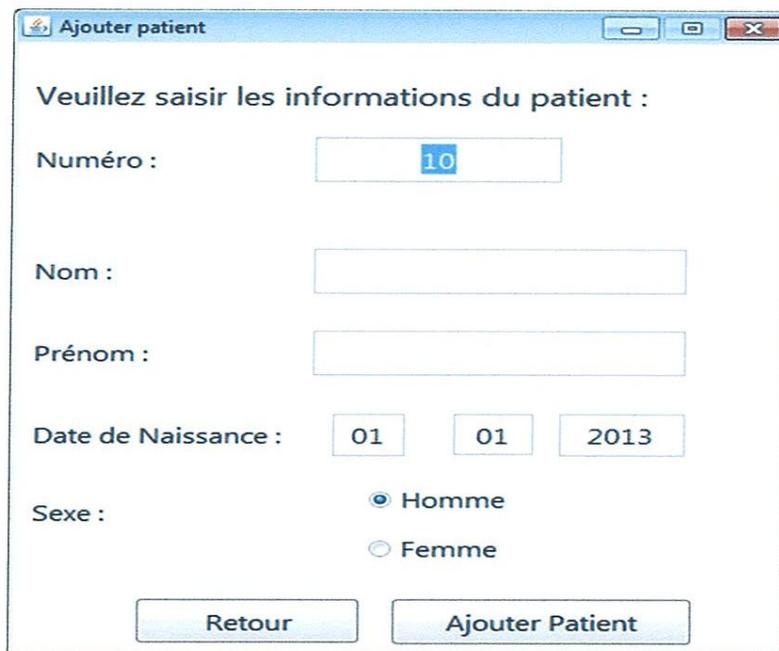
N°	Nom	Prénom	Sexe	Date Naissance
1	Hasnawi	Walid	Homme	1992-08-01

Figure 5.4 : La recherche d'un patient.

V.3.1.2. L'ajout d'un patient :

En appuyant sur «Ajouter Patient», l'utilisateur peut ajouter un nouveau patient. Dans cette fenêtre, le numéro du patient incrémente automatiquement, il faut donner le nom, prénom, date de naissance et le sexe :

- Le bouton « Ajouter Patient » permet d'ajouter le patient.
- Le bouton « Retour » permet de retourner à la fenêtre principale.



Ajouter patient

Veuillez saisir les informations du patient :

Numéro :

Nom :

Prénom :

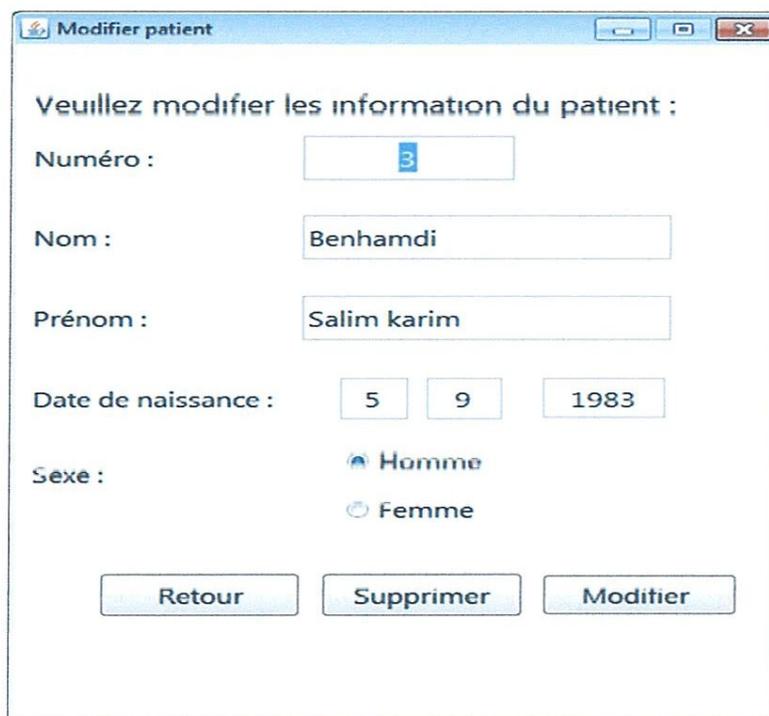
Date de Naissance :

Sexe : Homme
 Femme

Figure 5.5 : Ajout d'un nouveau patient.

V.3.1.3. La modification ou suppression d'un patient :

En appuyant sur « Modifier/Sup Patient », l'utilisateur aura le droit de modifier les différentes informations du patient ou bien le supprimer.



Modifier patient

Veuillez modifier les information du patient :

Numéro :

Nom :

Prénom :

Date de naissance :

Sexe : Homme
 Femme

Figure 5.6 : Modification d'un patient.

Les informations concernant le patient sont affichées dans cette fenêtre, et l'utilisateur peut les modifier et faire un clic sur le bouton « Modifier ». Tandis que l'appui sur le bouton « Supprimer » permet de supprimer ce patient et « Retour » pour retourner à la fenêtre principale.

V.3.2. Test neurophysiologique :

La deuxième partie de système c'est la plus importante, elle permet aux spécialistes de faire un nouveau test au patient ou bien de modifier le dernier test.

V.3.2.1. Nouveau Test :

En revenant à la fenêtre d'accueil, en appuyant sur le bouton « Nouveau Test », une fenêtre s'affiche pour nous indiquer aux étapes nécessaires pour le test du patient qu'on a ajouté ou bien le recherché.



Figure 5.7 : Fenêtre principale de nouveau test.

Le test est composé en deux parties, partie neurographie et partie électromyographie. Tous d'abord, il faut commencer par le test de neurographie puis le test d'électromyographie.

V.3.2.1.1. Test Neurographique :

En appuyant sur « Neurographie », dans la fenêtre présidente (*figure 5.7*) l'utilisateur aura le droit de cliquer sur les différents membres du corps humain pour obtenir la liste des nerfs associée à chaque membre.

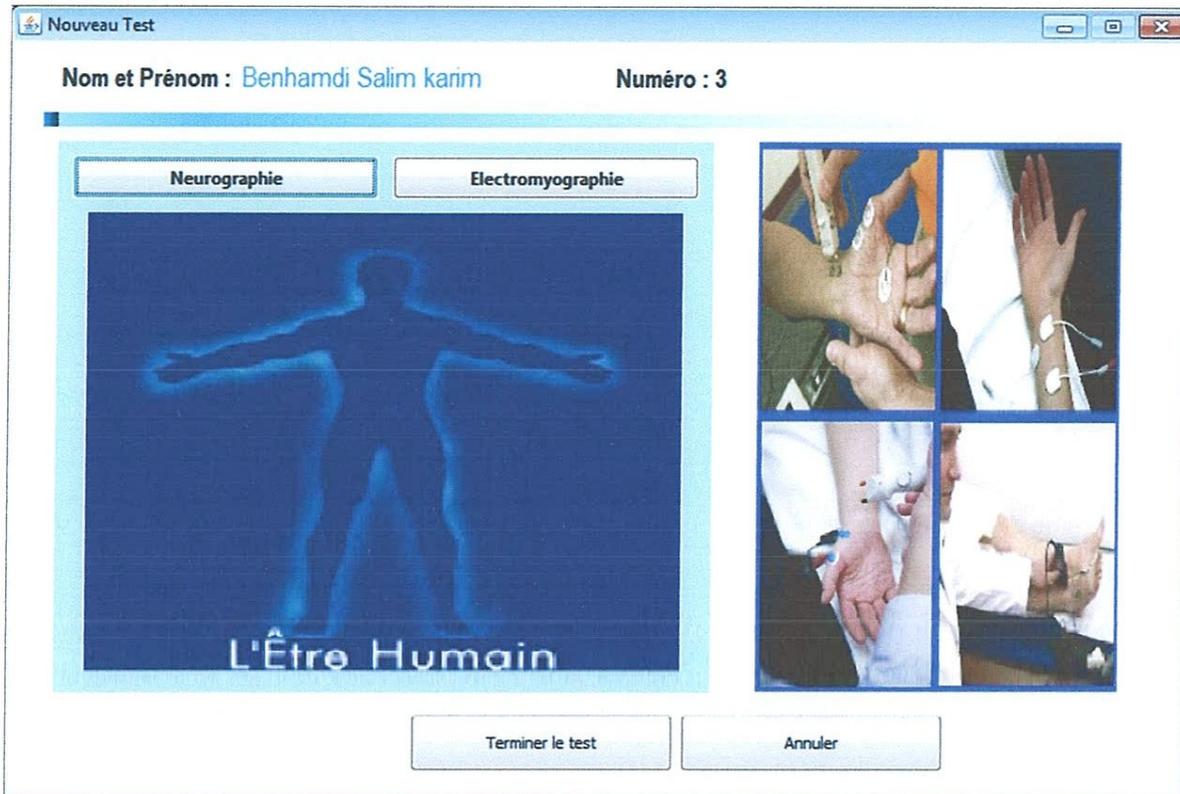


Figure 5.8 : Fenêtre principale du test de neurographie.

Si l'utilisateur appuie sur la main droite la liste des nerfs associée à ce membre apparaît, il suffit de cliquer sur l'un de ses nerfs une fenêtre s'affiche comme le montre les deux figures suivantes (*figure 5.9, figure 5.10*).

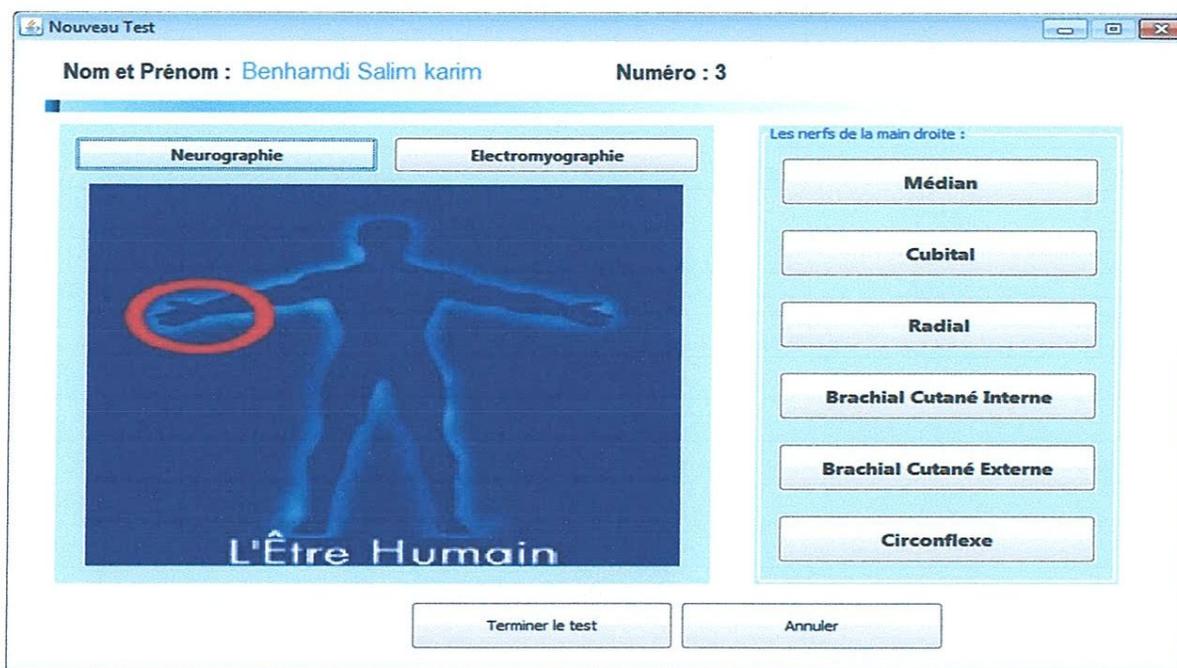


Figure 5.9: Fenêtre des nerfs de la main droite.

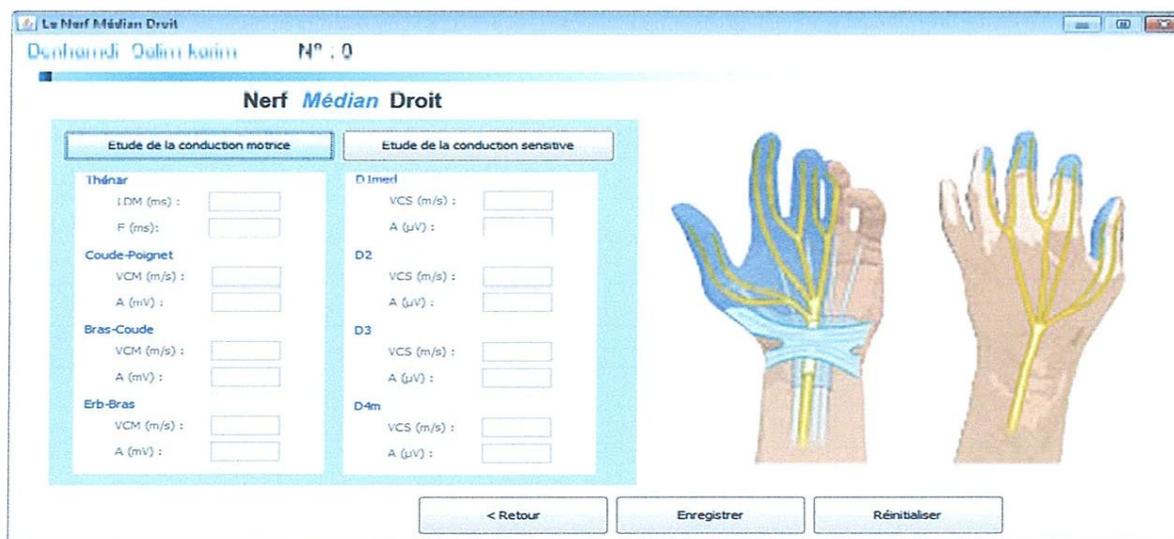


Figure 5.10 : Fenêtre du nerf médian droit.

Dans cette fenêtre le médecin remplit les différentes valeurs de la conduction motrice et sensitive puis appuyé sur « Enregistrer » pour enregistré ces valeurs.

Lorsque le médecin termine la partie du test de neurographie, c'est à dire, remplir tous les valeurs concernant les nerfs choisi pour le test du patient, il passe à la deuxième partie qui est l'électromyographie.

V.3.2.1.2. Test électromyographique :

En appuyant sur «Electromyographie», dans la fenêtre principale de nouveau test (figure 5.7) l'utilisateur aura le droit de cliquer sur les différentes membres du corps humain pour obtenir la liste des muscles associe à chaque membre.

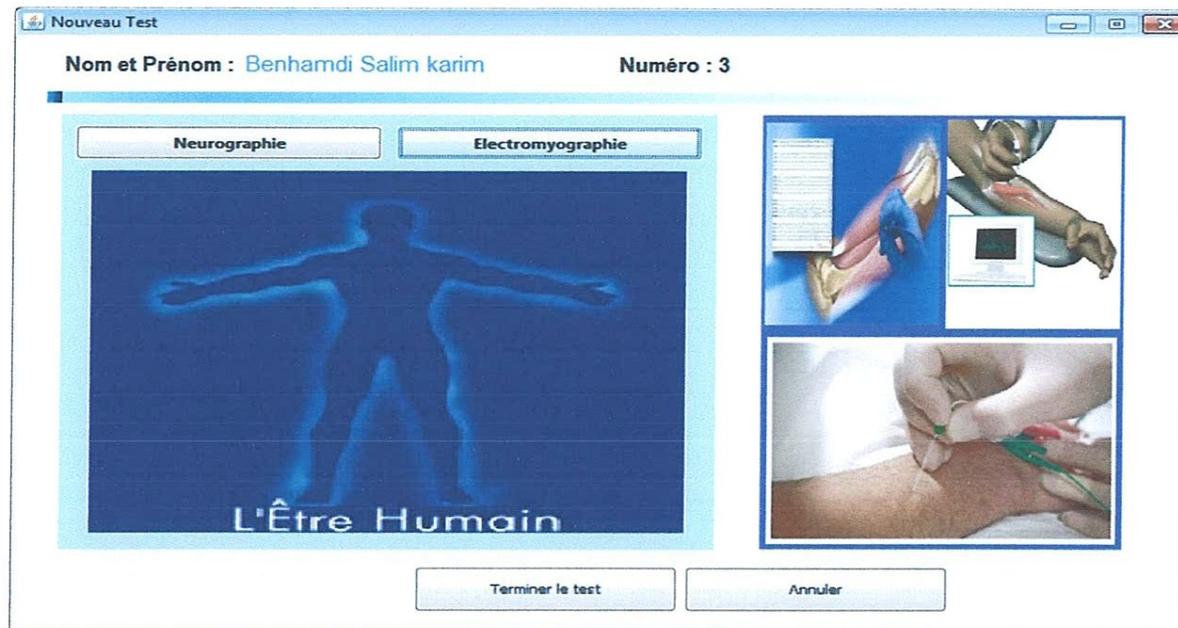


Figure 5.11 : La fenêtre principale du test d'électromyographie.

Si l'utilisateur appuyer sur la main droite la liste des nerfs assoie à ce membre apparaisse, il suffit de cliquer sur l'un de ses muscles une fenêtre s'affiche comme montre les deux figures (5.12 et 5.13):



Figure 5.12 : La fenêtre des muscles de la main droite.

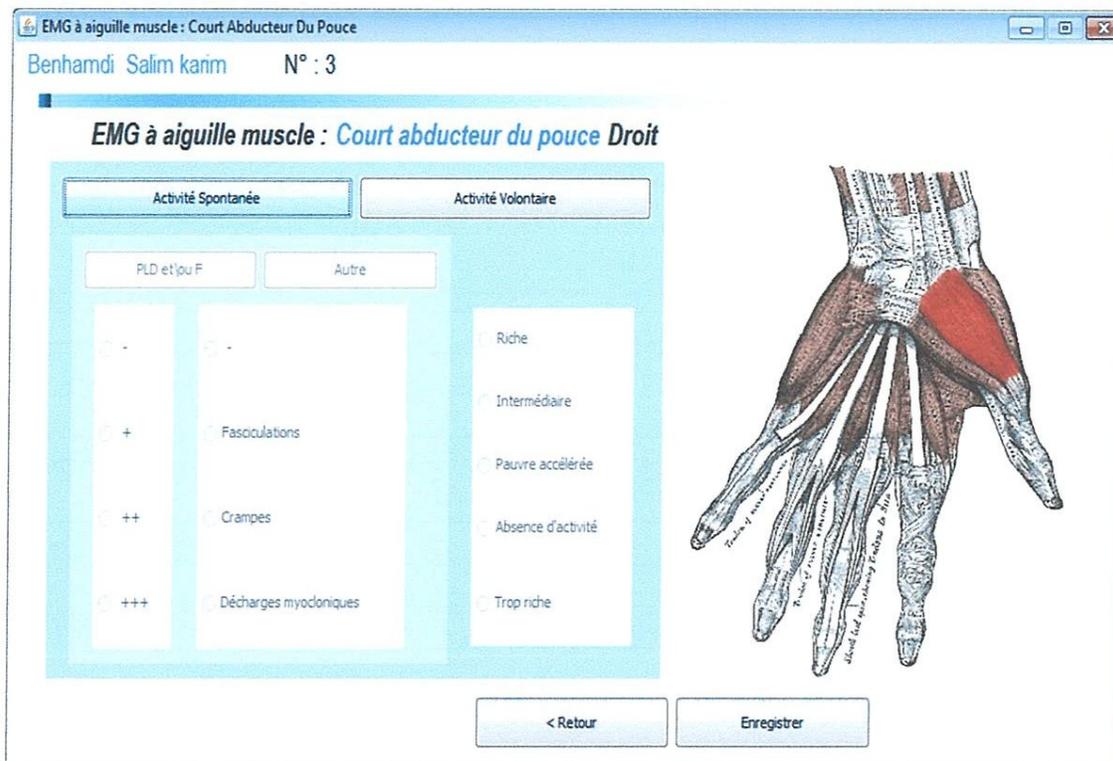


Figure 5.13 : Fenêtre du muscle court abducteur du pouce droit.

Dans cette fenêtre le médecin a le droit de choisir les valeurs des signaux qu'apparaissent dans l'appareille d'EMG associée au patient qui fait le test. Le bouton « Enregistrer » permet d'enregistrer les signaux choisis.

Lorsque le médecin termine la partie du test d'électromyographie, c'est-à-dire choisir tous les signaux concernant les muscles piqués par aiguille pour le test du patient, il passe à l'affichage des maladies qui apparaissent au patient avec leurs pourcentages.

V.3.2.1.3 L'affichage des maladies :

En appuyant sur « Terminer le Teste » dans la fenêtre principale de nouveau test, l'utilisateur aura le droit de terminer le test. Une fenêtre apparaisse et montre le compte rendu du test, en affichant le pourcentage d'avoir le syndrome pour chaque maladie détecté, comme le montre la figure suivante :

Resultat du Test

Nom et Prénom : Benhamdi Salim karim Numéro : 3

Age : 29 ans

Résultat donnée Traitement proposé

Numéro	Maladie	Emplacement	Pourcentage
1	Syndrome du canal carpien : Atteinte axonal du nerf médian	Main Droite	76.92
2	Paralysie faciale périphérique	Face Gauche	100

Traitement Donnée :

Compte Rendu Traitement Donné Enregistrer Réinitialiser

Figure 5.14 : Fenêtre d'affichage des maladies du patient.

En appuyant sur « Traitement proposé » un tableau s'affiche contenant les dix traitements proposés par le système en utilisant la méthode KPPV présentée dans la partie conception classés par degré de similarité au cas précédent. Le spécialiste peut choisir un traitement ou donner un nouveau, pour enregistrer ce traitement un simple clic sur le bouton « Enregistrer ».

Resultat du Test

Nom et Prénom : Benhamdi Salim karim Numéro : 3

Age : 29 ans

Résultat donnée Traitement proposé

Numéro	Traitement	Pourcentage
1	T84	65.04
2	T78	60.11
3	T123	60.04
4	T15	56.11
5	T9	50.16

Traitement Donnée :

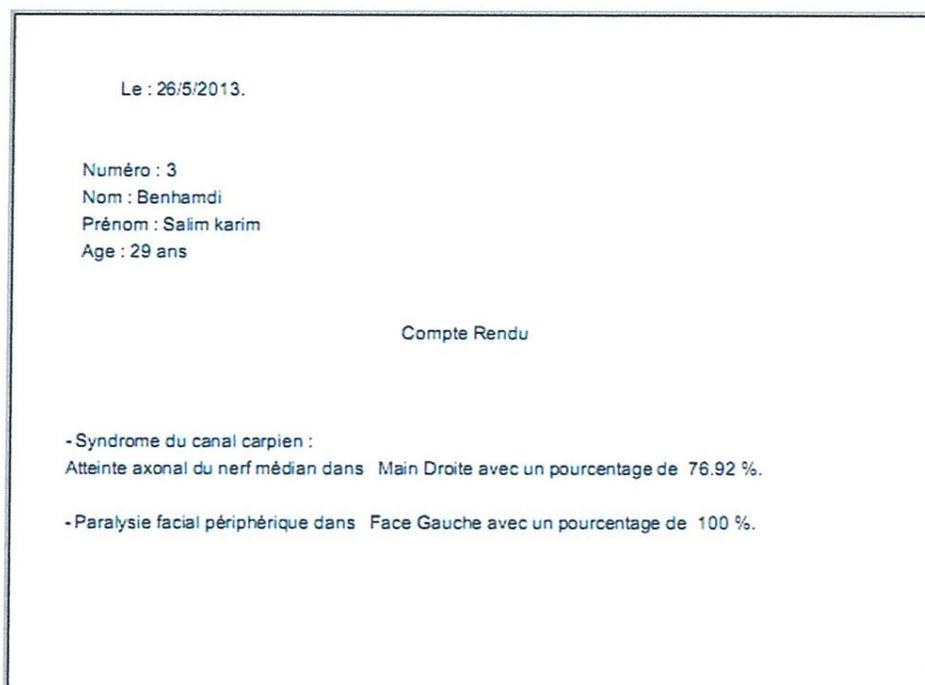
-Immobilisation de la main et du poignet par attelle au minimum la nuit avec prescription d'antalgiques et d'anti-inflammatoires.

-Le traitement de la paralysie faciale de Bell: protéger l'œil avec des lunettes sombres. En cas de survenue de douleurs, certaines équipes médicales spécialisées en ophtalmologie (maladie des yeux) préconisent l'utilisation de la prednisolone (corticoïde) pendant cinq jours. Les doses peuvent être progressivement diminuées tous les cinq jours.

Compte Rendu Traitement Donné Enregistrer Réinitialiser

Figure 5.15 : Fenêtre du traitement des maladies du patient.

Avec un click sur « Compte Rendu » et « Traitement Donné » le système permet d'afficher le compte rendu et le traitement donné au patient sous forme PDF.



Le : 26/5/2013.

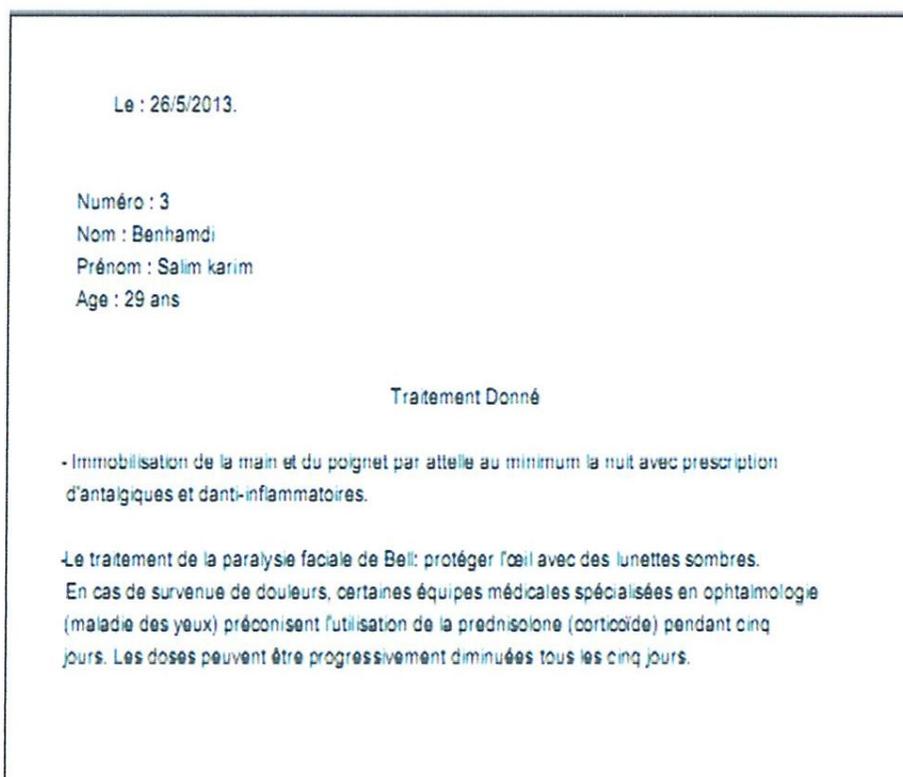
Numéro : 3
Nom : Benhamdi
Prénom : Salim karim
Age : 29 ans

Compte Rendu

- Syndrome du canal carpien :
Atteinte axonal du nerf médian dans Main Droite avec un pourcentage de 76.92 %.

- Paralysie facial périphérique dans Face Gauche avec un pourcentage de 100 %.

Figure 5.16 : Le compte rendu du patient



Le : 26/5/2013.

Numéro : 3
Nom : Benhamdi
Prénom : Salim karim
Age : 29 ans

Traitement Donné

- Immobilisation de la main et du poignet par attelle au minimum la nuit avec prescription d'antalgiques et d'anti-inflammatoires.

- Le traitement de la paralysie faciale de Bell: protéger l'œil avec des lunettes sombres.
En cas de survenue de douleurs, certaines équipes médicales spécialisées en ophtalmologie (maladie des yeux) préconisent utilisation de la prednisolone (corticoïde) pendant cinq jours. Les doses peuvent être progressivement diminuées tous les cinq jours.

Figure 5.17: Le traitement donné au patient.

V.3.2.2. Modifier le dernier test :

Si le médecin veut modifier le dernier test d'un patient il suffit d'un clique sur le bouton « Modifier Dernier Test » la fenêtre suivante s'affiche. Après, il peut faire des modifications sur tous qu'il veut.

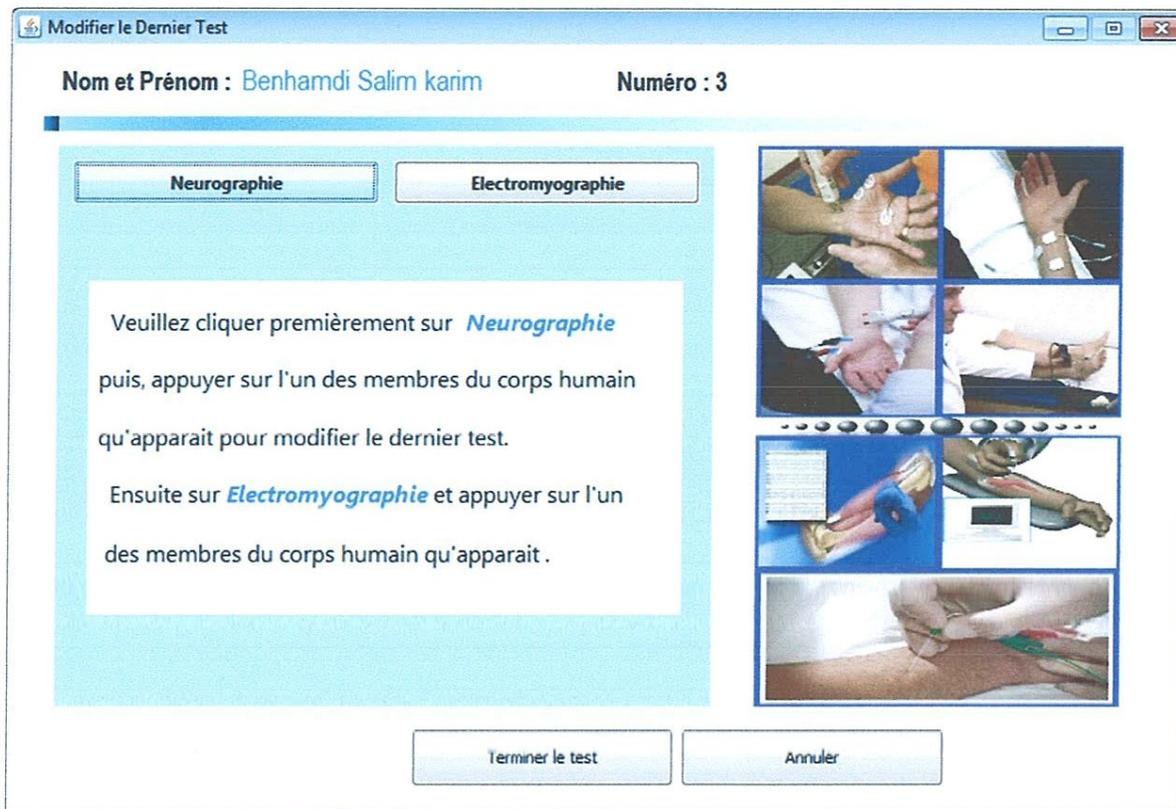


Figure 5.18 : Fenêtre principale pour modification du dernier test.

Dans cette fenêtre, il suffit de suivre les mêmes étapes d'ajout d'un nouveau patient (Neurographie, Electromyographie) et choisir que les nerfs et les muscles à modifier pour obtenir des nouveaux résultats.

V.3.3. Partie de Consultation :

Cette partie nous permet de consulter tous les tests d'un patient précis ou bien accéder aux tests des patients supprimés. Il suffit d'appuyer sur le bouton « Consultation » dans la fenêtre d'accueil, la fenêtre « Consultation » s'affiche.

The screenshot shows a software window titled 'Consultation'. It is divided into two main sections: 'Information de Patient' and 'Recherche Patient'.

Information de Patient:

- Nom : Benhamdi
- Prénom : Salim karim
- Sexe : Homme
- Age : 29 ans

Recherche Patient:

- Numéro : [input field]
- Nom : [input field]
- Prénom : [input field]

Buttons: 'Recherche ID' (next to Numéro), 'Recherche info' (next to Nom and Prénom).

Below the search fields, there are two tabs: 'L'archive du patient' (selected) and 'L'archive des tests'.

L'archive du patient Table:

Numéro	Date de test
1	2013-04-14
2	2013-01-14
3	2011-09-14
4	2011-06-14

Buttons: 'Compte Rendu' and 'Traitement Donné' are located to the right of the table.

Figure 5.19 : Consultation des tests du patient.

Dans cette fenêtre l'archive des tests du patient qui fait le test apparaisse, si le médecin veut consulter les tests d'un autre patient il suffit de faire une recherche par numéro ou bien par nom et prénom de ce dernier. Tandis que l'appuie sur « L'archive des tests » permet d'afficher la liste des tests des patients supprimés comme montrer la *figure 5.20* suivante :

The screenshot shows the same 'Consultation' window, but with the 'L'archive des tests' tab selected.

L'archive des tests Table:

Numéro	Date de test
1	2012-11-09
2	2012-02-11
3	2012-01-25
4	2012-01-21
5	2011-04-01
6	2011-01-31
7	2010-11-25
8	2010-07-25
9	2010-01-01
10	2009-11-11

Buttons: 'Compte Rendu' and 'Traitement Donné' are located to the right of the table.

Figure 5.20 : Consultation des tests des patients supprimés.

- Le bouton « Compte Rendu » permet d'afficher le compte rendu du patient.
- Le bouton « Traitement Donné » permet de d'afficher le traitement donné au patient.

Le 09/11/2012.

Nom : Salmi
Prénom : Aicha
Age : 30 ans

Compte Rendu

Compression du nerf radial au niveau du bras dans la main gauche avec un pourcentage de 89 %

Figure 5.21 : Le compte rendu d'un patient supprimé.

Le 09/11/2012.

Nom : Salmi
Prénom : Aicha
Age : 30 ans

Traitement Donné

Traitement médical :

- repos sportif, +/- AINS, une attelle limitant la prono-supination.
- l'infiltration locale au niveau de l'arcade de Froehse (le test clinique de retour à une extension neutre, sans déviation radiale est un excellent test, témoignant de la récupération du cubital postérieur).

Traitement chirurgical :

- Le traitement chirurgical sera préconisé en cas de déficit moteur au-delà de 12 semaines ou de douleurs persistantes au-delà de 6 à 12 mois (après 18 mois la récupération est illusoire).
- L'attelle du coude postopératoire (15 jours) sera retirée plusieurs fois par jour pour effectuer la kinésithérapie, ceci permettra d'éviter les adhérences post-neurolyse.
- La rééducation active est débutée au 21 jours et le retour à l'activité physique au 6 mois.

Figure 5.22 : Le traitement donné au patient supprimé.

V.4. Conclusion :

Suivant à la conception détaillée dans le chapitre précédent, nous avons présenté dans cette partie l'implémentation de notre système, et finalement après un travail très dur on a réussi à développer notre propre système expert pour le diagnostic des maladies neurophysiologique qui permet d'aider les experts humains (les médecins) de diagnostiquer les maladies de différents patients et de stocker et utiliser énormément de quantité d'expertise, il sert à rendre l'expertise et la connaissance d'un médecin accessible par un autre à travers notre système mais finalement il faut pas oublier que les systèmes experts sont construits seulement pour assister l'être humain mais pas le remplacer.



Conclusion générale



Conclusion générale

L'Intelligence Artificielle est une discipline scientifique qui concerne l'étude des mécanismes de l'intelligence humaine (connaissances, raisonnements, comportements, prises de décisions, ...), puis la programmation de ces mécanismes en langage informatique sur un ordinateur. Un Système Expert est un logiciel informatique basé sur l'Intelligence Artificielle.

Dans ce mémoire nous avons développé un système pour le diagnostic des maladies neurophysiologiques, ce système se compose en deux phases :

- La première représentée par le système expert qui fournit un compte-rendu sur les résultats des tests réalisés.
- La deuxième phase représentée par un système à base de cas qui propose un traitement pour le cas considéré adapté à partir des cas enregistrés.

La partie système expert de notre système a été validée par un spécialiste dans le domaine neurophysiologique, les résultats obtenus dans les tests montrent la précision surtout en ce qui concerne le degré d'avoir les syndromes des maladies.

La partie développement et validation ont permis d'atteindre l'objectif tracé.

Perspectives :

Plusieurs perspectives pourraient être envisagées pour terminer ce travail .

- L'intégration de notre système dans les appareillages EMG et ENG pour que les valeurs soit chargé automatiquement.
- L'ajout de nouvelles règles pour enrichir la base de connaissance du système expert.
- L'amélioration de la partie décisionnelle du système à base de cas pour qu'il adapte les cas analogues retrouvé dans la phase recherche au cas considéré.



Bibliographie



Bibliographie

- [Amm07] Med Y. Ammar, « Mise en œuvre de réseaux de neurones pour la modélisation de cinétiques réactionnelles en vue de la transposition batch/continu ». Thèse de Doctorat de l'institut national polytechnique (I.N.P.) de Toulouse, Soutenue le 17 juillet 2007.
- [Ath94] E. Athlon, « Etude de la contraction musculaire par l'électromyographie Vol.6 - n° 21 ». Mars 1994.
- [Bay55] ALJ. Bayle, « Traite élémentaire d'anatomie ». Ed. Paris, 1855.
- [BBH07] P. Borne, M. Benrejeb, J. Haggère, « Les réseaux de neurones Présentation et applications », Ed. Technip Paris, 2007.
- [BC02] B. Badiru, Y. Cheung, « Fuzzy engineering expert systems with neural network Applications », New York JOHN WILEY & SONS, INC, 2002.
- [Ber12] K. Bervet. « Ker-FGI ; Kerpape-Rennes-EMG-based-Gait-Index Définition d'un index de quantification de la marche pathologique par électromyographie », Thèse Université Rennes 2, soutenue le 18 septembre 2012.
- [BP02] A. Béhin, P François. Pradat. « Neurologie », Ed. Doin 2002.
- [Bui04] E. Buist, « Les éléments fondamentaux du raisonnement à base de cas », 19 février 2004.
- [CM03] William F.Clocksins, Christopher S.Mellish, «Programming in Prolog:Using the ISO Standard», Ed. Springer fifth, 2003.
- [CS08] Salvatore Campanella et Emmanuel Strel, « Psychopathologie et neurosciences ». Ed. Boeck université, 2008.
- [Del08] C.Delannoy, « Programmer en Java », Eyrolles.5^{ème} Edition, 2008.
- [DSMGBTH02] G. Dreyfus, M. Samuelides, J.-M. Martinez, M. B. Gordon, F. Badran, S. Thiria, L. Hérault, « Réseaux de neurones (méthodologies et applications) », Ed. Eyrolles, 2002.
- [DM09] Akila. Djebbar, H Farida. Merouani, « Aide à l'optimisation de la maintenance de la base de cas par un réseau Bayésien », revue IA, 2009.
- [Fai05] Y.Fain, « Programmation Java pour les enfants, les parents et les grands-

- parents ».
- Traduit de l'anglais (américain) par V.Lataye et M.Daniel. Première édition Juin, 2005.
- [Far89] H. Farreny, « Les systèmes experts : principe et exemples », Ed. BERTI, 1989.
- [Fer95] J.Ferber, « Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective », Ed. Inter, 1995.
- [GR98] Joseph C. Giarratano, Gary D. Riley, « Expert Systems: Principles and Programming », Ed. Third, 1998.
- [HCZ07] Med K. Haouchine, B. Chebel Morello, N. Zerhouni, « Système de diagnostic et de réparation basé sur le Raisonnement à Partir de Cas », 2007.
- [HMJ05] Harvey, M. Deitel, Paul J. Deitel, « Java Comment Programmer », Ed. Reynald goulet, 2005.
- [JC02] I. Jarras, B. Chaib Draa, « Aperçu sur les systèmes multi-agents », Rapport technique, CIRANO (Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations), 2002.
- [JSW 98] R. Jennings, N. Sycara, K. et M. Wooldridge. A roadmap of agent research and development. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 1:7–38.1998.
- [Kas98] K. Kasabov, «Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering», London, England: The MIT Press, 1998.
- [Kon00] A. Konar, «Artificial Intelligence and Soft Computing Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain», Ed. CRC Press, 2000.
- [KR96] C.S.Krishnamoorthy, S.Rajeev, «Artificial Intelligence and Expert Systems for Engineers CRC Press», 1996.
- [Kum09] E.Kumar, « Artificial Intelligence », Ed. I. K. International Pvt. Ltd ,2009.
- [LL02] L. Lamontagne, G. Lapalme « Raisonnement à base de cas textuels –état de l'art et perspectives », 2002.
- [LPL05] Professeurs P. Lafforgue, J.C. Peragut et R. Legré, « Maladies et Grands Syndromes Radiculalgies et syndromes canaux (279) », Faculté de

- Médecine de Marseille, Juin 2005.
- [MLV03] J.Louis Mas, J.M. Leger, J.M. Vallat, « Neuropathies périphériques : polyneuropathies et mononeuropathies multiples volume1 », Ed. Doin Paris, 2003.
- [Pér08] sous la direction de Yann. Péréon, « ENMG XVIes Journées Francophones d'Électroneuromyographie », 2008.
- [Phi98] Jean. Philippe Mounier, « Modélisation déclarative (le parcours automatique comme outil d'analyse des ambiances) », Ed. Parenthèses Marseille, 1998.
- [PRCB97] L. PATRY, M. ROSSIGNOL, MJeanne. COSTA, M. Baillargeon, « Guide pour le diagnostic des lésions musculo-squelettiques attribuables au travail répétitif 1 le syndrome de canal carpien ».Ed. Multi Mondes, 1997.
- [Rig02] Robert Rigal, « Motricité humaine : fondements et applications pédagogiques », Ed. Presses de l'Université du Québec, 2002.
- [Rhi11] Docteur Rhissassi Meriam, « Valeurs normatives en électroneuromyographie du laboratoire de neurophysiologie », clinique chu hassan 2 de fès, Juin 2011.
- [Saa10] Belaid. SAAD, « Intégration des problèmes de satisfaction de contraintes distribués et sécurisés dans les systèmes d'aide à la décision à base de connaissances ». Thèse de Doctorat de l'Université Paul Verlaine Metz, soutenue le 10 décembre 2010.
- [SB05] W.Siler, J.Buckley, «Fuzzy expert systems and fuzzy reasoning», New Jersey John Wiley & Sons, 2005.
- [Sté10] Duong Stéphanie, « Diagnostic différentiel des affections neuromusculaires du cheval : maladie du neurone moteur », dysautonomie équine et botulisme, Thèse de doctorat présentée à l'Université Claude Bernard Lyon I (Médecine – Pharmacie), soutenue publiquement le 30 Avril 2010.
- [Sou06] C.Soutou, « Apprendre SQL avec MySQL Avec 40 exercices corrigés », Ed. Eyrolles, 2006.

- [Toc12] Lamiel Toch, « Contributions aux techniques d'ordonnement sur plates-formes parallèles ou distribuées », Thèse de doctorat l'Université de Franche-Comté Soutenue le 9 novembre 2012.
- [Tuf05] S.Tufféry, « Data Mining et statistique décisionnelle : L'intelligence dans les bases de données », Ed Thechnip, Paris, 2005.
- [Zho90] ZHAO Xiao Chun épouse BOURY, « Méthodologie de conception d'un Système Expert pour la Généralisation Cartographique », Thèse de Doctorat de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées soutenue le 14 novembre 1990.

La liste des sites web

- [web1] <http://www.vulgaris-medical.com/encyclopedie-medicale/nerfs-median>
- [web2] <http://www.anatomie-humaine.com/Nerf-ulnaire.html>
- [web3] <http://sante-medecine.commentcamarche.net/faq/13707-nerf-cubital-definition>
- [web4] <http://dictionnaire.doctissimo.fr/definition-nerf-radial.htm>
- [web5] <http://www.looksante.fr/dictionnaire-medical/sciatique-poplite-externe/>
- [web6] <http://www.vulgaris-medical.com/encyclopedie-medicale/sciatique-nerf-anatomie>
- [web7] http://www.corpshumain.ca/Liste_muscles.php
- [web8] <http://wikbio.com/fr/dictionary/definition/%C3%A9lectroneurographie>
- [web9] http://www.fregis.com/glossaire_detail.php?id=823
- [web10] <http://www.santepratique.fr/electromyographie.php>
- [web11] <http://www.santepratique.fr/electromyographie.php>
- [web12] <http://www.vulgaris-medical.com/encyclopedie-medicale/paralysie-faciale>
- [web13] <http://drhoornaert.wordpress.com/canal-carpien-et-syndromes-canalaires/canal-carpien/>
- [web14] <http://www.caducee.net/dossierspecialises/chirurgie/canal-carpien.asp>
- [web15] <http://www.ci-chirurgiedelamain.com/pathologie/canalcarpien.html>
- [web16] http://anabible.webethan.com/spip.php?page=print-article&id_article=4669&lang=fr
- [web17] http://anabible.webethan.com/spip.php?page=print-article&id_article=4709&lang=fr
- [web18] <http://www.java.sun.com>
- [web19] <http://www.swi-prolog.org>



Annexe A



Annexe A : Les valeurs normales

Dans les tableaux suivant on va donner les valeurs normales de tous les nerfs ainsi que les types des différents signaux associe à chaque muscle qui peut être enregistré dans l'appareille d'EMG.

A.1. Membres supérieurs :

A.1.1.Médian :

Etude de la conduction motrice				
Thénar	LDM (ms)	<3.9	F (ms)	<30
Coude-poignet	VCM (m/s)	>50	A (mV)	>7
Bras-coude	VCM (m/s)	>50	A (mV)	>7
Erb –bras	VCM (m/s)	>50	A (mV)	>7

Tableau A.1 : les valeurs normales de la conduction motrice du nerf médian.

Etude de la conduction sensitive				
DImed	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>20
DII	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>15
DIII	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>17
DIV m	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>4

Tableau A.2 : les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf médian.

EMG à aiguille muscle : court abducteur du pouce		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau A.3 : EMG à aiguille muscle : court abducteur du pouce.

EMG à aiguille muscle : grand palmaire		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau A.4 : EMG à aiguille muscle : grand palmaire.

A.1.2.cubital:

Etude de la conduction motrice				
Hypothénar	LDM (ms)	<2.9	F (ms)	<27
Sous coude-poignet	VCM (m/s)	>50	A (mV)	>5
Sus coude- sous coude	VCM (m/s)	>50	A (mV)	>5
Bras- sus coude	VCM (m/s)	>50	A (mV)	>5
Erb –bras	VCM (m/s)	>50	A mV)	>5

Tableau A.5 : les valeurs normales de la conduction motrice du nerf cubital.

Etude de la conduction sensitive				
DV	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>11
DIV c	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>4

Tableau A.6 : les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf cubital.

EMG à aiguille muscle : adducteur du 5ème doigt		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau A.7 : EMG à aiguille muscle : adducteur du 5ème doigt.

A.1.3.radial : sensitive

DI rad	VCS (m/s)	>45	A (uV)	> 11
--------	-----------	-----	--------	------

Tableau A.8 : les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf radial.

EMG à aiguille muscle : extenseur commun des doigts		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau A.9 : EMG à aiguille muscle : extenseur commun des doigts.

EMG à aiguille muscle : long supinateur		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau A.10 : EMG à aiguille muscle : long supinateur.

EMG à aiguille muscle : triceps		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau A.11 : EMG à aiguille muscle : triceps.

A.1.4. Circonflexe :

Etude de la conduction motrice				
Deltoïde	LDM (ms)	>5.4	A (mV)	> 4.8

Tableau A.12 : les valeurs normales de la conduction motrice du nerf circonflexe.

A.1.5. Brachial cutané interne :

VCS (m/s)	>40	A (uV)	> 10
------------------	-----	--------	------

Tableau A.13 : les valeurs normales de la conduction motrice du nerf Brachial cutané interne.

A.1.6. Brachial cutané externe :

VCS (m/s)	>40	A (uV)	> 17
------------------	-----	--------	------

Tableau A.14 : les valeurs normales de la conduction motrice du nerf Brachial cutané externe.

A.2. Membres inférieurs :

A.2.1. Sciatique poplitée externe :

Etude de la conduction motrice				
Pédieux	LDM (ms)	< 5	F (ms)	<50
tête péronier - Cheville	VCM (m/s)	>45	A (mV)	>3.5
Creux poplitée- tête péronier	VCM (m/s)	>45	A (mV)	>3.5

Tableau A.15 : les valeurs normales de la conduction motrice du nerf sciatique poplitée externe.

Etude de la conduction sensitive				
Branche sensitive	VCS (m/s)	>47	A (uV)	>6

Tableau A.16 : les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf sciatique poplité externe.

EMG à aiguille muscle : pédiex		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau A.17 : EMG à aiguille muscle : pédiex .

EMG à aiguille muscle : jambier antérieur		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau A.18 : EMG à aiguille muscle : jambier antérieur.

EMG à aiguille muscle : long péronier latéral		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau A.19 : EMG à aiguille muscle : long péronier latéral.

II.2.Sciatique poplité interne :

Etude de la conduction motrice				
Court fléchisseur du gros orteil	LDM (ms)	<5	F (ms)	<50

Tableau A.20 : les valeurs normales de la conduction motrice du nerf.

A.2.3.Reflexe H :

Etude de la conduction motrice		
Soléaire	Latence (ms)	<33

Tableau A.21 : les valeurs normales de la conduction motrice du nerf sciatique poplité interne.

EMG à aiguille muscle : jumeau interne		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau A.22 : EMG à aiguille muscle : jumeau interne.

EMG à aiguille muscle : jumeau externe		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau A.23 : EMG à aiguille muscle : jumeau externe.

EMG à aiguille muscle : soléaire		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau A.24 : EMG à aiguille muscle : soléaire.

A.3. La face :

A.3.1. Blink reflexe :

Blink reflexe :			
R1 (ms)	< 13	R2 ipsi (ms)	<35
		R2 contro (ms)	< 37

Tableau A.25 : les valeurs normales du nerf blink reflexe.

EMG à aiguille muscle : Frontal		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau A.26 : EMG à aiguille muscle : Frontal.

EMG à aiguille muscle : Mentonnier		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	
-	-	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau A.27 : EMG à aiguille muscle : Mentonnier.



Annexe B



Annexe B : Les maladies

B.1.Médian :

Diagnostic a programmé numéro 01 : syndrome du canal carpien :

Il y a deux types :

a. Atteinte axonal du nerf médian au niveau du canal carpien

Etude de la conduction motrice				
thénar	LDM (ms)	>3.9	F (ms)	>30
Coude-poignet	VCM (m/s)	>50	A (mV)	<7
Bras-coude	VCM (m/s)	>50	A (mV)	<7
Erb –bras	VCM (m/s)	>50	A (mV)	<7

Tableau B.1 : Les valeurs anormales de la conduction motrice du nerf médian.

Etude de la conduction sensitive				
DImed	VCS (m/s)	<50	A (uV)	<20
DII	VCS (m/s)	<50	A (uV)	<15
DIII	VCS (m/s)	<50	A (uV)	<17
DIVm	VCS (m/s)	<50	A (uV)	<4

Tableau B.2 : Les valeurs anormales de la conduction sensitive du nerf médian.

En plus : tout ce qui est cubital est normal.

En plus : Le différence de VCS (m/s) pour le nerf médian et cubital au niveau de (DIV) 4^{ème} doigt (qui est innervé par les deux nerfs) DIVc – DIVm >35 ms/s. En plus de :

EMG à aiguille muscle : court abducteur du pouce		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Pauvre accélérée ou
++	-	Absence d'activité
+++		

Tableau B.3 : Les signaux enregistrés au court abducteur du pouce.

Les autres muscles ne sont pas inclus dans le protocole d'exploration du canal carpien donc nous l'ont les pique pas, automatiquement dans le logiciel on les rempli pas.

b. Atteinte d'émulsion du nerf médian au niveau du canal carpien

Etude de la conduction motrice				
Thénar	LDM (ms)	>3.9	F (ms)	>30
Coude-poignet	VCM (m/s)	>50	A (mV)	>7
Bras-coude	VCM (m/s)	>50	A (mV)	>7
Erb –bras	VCM (m/s)	>50	A (mV)	>7

Tableau B.4 : Les valeurs anormales de la conduction motrice du nerf médian.

Etude de la conduction sensitive				
DImed	VCS (m/s)	<50	A (uV)	>20
DII	VCS (m/s)	<50	A (uV)	>15
DIII	VCS (m/s)	<50	A (uV)	>17
DIV m	VCS (m/s)	<50	A (uV)	>4

Tableau B.5 : Les valeurs anormales de la conduction sensitive du nerf médiane.

En plus : tout ce qui est cubital est normal

En plus : La différence de VCS (m/s) pour le nerf médian et cubital au niveau de (DIV) 4^{ème} doigt (qui est innervé par les deux nerfs) DIVc – DIVm > 35 ms/s. Et

EMG à aiguille muscle : court abducteur du pouce		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Intermédiaire ou
-	-	Riche

Tableau B.6 : Les signaux enregistrés au court abducteur du pouce.

B.2. Cubital :

Diagnostic programmé numéro 2: compression du nerf cubital au coude :

Il y a deux types :

a. Atteinte axonal du nerf cubital au niveau du coude

Etude de la conduction motrice				
hypothénar	LDM (ms)	<2.9	F (ms)	<35
Coude-poignet	VCM (m/s)	>50	A (mV)	<5
Sus coude- sous coude	VCM (m/s)	<45	A (mV)	<5
Bras- sus coude	VCM (m/s)	>50	A (mV)	<5
Erb –bras	VCM (m/s)	>50	A mV)	<5

Tableau B.7 : Les valeurs anormales de la conduction motrice du nerf cubital.

Etude de la conduction sensitive				
DV	VCS (m/s)	<50	A (uV)	<11

Tableau B.8 : Les valeurs anormales de la conduction sensitive du nerf cubital.

EMG à aiguille muscle : adducteur du 5 ^{ème} doigt		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
++	-	Pauvre accélérée ou
+++	-	Absence d'activité

Tableau B.9 : Les signaux enregistrés au adducteur du 5^{ème} doigt.

EMG à aiguille muscle : cubital antérieur		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Pauvre accélérée ou
++	-	Absence d'activité
+++		

Tableau B.10 : Les signaux enregistrés au cubital antérieur.

b. Bloc de conduction du nerf cubital au niveau du coude

Etude de la conduction motrice				
hypothénar	LDM (ms)	<2.9	F (ms)	<27
Sous Coude-poignet	VCM (m/s)	>50	A (mV)	>5
Sus coude- sous coude	VCM (m/s)	<50	A (mV)	<5
Bras- sus coude	VCM (m/s)	>50	A (mV)	<5
Erb –bras	VCM (m/s)	>50	A mV)	<5

Tableau B.11 : Les valeurs anormales de la conduction motrice du nerf cubital.

Il y a un problème on parle de bloc si quelque soit la valeur de A (mV) Sous Coude-poignet (l'essentiel >5 mV) au moins fait le double de la valeur de A (mV) Sus coude- sous coude, par exemple :

Si on a A (mV)Sous Coude-poignet = 14mV et A (mV)Sus coude- sous coude = 7 ou <7 on parle de bloc sinon ce n'est pas un bloc.

Etude de la conduction sensitive				
DV	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>11

Tableau B.12 : Les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf cubital.

EMG à aiguille muscle : adducteur du 5 ^{ème} doigt		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche ou
-	-	Intermédiaire

Tableau B.13 : Les signaux enregistrés à l'adducteur du 5^{ème} doigt.

EMG à aiguille muscle : cubital antérieur		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche ou
-	-	Intermédiaire

Tableau B.14 : Les signaux enregistrés au cubital antérieur.

B.3. Radial : Diagnostic a programmé numéro 3: Compression du nerf radial au bras

DI rad	VCS (m/s)	>45	A (uV)	< 11
--------	-----------	-----	--------	------

Tableau B.15 : Les valeurs anormales de la conduction sensitive du nerf radial.

EMG à aiguille muscle : extenseur commun des doigts		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	Intermédiaire

Tableau B.16 : Les signaux enregistrés à l'extenseur commun des doigts.

EMG à aiguille muscle : long supinateur		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	Intermédiaire

Tableau B.17 : Les signaux enregistrés au long supinateur.

EMG à aiguille muscle : triceps		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	

Tableau B.18 : Les signaux enregistrés au triceps.

B.4. Sciatique poplité externe :

Maladie : « Compression du nerf Sciatique poplité externe(SPE) au niveau de la tête péronier » :

Etude de la conduction motrice				
Pédieux	LDM (ms)	< 5	F (ms)	<50
tête péronier - Cheville	VCM (m/s)	>45	A (mV)	>3.5
Creux poplité- tête péronier	VCM (m/s)	>45	A (mV)	<3.5

Tableau B.19 : Les valeurs anormales de la conduction motrice du nerf sciatique poplité externe.

Etude de la conduction sensitive				
Branche sensitive	VCS (m/s)	>47	A (uV)	<= 6

Tableau B.20 : Les valeurs anormales de la conduction sensitive du nerf sciatique poplité externe.

EMG à aiguille muscle : pédieux		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Intermédiaire ou
- ou	-	Pauvre accélérée ou
+		Absence d'activité

Tableau B.21 : Les signaux enregistrés au pédieux.

EMG à aiguille muscle : jambier antérieur		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Intermédiaire ou
- ou	-	Pauvre accélérée ou
+		Absence d'activité

Tableau B.22 : Les signaux enregistrés au jambier antérieur.

EMG à aiguille muscle : long péronier latéral		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Intermédiaire ou
- ou	-	Pauvre accélérée ou
+		Absence d'activité

Tableau B.23 : Les signaux enregistrés au long péronier latéral.

B.5. Maladie « Paralytic facial périphérique »

Blink reflexe : droit			
R1 (ms)	> 13	R2 ipsi (ms)	>35
		R2 contro (ms)	< 37

Tableau B.24 : les valeurs anormal du blink reflexe.

EMG à aiguille muscle : Frontal		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Pauvre accélérée
++ ou	-	
+++	-	

Tableau B.26 : Les signaux enregistrés au frontal.

EMG à aiguille muscle : Mentonnier		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Pauvre accélérée
++ ou	-	
+++	-	

Tableau B.27 : Les signaux enregistrés au mentonnier.

B.6. Atteinte radriculaire :

Je vous donne pour chaque nerf ce qui est anormal ce qui est normale vous le prenez du tableau de normal :

B.6.1. Atteinte radriculaire C5 - C6 :

- Médian normal
- Cubital normal
- Radial normal
- Brachial cutané interne normal
- Brachial cutané externe normal
- Circonflexe :

Etude de la conduction motrice				
Deltoïde	LDM (ms)	>5.4	A (mV)	< 4.8

Tableau B.28 : Les valeurs anormales de la conduction motrice du nerf circonflexe.

EMG à aiguille muscle : deltoïde		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Pauvre accélérée
+ ou	-	Absence d'activité
++ ou		
+++ ou		

Tableau B.29 : Les signaux enregistrés au deltoïde.

B.6.2 .Atteinte radriculaire C7 :

- Médian normal
- Cubital normal
- Circonflexe normal
- radial :

DI rad	VCS (m/s)	>45	A (uV)	> 11
--------	-----------	-----	--------	------

Tableau B.30 : Les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf radial.

EMG à aiguille muscle : extenseur commun des doigts		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Pauvre accéléré
+	-	
++		
+++		

Tableau B.31 : Les signaux enregistrés à l'extenseur commun des doigts.

EMG à aiguille muscle : long supinateur		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Pauvre accéléré
+	-	
++		
+++		

Tableau B.32 : Les signaux enregistrés au long supinateur.

EMG à aiguille muscle : triceps		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	

Tableau B.33 : Les signaux enregistrés au triceps.

B.6.3. Atteinte radiculaire C8-D1 :

Médian :

Etude de la conduction motrice				
Thénar	I.DM (ms)	<3.9	F (ms)	>30
Coude-poignet	VCM (m/s)	>50	A (mV)	<7
Bras-coude	VCM (m/s)	>50	A (mV)	<7
Erb –bras	VCM (m/s)	>50	A (mV)	<7

Tableau B.34 : Les valeurs anormales de la conduction motrice du nerf médiane.

Etude de la conduction sensitive				
DImed	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>20
DII	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>15
DIII	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>17
DIV m	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>4

Tableau B.35 : Les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf médian.

EMG à aiguille muscle : court abducteur du pouce		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Pauvre accélérée ou
+	-	Absence d'activité
++		
+++		

Tableau B.36 : Les signaux enregistrés au court abducteur du pouce.

EMG à aiguille muscle : grand palmaire		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	

Tableau B.37 : Les signaux enregistrés au grand palmaire.

Cubital:

Etude de la conduction motrice				
Thénar	LDM (ms)	<2.9	F (ms)	>27
Coude-poignet	VCM (m/s)	>50	A (mV)	<5
Sus coude- sous coude	VCM (m/s)	>50	A (mV)	<5
Bras- sus coude	VCM (m/s)	>50	A (mV)	<5
Erb –bras	VCM (m/s)	>50	A mV)	<5

Tableau B.38 : Les valeurs anormales de la conduction motrice du nerf cubital.

Etude de la conduction sensitive				
DV	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>11
DIV m	VCS (m/s)	>50	A (uV)	>4

Tableau B.39 : Les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf cubital.

EMG à aiguille muscle : adducteur du 5 ^{ème} doigt		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	Intermédiaire
+	Fasciculations	Pauvre accélérée
++	Crampes	Absence d'activité
+++	Décharges myocloniques	Trop riche

Tableau B.40 : Les signaux enregistrés à l'adducteur du 5^{ème} doigt.

Radial :

DI rad	VCS (m/s)	>45	A (uV)	> 11
--------	-----------	-----	--------	------

Tableau B.41 : Les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf radial.

EMG à aiguille muscle : extenseur commun des doigts		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	

Tableau B.42 : Les signaux enregistrés à l'extenseur commun des doigts.

EMG à aiguille muscle : long supinateur		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	

Tableau B.43 : Les signaux enregistrés au long supinateur.

EMG à aiguille muscle : triceps		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	

Tableau B.44 : Les signaux enregistrés au triceps.

Circonflexe :

Etude de la conduction motrice				
Deltoïde	LDM (ms)	>5.4	A (mV)	> 4.8

*Tableau B.45 : Les valeurs normales de la conduction motrice du nerf circonflexe.***Brachial cutané interne :**

VCS (m/s)	>40	A (uV)	> 10
------------------	---------------	---------------	----------------

*Tableau B.46 : Les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf brachial cutané interne.***Brachial cutané externe :**

VCS (m/s)	>40	A (uV)	> 17
------------------	---------------	---------------	----------------

Tableau B.47 : Les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf brachial cutané externe.

Aux membres inferieurs : il ya deux maladies

B.6.4. Atteinte radiculaire L5 :**Sciatique poplitée externe :**

Etude de la conduction motrice				
Pédieux	LDM (ms)	< 5	F (ms)	>50
tête péronier - Cheville	VCM (m/s)	>45	A (mV)	>3.5 ou < 3.5
Creux poplitée- tête péronier	VCM (m/s)	>45	A (mV)	>3.5 ou < 3.5

Tableau B.48 : Les valeurs anormales de la conduction motrice du nerf sciatique poplitée externe.

Etude de la conduction sensitive				
Branche sensitive	VCS (m/s)	>47	A (uV)	>6

Tableau B.49 : Les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf sciatique poplitée externe.

EMG à aiguille muscle : pédieux		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Pauvre accélérée
+	- ou	Absence d'activité
++	Fasciculations ou	
+++	Crampes	

Tableau B.50 : Les signaux enregistrés au pédieux.

EMG à aiguille muscle : jambier antérieure		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Pauvre accélérée
+	- ou	Absence d'activité
++	Fasciculations ou	
+++	Crampes	

Tableau B.51 : Les signaux enregistrés au jambier antérieure.

EMG à aiguille muscle : long péronier latéral		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Pauvre accélérée
+	- ou	Absence d'activité
++	Fasciculations ou	
+++	Crampes	

Tableau B.52 : Les signaux enregistrés au long péronier latéral.

Sciatique poplitée interne :

Etude de la conduction motrice				
Court fléchisseur du gros orteil	LDM (ms)	<5	F (ms)	<50

Tableau B.53 : Les valeurs normales de la conduction motrice du nerf sciatique poplitée interne.

Etude de la conduction sensitive				
Sural	VCS (m/s)	>45	A (uV)	>5

Tableau B.54 : Les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf sciatique poplitée interne.

Reflexe H

Etude de la conduction motrice		
Soléaire	Latence (ms)	<33

Tableau B.55 : Les valeurs normales de la conduction motrice du nerf reflexe H.

EMG à aiguille muscle : jumeau interne		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	

Tableau B.65 : Les signaux enregistrés au jumeau interne.

EMG à aiguille muscle : jumeau externe		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	

Tableau B.57 : Les signaux enregistrés au jumeau externe.

EMG à aiguille muscle : soléaire		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	

Tableau B.58 : Les signaux enregistrés au soléaire.

B.6.5. Atteinte radiculaire S1

Sciatique poplitée externe :

Etude de la conduction motrice				
Pédieux	LDM (ms)	< 5	F (ms)	<50
tête péronier - Cheville	VCM (m/s)	>45	A (mV)	>3.5
Creux poplitée- tête péronier	VCM (m/s)	>45	A (mV)	>3.5

Tableau B.59 : Les valeurs normales de la conduction motrice du nerf sciatique poplitée externe.

Etude de la conduction sensitive				
Branche sensitive	VCS (m/s)	>47	A (uV)	>6

Tableau B.60 : Les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf sciatique poplitée externe.

EMG à aiguille muscle : pédieux		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	

Tableau B.61 : Les signaux enregistrés au pédieux.

EMG à aiguille muscle : jambier antérieur		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	

Tableau B.62 : Les signaux enregistrés au jambier antérieur.

EMG à aiguille muscle : long péronier latéral		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Riche
-	-	

Tableau B.63 : Les signaux enregistrés au long péronier latéral.

Sciatique poplitée interne :

Etude de la conduction motrice				
Court fléchisseur du gros orteil	LDM (ms)	<5	F (ms)	>50

Tableau B.64 : Les valeurs anormales de la conduction motrice du nerf SPE.

Etude de la conduction sensitive				
Sural	VCS (m/s)	>45	A (uV)	>5

Tableau B.65 : Les valeurs normales de la conduction sensitive du nerf SPE.

Le reflexe H soit absent soit :

Etude de la conduction motrice		
Soléaire	Latence (ms)	>33

Tableau B.66 : Les valeurs anormales de la conduction motrice du nerf reflexe H.

EMG à aiguille muscle : jumeau interne		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Pauvre accélérée
+ ou	-	Absence d'activité
++ ou	Fasciculations ou	
+++ ou	Crampes ou	

Tableau B.67 : Les signaux enregistrés au jumeau interne.

EMG à aiguille muscle : jumeau externe		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Pauvre accélérée
+ ou	-	Absence d'activité
++ ou	Fasciculations ou	
+++ ou	Crampes ou	

Tableau B.68 : Les signaux enregistrés au jumeau externe.

EMG à aiguille muscle : soléaire		
Activité spontanée		Activité volontaire
PLD et/ ou F	Autres	Pauvre accélérée
+ ou	-	Absence d'activité
++ ou	Fasciculations ou	
+++ ou	Crampes ou	

Tableau B.69 : Les signaux enregistrés au soléaire.