

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Abou Bekr Belkaid
Faculté de Science
Département GEE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Pour obtenir le grade de Master en Electronique Biomédicale
Spécialité : EBM

Titre

CLASSIFICATION INTELLIGENTE DES DONNÉES ANESTHÉSIIQUES

Présenté et soutenu publiquement par

Melle. BAB-HAMED Zeyneb Khadidja

Melle. SIFOU Wassila

Le 26 juin 2013

Président du jury : Pr. HADJ SLIMANE MCA

Examineurs : Mr BEN-HADADA MAA

Melle BAAKAK MAB

Encadreur : Pr. CHIKH Mohamed Amine Professeur

Co-Encadreur : LAZOUNI Med El Amine MAB

Année universitaire : 2012-2013

DEDICACE

Nous dédions notre mémoire à :

Nos parents,

Nos frères et sœurs ainsi qu'à nos beaux frères et nos belles sœurs,

Nos familles,

Nos professeurs,

Nos amis (e), nos camarades de classe,

Nos collègues de travail,

Tous ceux qui nous sont chers.

Qu'ils trouvent ici l'expression de toute * notre affection

* notre reconnaissance

* notre amitié.

REMERCIEMENTS

Notre respect, notre reconnaissance à ceux qui nous ont soutenues avec abnégation, aidées, encouragées et qui nous ont permis, grâce à leur sérieux et à leurs efforts continus, d'aller aussi loin dans nos études.

Nous citons, en premier lieu, nos chers parents, nos frères et sœurs, qui se sont montrés généreux, compréhensifs et tolérants à notre égard.

Nous tenons tout particulièrement à témoigner notre respect et notre reconnaissance à notre encadreur, le Pr. CHIKH Mohamed Amine ainsi qu'à notre Co-Encadreur : Mr LAZOUNI Med El Amine, lesquels, nous ont réservé beaucoup de leur temps et nous ont guidées par leurs conseils judicieux.

Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Très compréhensifs, généreux, bienveillants dans toute la transmission et les explications des connaissances, ils se sont comportés en vrais pédagogues.

De part les importantes informations, communications et instructions données, ils ont fait montre d'un savoir faire sans bornes et d'une clairvoyance sans égale.

Nous remercions également monsieur le Professeur HADJ-SLIMANE, pour avoir bien voulu accepter la présidence du jury du présent travail, ainsi que Mr BEHADDADA et Melle BAAKAK, doctorants à l'Université de Tlemcen.

Notre vive reconnaissance va à tous nos maitres et professeurs, durant nos études et notre formation à l'université.

Nous ne pouvons terminer, sans jeter un petit clin d'œil sympathique et amical, à nos camarades de promotion et à nos collègues de travail.

UN GRAND MERCI

Résumé

La spécialité anesthésie-réanimation, est capitale en médecine. Elle s'ouvre sur un territoire médical vaste, riche et transversal qui permet un exercice varié de l'anesthésie (SAMU, déchoquage, réanimation).

Le domaine de l'anesthésie, comprend plusieurs recherches permettant de diminuer le risque « **anesthésie** » et le taux de mortalité tout en apportant différents changements.

Dans ce mémoire de Master 2, nous proposons un système de classification intelligent, apportant une aide aux médecins anesthésistes-réanimateurs (MAR), en appliquant quatre classifieurs : - Réseaux de Neurones « RNs », Neuro-Flou « ANFIS », K-Plus Proche Voisins « K-NN » et Machine à Vecteur de Support « SVM » - sur une nouvelle base de données (BDD) anesthésiques collectées localement.

Les résultats obtenus prouvent la fiabilité et la cohérence de notre BDD.

Mots clés - *Anesthésie, RNS, K-NN, ANFIS, SVM, BDD (intubation)*

Abstract

The specialty of Anesthesiology is crucial in medicine. Moreover, it improve a highest, rich and crossing widely territory, which allows a varied practice of anesthesia (SAMU, resuscitation)

The field of anesthesia includes several researches which permit the anesthetic reduction risk and mortality, while providing various changes.

In this Master's Thesis 2, we propose an intelligent classification, providing assistance to anesthetists (MAR), using four classifiers (Neural Networks "RNs" Neuro-fuzzy "ANFIS", K-Nearest Neighbors "K-NN" and Support Vector Machine "SVM") on a new basis (BDD) of data collected locally anesthetic.

The results demonstrate the reliability and consistency of our BDD.

Keywords - Anesthesia, RNS, K-NN, ANFIS, SVM, BDD (intubation)

Table des Matières

Résumé	
Abstract	
Table des matières	
Table des figures	
Liste des tableaux	
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre I : Anesthésie et intubation.....	5
Introduction.....	6
I. ANESTHESIE.....	7
I.1 Définition.....	7
I.2 Historique	7
I.3 Choix de la technique d’anesthésie	8
I.4 Les types d’anesthésie	9
I.4.1 L’anesthésie générale (AG)	9
I.4.1.1 Définition	9
I.4.1.2 Les avantages et les inconvénients de l’anesthésie générale	10
I.4.2 L’anesthésie loco régionale (AL)	10
I.4.2.1 Définition	10
I.4.2.2 Les avantages et les inconvénients de l’anesthésie loco régionale	11
I.5 Les facteurs de risque de l’anesthésie	11
I.6 Le rôle du médecin anesthésiste-réanimateur	12
I.7 Consultation	14
I.7.1 Définition.....	14
I.7.2 Rôle de la consultation	14
I.7.3 Déroulement de la consultation	15
II. L’intubation trachéale.....	17
II.1 Définition.....	17
II.2 Les types d’intubation.....	18
II.2.1 l’intubation trachéale simple (facile).....	18
II.2.2 l’intubation trachéale difficile.....	18
II.3 techniques d’intubation trachéale.....	18

<i>II.3.1 Intubation oro-trachéale</i>	19
<i>II.3.2 Intubation naso-trachéale</i>	19
<i>II.3.3 Extubation</i>	20
II.4 Le matériel utilisé	20
II.5 Les avantages et les inconvénients de l'intubation	22
Conclusion	23
Chapitre II : Méthodes de classification	
Introduction	25
<i>I. Réseaux de neurones</i>	26
I.1 Principes physiologiques du cerveau	26
I.2 Neurone formel (artificiel)	26
I.2.1 Définition.....	26
I.2.2 Caractéristiques.....	27
I.3 Architecture du réseau de neurones	27
Les fonctions de transfert	30
<i>II. Le Neuro-Flou « ANFIS »</i>	31
II.1 Définition	31
II.2 Condition de fonctionnement	31
II.3 Approche étudiée par ANFIS	32
II.4 Structure de l'ANFIS	32
<i>III. Support Vecteur Machine (SVM)</i>	35
III.1 Définition et propriétés	35
III.2 Caractéristiques des SVM	36
III.3 Rôle des SVM	36
<i>IV. La méthode du 'k' plus proche voisin</i>	37
IV.1 Définition	37
IV.2 Algorithme des k-voisins les plus proches	38
IV.2.1 Domaines d'application.....	38
IV.2.2 Principe de fonctionnement.....	39
IV.2.3 Choix de la valeur de k.....	40
IV.3 Avantages et inconvénients	40
Conclusion	41
Chapitre III : Résultats et Interprétations	
	42

Introduction.....	43
<i>I. Base de données.....</i>	<i>44</i>
I.1 Présentation de la base.....	44
I.2 Critères d'évaluation.....	49
<i>II. Résultats et interprétations.....</i>	<i>51</i>
II.1 Techniques utilisées.....	51
II.2 Résultats et interprétations.....	51
Conclusion.....	57
CONCLUSION GENERALE.....	58
ANNEXE 1 : Fiche de consultation d'anesthésie.....	59
ANNEXE 2 : Notion sur la logique floue.....	63
A.2.1 Définition.....	63
A.2.2 Structure et principe d'un système flou.....	64
BIBLIOGRAPHIE.....	65

TABLE DES FIGURES :

- I.1:** La laryngoscopie
- I.2 :** Intubation oro-trachéale
- I.3 :** Intubation nasotrachéale
- I.4 :** Matériels de l'intubation
- II.1:** Neurone biologique
- II.2:** Le système nerveux
- II.3:** Fonctionnement d'un réseau de neurone
- II.4:** Perceptron monocouche
- II.5:** Perceptron multicouche
- II.6:** Architecture du modèle ANFIS
- II.7:** Linéairement séparable
- II.8:** Non linéairement séparable
- II.9:** Maximisation de la marge avec les SVM
- II.10:** Représentation du k plus proches voisins
- III.1 :** Larynx vu du dessus
- III.2 :** Classification de Cormack et Lehane
- III.3 :** Distance thyro-mentonnaire
- III.4 :** Histogrammes de la base de données
- III.5 :** Histogramme de l'intubation
- III.6:** Résultats obtenus par les SVM
- III.7:** Résultats obtenus par les KNN
- III.8:** Résultats obtenus par les RNS
- III.9:** Résultats obtenus par ANFIS
- III.10:** Histogrammes du taux de classification

LISTE DES TABLEAUX

II.1 : Fonctions de transfert

III.1 : Classification du score ASA

III.2 : Score Mallampati

III.3 : Les différents descripteurs de notre sous base de données

III.4 : Représentation de matrice de confusion

III.5 : Matrice de confusion des SVM

III.6 : Matrice de confusion des KNN

III.7 : Matrice de confusion des RNS

III.8 : Matrice de confusion des KNN

III.9 : Moyenne et écart type des résultats

INTRODUCTION GENERALE

La classification permet de séparer les données de natures différentes et d'extraire les caractéristiques des données d'un vecteur d'entrée. En augmentant les caractéristiques, nous compliquons la tâche de la classification, de sorte que la difficulté du problème, réside dans la variabilité des descripteurs entre différents objets de même classe, contrairement, qu'avec les mêmes caractéristiques, pour des classes différentes.

L'anesthésie est une spécialité médicale qui permet de rendre un patient inconscient à tous actes chirurgicaux, sans percevoir ou ressentir la douleur (en éliminant la sensation douloureuse partielle ou totale). Elle est pratiquée dans tous les domaines de la médecine et englobe toutes les spécialités.

Le nombre de Médecins Anesthésistes-Réanimateurs (MAR) est très réduit (7000) en Algérie, malgré l'importance capitale de leurs tâches.

Avant de procéder à l'anesthésie, plusieurs critères sont étudiés pendant la consultation, laquelle est un acte obligatoire et sécurisant. Celle-ci permet de nous donner des renseignements sur le patient, plus particulièrement, sur son intubation. Ces derniers sont consignés dans le dossier médical du malade.

La consultation est nécessaire avant d'entamer tout acte médical (chirurgie ou autre). Durant cette dernière, le MAR détecte le score American Society of Anesthesiologist (ASA) du patient (un paramètre prédictif du risque opératoire) et décide si celui-ci sera accepté, refusé, ou reporté (dans le cas d'une intervention chirurgicale) ; ensuite, il prévoit la meilleure technique d'anesthésie (Anesthésie Générale, Anesthésie Locale) ; enfin, il élabore si l'intubation du patient est facile ou difficile.

L'intubation est le fait d'introduire une sonde endo-trachéale dans la trachée. Elle permet la ventilation contrôlée et facilite l'aspiration trachéo-bronchique ; c'est donc là, la base de notre recherche.

Plusieurs chercheurs ont travaillé dans le domaine de l'anesthésie, dans le but d'offrir une aide aux médecins anesthésistes-réanimateurs et, dans celui de diminuer les risques opératoires (taux de mortalité).

Parmi les travaux existant dans la littérature anesthésique, on y découvre que les chercheurs:

S. Rao Mallampati, MD Stephen et al ont travaillé en 1985 sur une étude prospective concernant l'intubation trachéale difficile subie par 210 patients (47 hommes et 163 femmes).

Un système d'évaluation relativement simple fut conçu afin de prévoir le degré de difficulté dans l'exposition laryngée et de diminuer le risque de mortalité.

Après quelques années, en 1991, Michael J. Leight ; et al ont établis un seuil de 90% pour l'indicateur de contrôle de la qualité de l'intubation trachéale. Il a été développé à partir d'un système d'aide au diagnostic médical contenant une base de données de 143 patients collecté sur une période de 36 mois. Le taux de réussite de l'intubation endotrachéal d'une manière aveugle (sans l'utilisation de l'indicateur de contrôle) été de 71%, alors qu'avec l'étude de l'indicateur de contrôle il a augmenté à 92%.

Entre 2001 et 2005 A. Yardimci et al ont travaillé avec des systèmes intelligents plus exactement par le neuro-flou en examinant la profondeur de l'anesthésie en utilisant deux produits anesthésiques différents : le Sevofluorane (permet d'augmenter la sécurité et le confort des patients et de diriger l'attention de l'anesthésiste sur d'autres variables physiologiques) et le Desflurane (augmente la sécurité des patients et le confort et prolonge la période de récupération)

Dans le système adaptatif de contrôle neuro-flou, si l'anesthésiant Desflurane n'assure pas la sécurité du patient (comme un équipement qui fonctionne indépendamment sans l'anesthésiste), il peut facilement être utilisé comme un moniteur permettant de garder une trace de la profondeur de l'anesthésie. Aussi aider l'anesthésiste a consacré son attention à d'autres tâches qui ne peuvent pas encore être suffisamment automatisé.

En 2007, un autre travail a été réalisé par Hamdi Melih et al, concernant un système d'aide à la décision basé sur la logique floue pour le contrôle de la profondeur anesthésique du patient afin d'aider les anesthésistes à prévoir la technique d'anesthésie la plus performante et la moins chère dans un laps de temps. Cette profondeur peut être déterminée lors de la consultation selon un agent anesthésique et des caractéristiques du patient (tel que l'âge, le poids, etc...), alors que dans le domaine de la chirurgie, selon l'expérience de l'anesthésiste et le contrôle de la pression artérielle systolique (PAS) et des paramètres du pouls cardiaque (HPR).

En 2008, Qing Yan, Hongmei Yan et al ont élaboré un système d'aide aux diagnostics basé sur un classifieur machine à vecteur de support SVM, dont l'objectif est d'aider les anesthésistes lors de la décision médicale, cette étude comprend 13 caractéristiques de prédication physiques de la trachée d'intubation (voir les critères d'intubation) et 264 dossiers médicaux des patients recueillis. Par ailleurs, ce système est examiné en utilisant la méthode de validation croisée 4 fois et le SVM, les résultats

obtenus montrent qu'une précision moyenne peut atteindre un taux de classification de 90,53%.

Le chercheur Mansoor Mirza et al, a travaillé dans le domaine de l'anesthésie lors de la détection de l'hypovolaemia en appliquant des systèmes intelligents plus exactement la logique floue. En 2010, il a développé un système d'alarme de diagnostic (FLMS) utile pour détecter des événements critiques lors de l'administration d'anesthésie, amélioré les performances cliniques en imitant les processus de la pensée humaine dans des circonstances complexes et exécuté avec précision des tâches répétitives auxquelles les humains sont mal adaptés. Après quelques années plus précisément, en 2013, il a amélioré ces résultats en développant un système de monitoring intelligent.

Pour terminer, en 2013, M. A LAZOUNI et al a travaillé dans le domaine du supervisé en démontrant les avantages des outils d'apprentissage automatique dans l'aide au diagnostic médical, ceci afin de détecter automatiquement le score ASA du patient. Cet article présente la mise en œuvre des trois algorithmes d'apprentissage supervisé: les arbres de décision (C4.5), les Machines à Vecteur de Support(SVM) et le Perceptron multicouche (MLP) dans l'environnement MATLAB, sur la base de l'évaluation préopératoire. Il a utilisé une nouvelle base de données recueillie auprès de 898 patients, représentée par 17 paramètres ayant 4 classes différentes. Par ailleurs, la robustesse de ce système a été évaluée, en utilisant une méthode de validation croisée 10 fois et les résultats des trois classificateurs proposés ont été comparés.

Afin de renforcer les résultats obtenus par Mr A.LAZOUNI, nous avons utilisé la même base de données, mais avec la quatrième sous base (4^{ème} classe) qui représente la détection du type d'intubation ; nous avons testé cette dernière par 4 méthodes [SVM, KNN, RNS et ANFIS] afin de diminuer le risque opératoire, d'avoir un meilleur taux et de bons résultats que ceux obtenus auparavant.

Notre objectif est de donner une aide aux médecins anesthésistes-réanimateurs dans leurs diagnostics médicales lors de l'acte chirurgicale. Pour cela nous avons travaillé avec une nouvelle base de données de 895 patients étudiées dans ce domaine.

Ce travail de Master se situe dans le contexte général de l'Aide au Diagnostic médical des médecins anesthésistes-réanimateurs.

Notre mémoire débute par une introduction générale suivie de l'état de l'art.

Il se décompose de :

– Chapitre 1 : Anesthésie et Intubation, détaille les notions de base de l'anesthésie et les différents critères d'intubation.

– Chapitre 2 : Méthodes de classification, illustre les différentes approches de classification appliquées tout en présentant les propriétés qu'elles regroupent :

- ❖ Réseaux de neurones (RNS),
- ❖ Neuro-Flou (ANFIS),
- ❖ Machine à vecteur de support (SVM),
- ❖ K plus proche voisin KNN.

– Chapitre 3 : Résultats et Interprétations, comporte les résultats obtenus et leurs interprétation.

En dernier lieu, une conclusion générale.

CHAPITRE I

Anesthésie et Intubation

INTRODUCTION

L'anesthésie-réanimation est la spécialité de la médecine qui se consacre à la prise en charge péri-opératoire des patients d'un côté, et de l'autre, à la prise en charge des patients présentant ou susceptibles de présenter une ou plusieurs défaillances viscérales aiguës, mettant directement en jeu le pronostic vital [1]

En Algérie, on peut compter environ 7000 médecins anesthésistes-réanimateurs (MARs). Ce nombre est insuffisant pour effectuer les différentes interventions chirurgicales. [2]

Le médecin anesthésiste-réanimateur joue le rôle d'un médecin généraliste durant une courte période avec le patient. Il effectue la consultation pré-anesthésique, plusieurs jours avant l'intervention programmée, pour mieux se familiariser avec l'acte chirurgical et pour avoir plus de renseignements en ce qui concerne le patient. Cette consultation est obligatoire ; elle fait partie du concept de sécurité anesthésique ; ces données sont consignées dans un dossier d'anesthésie, intégré au dossier médical du patient. Le MAR essaye de détecter le score American Society of Anesthesiologist (ASA score) qui est un paramètre prédictif du risque opératoire, de décider si le patient sera accepté, refusé ou reporté pour une intervention chirurgicale ; ensuite, de prévoir la meilleure technique d'anesthésie (Anesthésie Générale, Anesthésie Locale), enfin, d'élaborer si l'intubation du patient est facile ou difficile. Cette dernière présente l'objet de notre recherche.

Ce chapitre est divisé en deux grandes parties. Dans la première partie, nous nous intéressons à donner quelques notions de bases de l'anesthésie, notamment : sa définition, ses différents types, ainsi que le rôle du MAR lors de la chirurgie et de la réanimation. Alors que dans la seconde, nous définissons l'intubation trachéale chez les patients.

PREMIERE PARTIE***I. ANESTHESIE*****I.1 DEFINITION**

L'anesthésie est une technique qui assure la suppression partielle ou totale de la sensibilité douloureuse induite par une narcose provoquée. Elle permet la réalisation, sans mémorisation et sans douleur, des interventions chirurgicales et des actes médicaux douloureux ou invasifs. Elle se définit par une abolition de la conscience et une incapacité à percevoir la douleur, tout en assurant une sécurité au patient. [3]

Cette anesthésie doit être bien distinguée de l'analgésie, laquelle ne cherche que la suppression des sensations douloureuses liées à la chirurgie, ou toutes autres causes de douleur.

En réalité, l'anesthésie peut être considérée comme un état de coma, contrôlé et réversible. [3]

I.2 HISTORIQUE

Deux médecins se sont intéressés à la découverte de l'anesthésie par l'éther. Le chimiste Charles Thomas Jackson fournit au chirurgien de l'hôpital de Boston, William Morton, les indications indispensables à sa préparation et à son administration.

Le 30 septembre 1846, Morton pratiqua sa première intervention anesthésique, en utilisant l'éther.

Les techniques anesthésiques modernes, liées à l'apparition d'un savoir scientifique, permettant de produire artificiellement l'insensibilité soit locale (régionale), soit générale, voient le jour au milieu du XIXe siècle. Celles-ci nécessitent l'emploi de l'éther et du protoxyde d'azote pour des interventions dentaires et inaugurent une succession de découvertes et de perfectionnements ininterrompus.

Cependant, en tant que savoir, elle est bien plus ancienne. On peut la situer depuis le Moyen Âge, opérée par l'école médicale de Salerne (Italie) jusqu'à la renaissance des connaissances médicales. Elle a été aussi mentionnée par PLATON (philosophe grec) en 400 avant J-C, pour décrire l'absence d'émotions et de sensations physiques. [4]

Les premières anesthésies locales à la cocaïne sont pratiquées en 1884 ; leur succès est suivi de l'introduction de la rachianesthésie en 1898, suivie elle-même par la découverte de la procaine en 1905, puis par celle du cyclophane en 1930.

Le thiopental, inoculé pour la première fois en 1934 est utilisé jusqu'à nos jours, dans l'anesthésie intraveineuse.

A partir de 1950, des agents anesthésiques intraveineux nouveaux se multiplient ; un autre composé fluoré, l'halothane, est synthétisé : il allait devenir l'anesthésique par inhalation, le plus utilisé au monde et ce, depuis 1980.

A ce jour, l'anesthésie combinée, associant morphine et chloroforme, proposée en 1860 par le médecin Claude Bernard, physiologiste français (1813-1878), est devenue «anesthésie balancée» où divers anesthésiques, analgésiques morphiniques et myorelaxants, administrés par voie intraveineuse ou par inhalation, y sont associés. La combinaison de ces diverses molécules minimise les effets secondaires d'une anesthésie, grâce à une diminution des doses nécessaires.

Avec le développement et le perfectionnement des techniques d'inoculation, de ceux de nouveaux appareillages, l'anesthésie est devenue une discipline médicale autonome, à laquelle est jointe la réanimation.

I.3 CHOIX DE LA TECHNIQUE D'ANESTHESIE

Dans la consultation d'anesthésie, le MAR propose au patient la meilleure technique d'anesthésie, c'est-à-dire, celle qui lui offre plus de sécurité (anesthésie générale ou anesthésie locale).

Pour faire ce choix, le MAR doit étudier plusieurs paramètres, présentés comme suit :

A. Age :

- 1) Pour les nourrissons et les enfants, est pratiquée l'anesthésie générale.
- 2) Pour les adultes : on utilise l'anesthésie locale dans les courtes interventions des lésions superficielles du corps.

B. Etat physique du patient :

- 1) Affection préopératoire : s'assurer que le patient ne présente aucune allergie aux anesthésiques.
- 2) Atteinte sévère des fonctions vitales (maladies chroniques) : une anesthésie locale est nécessaire.

3) Patients émotifs ou non coopératifs : séniles, désorientés et malades mentaux sont des indications pour une anesthésie générale.

4) Patients obèses : le meilleur choix est l'anesthésie locale ou la rachianesthésie ; mais, si l'anesthésie générale est nécessaire, elle doit être réalisée sous couvert d'une intubation trachéale.

C. Type de chirurgie :

Les interventions réalisées en décubitus ventral ou latéral et les opérations de longue durée demandent une anesthésie générale ; il en est de même pour les autres positions inconfortables.

D. Habilité et exigences du chirurgien :

Il est exigé du praticien une certaine habilité et une dextérité dans les différentes sortes d'interventions.

E. Habilité et préférences de l'anesthésiste :

Après avoir examiné tous les facteurs impliqués ainsi que toutes les indications et contre-indications, le choix définitif des agents et des techniques anesthésiques est souvent une affaire de préférence et d'expérience personnelles.

F. Souhaits du patient :

Les désirs du patient seront respectés, si les conditions le permettent et, si le succès de l'intervention n'est pas compromis. [5], [6]

I.4 LES TYPES D'ANESTHÉSIE

Il existe deux grandes familles d'anesthésie :

- a) l'anesthésie générale,
- b) l'anesthésie locorégionale.

I.4.1 L'Anesthésie Générale (AG)

I.4.1.1 Définition

L'anesthésie générale peut se définir comme un état d'inconscience réversible (état comparable à un sommeil profond) provoqué par les anesthésiques (injection de médicaments et/ou inhalation de gaz), avec disparition de la perception de la douleur dans tout l'organisme. Elle est indiquée pour les interventions chirurgicales étendues, ainsi que,

pour celles, dont l'application de l'anesthésie locale, est impossible ou non satisfaisante ; de même que pour les jeunes enfants, les malades mentaux et ceux ayant des antécédents de réactions toxiques ou allergiques aux anesthésiques locaux. [4]

I.4.1.2 Les avantages et les inconvénients de l'anesthésie générale

L'anesthésie générale présente :

- D'une part, plusieurs privilèges dont : le confort du patient, d'excellentes conditions chirurgicales, un meilleur contrôle ventilatoire et hémodynamique per-opératoire ; elle peut, également utiliser des agents anesthésiques rapidement réversibles pour ne pas affecter durablement la ventilation.

- D'autre part, différentes complications : un risque de perdre le patient (ne se réveillant pas de l'état comateux), une provocation des maux de gorge dus à une intubation, des troubles de la mémoire ou une baisse des facultés de concentration et des complications imprévisibles comportant le risque vital d'une allergie grave, d'un arrêt cardiaque ou d'une asphyxie. [7]

I.4.2 L'Anesthésie Loco régionale (AL)

I.4.2.1 Définition

L'anesthésie loco régionale est une abolition transitoire de la conduction nerveuse dans un territoire corporel prédéfini. On distingue les anesthésies loco régionales centrales (péridurale ou rachianesthésie), et périphériques (blocs des plexus nerveux et des nerfs ou anesthésies tronculaires pour insensibiliser un membre ou un segment de membre).

Les anesthésiques locaux affectent toutes les cellules, agissent de façon préférentielle sur les tissus nerveux et provoquent un blocage non sélectif et réversible des fibres nerveuses (non seulement sur les fibres sensibles, mais aussi sur les fibres motrices). Leur principale propriété est d'interrompre la conduction de l'influx nerveux quel que soit l'endroit du neurone avec lequel ils entrent en contact [8]. Il s'en suit un blocage portant à la fois sur la sensibilité et sur la motricité, à des degrés variables, dépendant du site d'injection, de la quantité administrée et de la nature de l'agent anesthésique utilisé. C'est une technique simple qui nécessite un minimum de matériel ; elle coûte moins chère que l'anesthésie générale. Elle est indiquée : - pour les interventions de courte durée (moins de 2h), - quand l'anesthésie générale est contre-indiquée, - chez les patients atteints d'une

insuffisance respiratoire (permet d'éviter la dépression respiratoire) et - lors d'une intubation difficile. [9]

I.4.2.2 Les avantages et les inconvénients de l'anesthésie loco régionale

L'anesthésie loco régionale permet :

- Une anesthésie ambulatoire,
- Un maintien de la conscience,
- Une récupération plus accélérée permettant une sortie rapide (2 à 3 heures après l'intervention),
- Une réduction des perturbations des fonctions physiologiques,
- Une diminution du saignement,
- Des complications pulmonaires moins fréquentes.

Les risques propres aux anesthésies loco régionales sont :

- Des maux de tête,
- Des risques spécifiques aux autres anesthésies loco régionales, (ex : au cours de l'anesthésie de l'œil, des complications telles, une diplopie - le fait de voir double - ou plus rarement, une plaie oculaire, peuvent survenir),
- Des séquelles, passagères ou définitives, (ex : baisse ou perte de la vision),
- Des complications respiratoires possibles, lors de certaines anesthésies du membre supérieur ou du thorax,
- Des nausées, des vomissements, des démangeaisons, des troubles passagers de la mémoire ou une baisse des facultés de concentration peuvent survenir, en fonction des médicaments associés.

Toutes les techniques d'anesthésie loco régionale peuvent donner lieu à des complications graves mais rares : - paralysie et/ou insensibilité plus ou moins étendues, temporaires ou permanentes,- accident cardiovasculaire, - convulsions, - blessure d'un organe proche. [10]

I.5 LES FACTEURS DE RISQUE DE L'ANESTHESIE

Tout acte médical, même conduit avec compétence dans le respect des données acquises de la science, comporte un risque. C'est pour cette raison que le patient adulte doit lire et signer un formulaire de consentement, alors que le mineur doit avoir une autorisation paternelle.

Les conditions actuelles de surveillance de l'anesthésie et de la période de réveil, permettent de dépister et de traiter rapidement les anomalies.

Les complications graves de l'anesthésie peuvent être :

- D'ordre allergique,
- Secondaire à un surdosage médicamenteux responsable d'une défaillance respiratoire, circulatoire ou cardiaque,
- Secondaire à une maladresse ou à une erreur dans l'évaluation pré opératoire du patient,
- D'ordre respiratoire entraînant une hypoxie.

En dehors des complications graves, l'anesthésie et la chirurgie sont parfois suivies d'évènements désagréables. [11]

I.6 LE ROLE DU MEDECIN ANESTHESISTE-REANIMATEUR

Le médecin anesthésiste-réanimateur est un élément-clé dans la conduite de l'anesthésie. Il joue un rôle lors de la chirurgie : - la consultation pré-anesthésique en premier lieu, - le bloc opératoire, - le décours (déclin) dans la salle de réveil ; ou lors de la réanimation.

Le médecin anesthésiste intervient également en cas de complication postopératoire.

➤ Au cours de la consultation pré anesthésique

Le médecin anesthésiste-réanimateur va rencontrer le patient lui-même, plusieurs jours avant l'intervention, afin de s'enquérir de son état. Il doit ensuite procéder à un examen préalable et approfondi, en consignnant ses résultats dans un document écrit, incluant les résultats des examens complémentaires et des éventuelles consultations spécialisées.

L'anesthésiste a, comme tout médecin, le libre choix de sa technique et le mode d'anesthésie qui lui paraît le plus adapté à l'état de son patient.

Parfois, certains patients souhaitent légitimement participer au choix du médecin ; le devoir de ce dernier est de tenir compte des désirs du malade et de lui donner satisfaction si son souhait est compatible avec son intérêt sur le plan médical et d'assurer un déroulement parfait de l'anesthésie.

La responsabilité du MAR est entièrement engagée s'il y'a faute éventuelle dans le choix de la technique d'anesthésie

➤ Au bloc opératoire

L'essentiel de l'activité du MAR se déroule au bloc opératoire : il administre une anesthésie générale ou locale (permettant au patient de rester éveillé). Tout au long de l'intervention, l'anesthésiste surveille les signes vitaux (pression artérielle, fréquence cardiaque, oxygénation) et réinjecte des produits anesthésiants.

Il assure ensuite le suivi du patient en salle de réveil et celui de la prise en charge des douleurs postopératoires.

➤ En salle de réveil

La salle de surveillance post-interventionnelle (SSPI) accueille des patients relevant d'une surveillance post-anesthésique et ayant subi une intervention chirurgicale durant une période plus ou moins longue.

Objectifs dans la salle de réveil :

- Accueil et installation du patient, en recherchant sa sécurité et son confort selon les prescriptions médicales et anesthésiques,
- Surveillance et maintien des grandes fonctions vitales,
- Prévention et traitement de toutes complications,
- Evaluation et prise en charge de la douleur.

➤ En réanimation

Il s'agit de la prise en charge des patients présentant ou susceptibles de présenter une ou plusieurs défaillances viscérales aiguës, mettant directement en jeu le pronostic vital. Le médecin anesthésiste-réanimateur intervient souvent dans les services d'urgences et SAMU, et peut être considéré comme urgentiste.

Toute anesthésie, générale ou loco régionale, réalisée pour un acte non urgent, nécessite une consultation, plusieurs jours à l'avance ainsi qu'une visite pré anesthésique.

Cependant, les MAR présentent un nombre insuffisant pour effectuer ces différentes tâches. Pour cela, nous proposons dans ce mémoire de master un système d'aide effectif, efficace et permanent au diagnostic des MARs dont le but est de détecter la nature de l'intubation (facile ou difficile).

I.7 CONSULTATION

I.7.1 DEFINITION

La visite préopératoire et l'examen pré anesthésique sont les étapes essentielles de l'évaluation et de la préparation du patient avant l'intervention, cette visite permet un échange d'informations important à la foi pour l'anesthésiste et son patient.

La consultation d'anesthésie s'est inscrite en France le 5 décembre 1994 selon le décret du 94-1050 [12] et d'après notre enquête de terrain au niveau du CHU de Tlemcen, les MARS des différents services nous ont confirmé que la consultation a été inscrite, durant les 10 dernières années, en Algérie.

Dans le décret du ministère de la santé " dans chaque structure médico-chirurgicale la présence d'un médecin anesthésiste réanimateur est **obligatoire**", ce qui n'est pas une réalité du fait que le nombre de MAR est insuffisant.

I.7.2 ROLE DE LA CONSULTATION

Cette consultation préopératoire est obligatoire [13]. Elle permet la détection du score ASA, le choix de la meilleure technique, l'acceptation ou le refus du patient et l'intubation. En outre, il est possible d'effectuer des examens complémentaires en étudiant le dossier du malade et en l'examinant, ce dernier comprend ses antécédents, les résultats de l'examen clinique préopératoire, les examens biologiques essentiels et un ECG qui est conseillé systématiquement pour les patients à partir de 35 ans et au dessous de cet âge en cas de nécessité [14]. Afin de clarifier ces examens, une annexe est prévue [ANNEXE 1].

La consultation pré anesthésique comprend divers paramètres cités ci-dessous :

- **La classification de l'ASA**

Pour quantifier le risque anesthésique, le MAR utilise le score American Society of Anesthesiologists (ASA) qui est un paramètre prédictif de la mortalité péri-opératoire globale, classant les patients en 5 catégories, dans un ordre croissant du risque, de la classe 1 à la classe 5 comme suit :

- ASA1: patient ne souffrant d'aucune pathologie que celle qui nécessite l'intervention projetée,
- ASA2 : patient souffrant d'une perturbation modérée d'une grande fonction,
- ASA3 : patient souffrant d'une perturbation grave d'une grande fonction,

- ASA4 : risque vital imminent,
- ASA5 : patient moribond, [15]
- URGENCE : pour tous les patients classés dans les rubriques précédentes, opérés d'urgence, il est d'usage d'ajouter la lettre E (Emergency) au chiffre indiquant la catégorie du risque. [14]

- **Le refus ou l'acceptation du patient**

Pour accepter ou refuser un malade on doit voir en premier lieu son score ASA, de telle sorte que si le score est de classe 4 ou 5 le recours à d'autres paramètres (IDM, AVC) sera préconisé.

- **Choix de la technique d'anesthésie**

L'indication du type d'anesthésie et de ses modalités est du ressort du médecin anesthésiste-réanimateur. Elle dépend :

- De la chirurgie (mineure ou lourde, hémorragique ou non et de son siège),
- De l'état du patient, et de son âge.

Dans le cas d'une anesthésie générale, on doit voir si le patient est allergique, fumeur, alcoolique ou drogué, aussi on étudie les critères d'intubation.

Dans le cas de d'une anesthésie locale, on prend en considération le choix du patient (son refus a une AL), son allergie au produit d'anesthésie locale et le stress.

Dans les deux cas de l'anesthésie, on doit étudier tous les paramètres, notamment les critères d'intubations et ceci en cas des complications du patient au cours de l'intervention.

- **Intubation trachéale**

L'intubation trachéale, est un geste simple et codifié, pratiquée de façon quotidienne au bloc opératoire. Elle est aussi utilisée en réanimation et en urgence et c'est notre objet de recherche.

I.7.3 DEROULEMENT DE LA CONSULTATION

Lors de la visite pré anesthésique, l'anesthésiste examine les dents du patient et envisage les risques de lésion au cours de la laryngoscopie ou de l'intubation, particulièrement si des dents sont manquantes ou couronnées. Les patients devant être opéré le lendemain, doivent rester à jeûn à partir de minuit. L'anesthésiologiste rédige un compte rendu pré anesthésique qui figurera dans le dossier du patient ; évalue son état

physique, prescrit la prémédication et demande à ce que son dossier (vu et accepté par l'intéressé) le suive en salle d'opération. [14]

La consultation d'anesthésie est un élément clé de l'organisation, en particulier de la programmation opératoire. Elle permet: une meilleure approche du risque, le respect du patient, des économies réalisables et l'insertion de l'anesthésie de plain pied dans le fonctionnement du bloc opératoire.

Au cours de cette dernière, on étudie plusieurs critères parmi eux, ceux de l'intubation, afin de mieux se préparer à l'intervention ; on peut les citer dans la partie suivante de ce document.

II. INTUBATION TRACHEALE

II.1 DEFINITION

L'intubation est une technique permettant le cathétérisme de l'orifice glottique et de la trachée, par une sonde d'intubation semi-rigide dont l'extrémité émerge par la bouche (la plus utilisée) ou par le nez. Elle permet la ventilation contrôlée et facilite l'aspiration trachéo-bronchique. C'est un geste courant, en règle facile et rapide, souvent indispensable en anesthésie et réanimation d'urgence, elle peut être rendue difficile dans certaines circonstances pathologiques congénitales ou acquises qu'il convient de dépister au préalable pour adapter le matériel et choisir au mieux le protocole. [16]

La laryngoscopie est la technique de base de l'intubation trachéale.

❖ *Définition de la laryngoscopie :*

En anesthésie, le laryngoscope est utilisé pour l'exposition et l'examen direct du larynx et des structures voisines dans le but essentiel d'introduire une sonde dans la trachée au travers de la glotte.

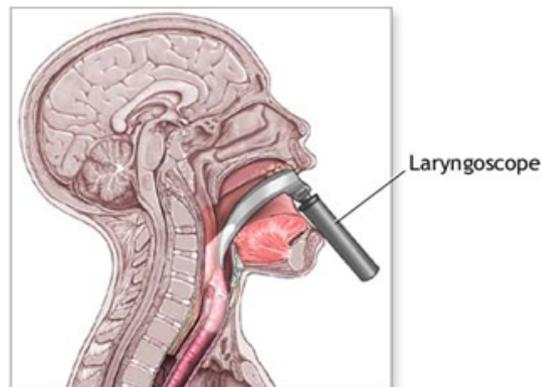


Fig I.1: La laryngoscopie

❖ Complications de la laryngoscopie :

- Des contusions, des éraflures et des dilacérations de la bouche, du pharynx, du larynx et de l'œsophage,
- Des lésions des dents, des gencives et dégâts causés aux prothèses dentaires,
- Des modifications circulatoires concernant la pression artérielle et le rythme cardiaque sont habituellement constatées lors de la laryngoscopie. [17]

II.2 LES TYPES D'INTUBATION

On peut distinguer deux types d'intubation facile et difficile.

II.2.1 L'intubation trachéale simple (facile)

L'intubation facile (IF) est un geste simple et codifié, pratiquée de façon quotidienne au bloc opératoire ; aussi en réanimation et en urgence, elle nécessite un apprentissage rigoureux pour une efficacité et une rapidité optimales afin de limiter les complications qu'elle peut entraîner. [18]

L'anesthésie endo-trachéale est obtenue par l'introduction de gaz anesthésiques dans la trachée au moyen d'une sonde mise en place dans cette dernière à travers le larynx (ou par trachéotomie). La mise en place de cette sonde peut se faire par voie nasale, par voie orale ou par trachéotomie. [17]

II.2.2 L'intubation trachéale difficile

L'intubation difficile (ID) est une situation de crise dans laquelle la vie du patient est en danger ; elle représente 0,5 à 2 % des cas.

L'anesthésiste doit faire face quotidiennement au problème de la prise en charge des voies aériennes.

L'intubation est dite difficile quand :

- ❖ Une classification de Mallampati est supérieure à 2,
- ❖ Une distance thyro-mentonnaire est inférieure à 65 mm,
- ❖ Une ouverture de la bouche inférieure à 35 mm,
- ❖ Une intubation nécessitant plus de dix minutes et/ou plus de deux laryngoscopies dans les conditions idéales d'intubation,
- ❖ Des antécédents d'intubation difficile,
- ❖ Ainsi les dents tel qu'il faut voir si le patient est édenté, a une mauvaise dentition, le dentier supérieur et en fin le dentier inférieur. [19]

II.3 TECHNIQUES D'INTUBATION TRACHEALE

La trachée peut être intubée par voie orale (sous laryngoscopie directe), par voie nasale (sous laryngoscopie directe ou à l'aveugle), par voie orale ou nasale avec un laryngoscope en fibre de verre, ou par trachéotomie (sans laryngoscope).

II.3.1 Intubation oro-trachéale

Intubation par voie orale sous anesthésie générale et sous laryngoscopie directe. C'est la méthode la plus facile, la plus rapide et la plus utilisée. Une figure (**Fig 1.2**) présentée ci-dessous démontre cette technique

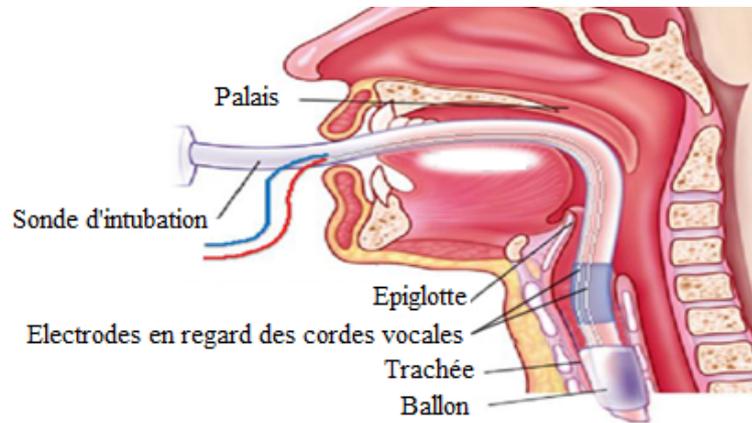


Fig I.2 : Intubation oro-trachéale

II.3.2 Intubation naso-trachéale

Intubation réalisée sous anesthésie générale ou loco régionale, consiste à intuber sous laryngoscopie directe, utilisée en chirurgie oto-rhino-laryngologique (ORL) ou stomatologique, ou lors d'une intubation prolongée ou difficile, sa fixation narinaire est aisée. Il faut utiliser un tube lubrifié, glissé par la fosse nasale la plus perméable, le biseau orienté vers la cloison. Le cathétérisme de la glotte se fait sous vision directe à l'aide d'une pince de Magill. Elle doit toujours se faire en douceur. La figure (**fig I.3**) suivante expose cette méthode.

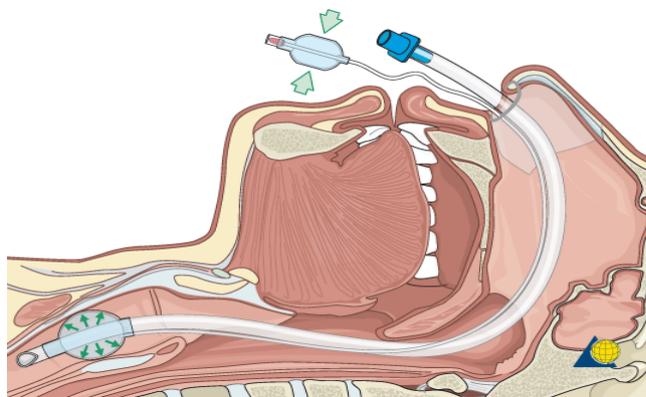


Fig I.3 : Intubation naso-trachéale

- Intubation nasotrachéale à l'aveugle

Est utilisée pour intuber un patient conscient ou quand l'intubation nasotrachéale sous laryngoscopie directe a échoué.

Parmi ces différentes techniques d'intubation trachéale, l'intubation par voie orotrachéale est la plus utilisée et est appliquée dans notre base de données.

II.3.3 Extubation

Dés la fin de l'intervention chirurgicale, on procède à une aspiration douce de la bouche et de la trachée.

L'extubation s'effectue à la fin d'une inspiration, sous anesthésie légère et seulement si la respiration spontanée est satisfaisante.

L'extubation ne doit pas être faite avec une sonde d'aspiration en place dans la lumière du tube. Il en résulte une diminution de la Saturation Pulsée en Oxygène (SPO2) alvéolaire et cette manœuvre est sans effets pour prévenir l'aspiration. [17]

II.4 LE MATERIEL UTILISE

a. Lames de laryngoscope

Le laryngoscope standard rigide comporte une lame détachable et un manche, habituellement en forme de L. Les lames standards possèdent un rebord pour refouler la langue sur le côté et un côté ouvert pour visualiser le larynx. La lame que l'on introduit dans la bouche, comprend une spatule, un bourrelet, et une extrémité, ainsi qu'une source lumineuse :

- La spatule peut être droite ou courbe ;
- L'extrémité de la lame entre en contact avec l'épiglotte ou la fossette glosso épiglottique pour en assurer directement ou indirectement l'effacement.

La lame peut être jetable ou non. Elle existe en différents types et différentes tailles numérotées. [17]

b. Sondes d'intubation

Les sondes d'intubation les plus communément utilisées en pratique sont en polychlorure de vinyle (PVC) avec un ballonnet basse pression, grand volume. La souplesse du PVC est adaptée à l'intubation trachéale. Un autre type de sonde est fait d'un fil spiralé de nylon ou de métal enrobé dans du latex pour éviter son affaissement.

Les sondes, avec ou sans ballonnet, peuvent être opaques ou transparentes.

c. Guide sonde

Un long mandrin malléable, souple (stylet) permet de maintenir la sonde dans une forme déterminée et est indiqué lors d'une laryngoscopie difficile (Cormack grade II ou III).

Son extrémité distale ne doit pas dépasser l'extrémité de la sonde. Il doit être retiré dès que la sonde endotrachéale pénètre dans le larynx afin d'éviter tout risque de traumatisme. L'emploi de ce dernier à usage unique est recommandé car ce dispositif n'est pas stérilisable. [21], [22]

d. Alternatives à l'intubation endotrachéale

- Masque facial : Doit figurer sur le plateau d'intubation et doit être adapté à la morphologie du patient. Il est utilisé pour la pré-oxygénation, la ventilation après l'apnée et l'entretien de l'anesthésie pour certains gestes courts.
- Masque laryngé : Restérilisable constitue une alternative à la sonde endotrachéale permettant d'éviter la laryngoscopie. Il consiste à introduire dans la bouche un tube muni d'un ballonnet volumineux, épousant une fois gonflé, la forme du larynx. Cette technique permet le plus souvent de pratiquer une ventilation contrôlée mais, ne prévient pas le risque d'inhalation du contenu gastrique. Son emploi nécessite une anesthésie générale profonde et un maintien des cordes vocales ouvertes. [21]

e. Canule de Guédel

La canule de Guédel permet à la fois de maintenir la langue à distance de la paroi postérieure du pharynx et d'empêcher la fermeture complète de la bouche. [23]

f. Stéthoscope

Permet de contrôler l'auscultation dans les deux champs pulmonaires (percevoir une ventilation dans les deux branches) et voir si la sonde est bien mise en place.

Les différents outils chirurgicaux cités ci-dessus sont les plus employés lors d'une intubation. Ils sont illustrés dans la figure suivante (**fig I.4**)



Fig I.4 : Matériels de l'intubation

➤ Matériel complémentaire

- ouvre-bouche, un cale-bouche,
- matériel de ventilation adaptés et une source d'oxygène,
- aspiration bucco pharyngée,
- sondes d'aspirations trachéales stériles de différents calibres,
- pince de Magill adaptée à l'âge du sujet pour faciliter l'introduction de la sonde d'intubation,
- lubrifiants pour la sonde (gel anesthésique ou de silicone),
- matériel pour fixer la sonde (sparadrap, cordons, etc.),
- une bronchoscope rigide qui doit être à proximité, immédiatement utilisable pour reventiler. [15]

II.5 LES AVANTAGES ET LES INCONVENIENTS DE L'INTUBATION

❖ Les avantages :

- L'intubation trachéale garantit l'intégrité respiratoire,
- Elle assure la liberté des voies aériennes aussi longtemps que la sonde reste perméable,
- L'espace mort anatomique est réduit,
- La ventilation peut être assistée ou contrôlée, sans provoquer une dilatation gastrique ou intestinale,

- La possibilité pour le malade d'inhaler des sécrétions gastriques, du sang, des débris tissulaires ou des vomissements, est nettement réduite,

- La respiration peut être facilement contrôlée en cas de recours à la curarisation.

❖ Les inconvénients :

- L'intubation trachéale entraîne une accélération de la fréquence cardiaque et une augmentation de la pression artérielle, parfois mal supportée chez des patients fragiles ou âgés,

- Des lésions ou des paralysies des cordes vocales peuvent survenir,

- La sonde endo trachéale augmente la résistance à l'écoulement aérien,

- Lèvres, dents, nez, gorge et larynx peuvent être l'objet de traumatismes à l'origine d'enroulement, de douleur et de dysphagie. Un emphysème aigu extensif peut résulter d'une lésion de la muqueuse. La perforation de la membrane au niveau de la décussation du muscle cricopharyngien peut entraîner une médiastinite. [17]

CONCLUSION

Nous avons montré dans ce chapitre les principes, les complications et les types de l'anesthésie. Tel que les paramètres les avantages et les difficultés de l'anesthésie diffèrent d'une technique à une autre (générale ou locorégionale).

Nous avons aussi expliqué le concept de l'intubation trachéale qui est la méthode de choix pour l'isolement et la protection des voies aériennes supérieures, ainsi que pour la ventilation.

Dans le chapitre suivant, nous traitons les méthodes de classification utilisées.

CHAPITRE II

Méthodes de classification

INTRODUCTION

Les méthodes de classification ont pour but d'identifier les classes auxquelles appartiennent des objets, à partir de certains traits descriptifs. Elles s'appliquent à un grand nombre d'activités humaines et conviennent, en particulier, au problème de la prise de décision automatisée.

Les méthodes utilisées par les systèmes d'apprentissage sont très nombreuses et sont issues de domaines scientifiques variés. On peut distinguer plusieurs domaines et techniques de classification, parmi eux : le supervisé, le non supervisé, et le semi supervisé.

❖ Apprentissage supervisé : il est généralement destiné à reproduire un processus quelconque (chimique, mécanique, financier...) dont on connaît seulement quelques variables et les résultats correspondants. Ce qui présente la base de notre recherche.

❖ Apprentissage semi-supervisé : L'apprentissage par renforcement est en fait une sorte d'apprentissage supervisé ; dans ce cas, le système est capable de savoir si la réponse qu'il fournit est correcte ou non ; mais il ne connaît pas la bonne réponse.

❖ Apprentissage non supervisé ou auto-supervisé : utilisé par exemple en classification lorsque les classes auxquelles doivent appartenir les données ne sont pas connues, à priori.

Les données servant à l'apprentissage sont différentes dans ces cas, puisqu'elles consistent en une série de couples (entrée - sortie désirée correspondante) pour les apprentissages supervisés, tandis que pour les apprentissages non supervisés, ils sont uniquement des entrées.

Dans ce travail, nous proposons un système intelligent, afin d'aider le médecin anesthésiste-réanimateur dans son diagnostic, en lui permettant de discerner la méthode d'intubation la plus appropriée aux patients.

Une nouvelle base de données a été collectée et utilisée. Pour vérifier la cohérence et la stabilité de cette dernière, nous avons utilisé 4 techniques de classification les RNS, SVM, K-NN et ANFIS. Telle que chacune présente des caractéristiques et des avantages.

- RNS, présente une puissance d'apprentissage.
- ANFIS, permet l'interprétabilité des résultats, recherchée par les médecins.
- SVM, très utilisée dans les systèmes d'aide au diagnostic médical.
- Et K-NN, facile à implémenter et donne de bons résultats.

I. RESEAUX DE NEURONES

I.1 PRINCIPES PHYSIOLOGIQUES DU CERVEAU

Le cerveau est constitué de neurones biologiques interconnectés qui sont des cellules excitables constituant l'unité fonctionnelle de base du système nerveux.

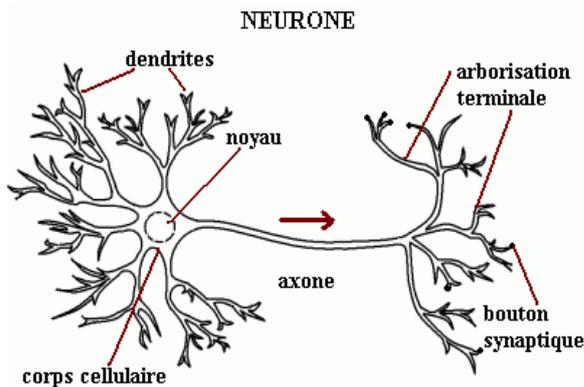


Fig II.1: Un neurone biologique

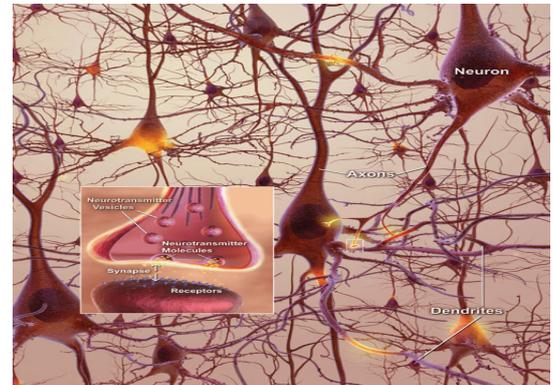


Fig II.2: Un système nerveux

Les neurones reçoivent les impulsions électriques via les dendrites et envoient l'information via l'axone. La durée, et l'amplitude de ces impulsions sont d'environ « 1ms » et « 100mv ».

Les contacts entre deux neurones de l'axone à une dendrite se font par l'intermédiaire des synapses. [23]

I.2 NEURONE FORMEL (ARTIFICIEL)

I.2.1 Définition :

Le premier modèle simple de neurone formel fut proposé par Mc Culloch et Pitts en 1943. Il s'agit d'un neurone binaire dont la sortie vaut 0 ou 1. A partir de ce dernier, d'autres chercheurs ont développé plusieurs techniques utilisées à ce jour.

Le "neurone formel" (ou simplement "neurone") est une fonction algébrique non linéaire et bornée, dont la valeur dépend de paramètres appelés coefficients ou poids ; il s'inspire du mode de raisonnement et d'apprentissage de l'être vivant pour créer un modèle ou un système intelligent.[24]

Les variables de cette fonction sont habituellement appelées "entrées" du neurone, et la valeur de la fonction est appelée "sortie".

Le neurone fonctionne comme suit : chaque entrée est affectée d'un poids. Le passage des entrées dans le corps du neurone se fait en deux étapes ; la première consiste à faire une somme pondérée des entrées par les poids respectifs des connexions sur lesquelles ces entrées se propagent ; la seconde consiste à calculer l'image de cette somme pondérée par une fonction de transfert binaire.

Le résultat obtenu provoque ou non le déclenchement d'un potentiel d'action, suivant le dépassement d'un seuil, et sert à son tour d'entrée à d'autres neurones.

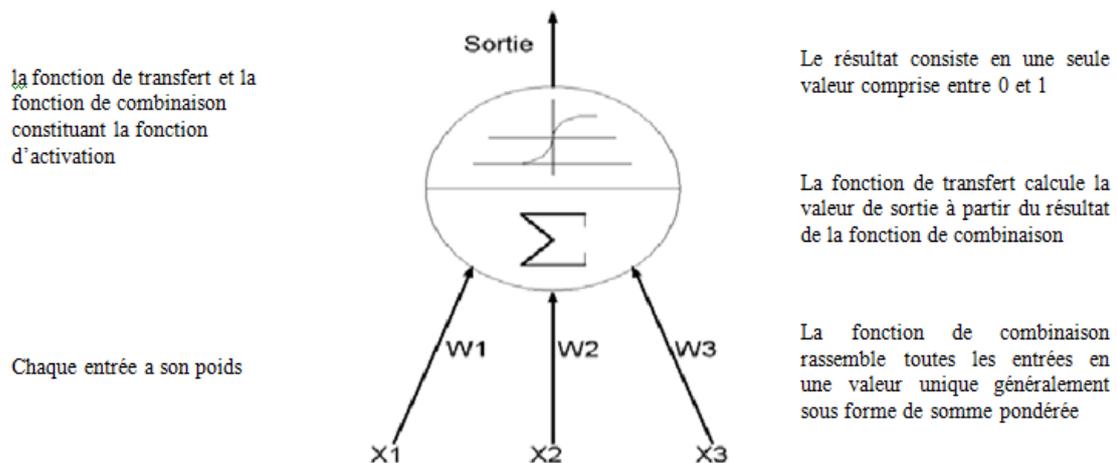


Fig II.3: Fonctionnement d'un réseau de neurone

I.2.2 Caractéristiques :

Le neurone formel est caractérisé par : son état (valeur réelle ou booléenne), ses connexions d'entrées (ou le seuil d'activation du neurone) auxquelles sont associés des poids \mathbf{W} et un biais \mathbf{b} , sa fonction d'entrée (réalise un prétraitement des entrées, généralement une somme pondérée) et sa fonction d'activation (calcule l'activation du neurone à partir du résultat de la fonction d'entrée). Alors qu'il peut avoir une représentation complexe, pas lisible, des paramètres difficiles à interpréter physiquement (boite noire) et une consommation d'un temps de calcul considérable par les algorithmes d'apprentissages.

I.3 ARCHITECTURE DU RESEAU DE NEURONES

L'architecture d'un réseau de neurones joue un rôle très important dans son comportement. Si l'on se réfère aux études biologiques du cerveau, on constate que le nombre de connexions est énorme.

Dans le groupe des réseaux de neurones à apprentissage supervisé, encore dit non bouclé, on distingue perceptron monocouche et multicouche.

Le perceptron monocouche :

Le perceptron de Rosenblatt (1958) est le premier réseau de neurones, simple ; se compose d'une couche d'entrée et d'une couche de sortie ; il a été conçu dans un but premier de reconnaissance des formes. Cependant, il peut aussi être utilisé pour faire de la classification et pour résoudre des opérations logiques simples (telles "ET" ou "OU"). Ce perceptron suit généralement un apprentissage supervisé selon la règle de correction de l'erreur.

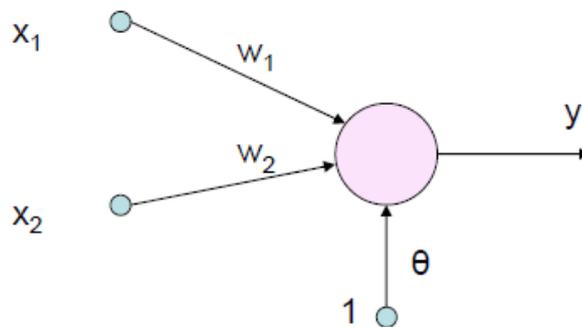


Fig II.4: Perceptron monocouche

❖ Algorithme d'apprentissage :

1. Initialisation des poids synaptiques w_i et le seuil θ_i par des nombres aléatoires $[-1 \dots 1]$.
2. Activer le perceptron en appliquant les entrées $x_1(p)$, $x_2(p)$, \dots , $x_n(p)$ avec une sortie désirée $S_d(p)$, et nous calculons la sortie réelle $S(p)$ tel que : $S(p) = f(\sum_{i=1}^n x_i w_i - \theta)$.
3. Ajustement des poids : $w_i(p+1) = w_i(p) + \Delta w_i(p)$.
4. Itération : $p=p+1$ après, passer à l'étape 2 et répéter le processus jusqu'à la convergence (erreur vérifiée ou itérations consommées).

❖ Les critères d'arrêt d'un algorithme d'apprentissage :

1. L'erreur 'e' : pour une erreur connue, on doit trouver l'erreur désirée, qui est la sortie désirée moins la sortie réelle $<$ à l'erreur (e)
2. Nombre d'itérations ou bien timing. [23]

Le perceptron multicouche (PMC):

C'est une extension du précédent, avec une ou plusieurs couches cachées entre l'entrée et la sortie. Il existe différentes architectures du PMC.

Un exemple d'architecture du perceptron multicouche est présenté dans la figure suivante (fig II.6).

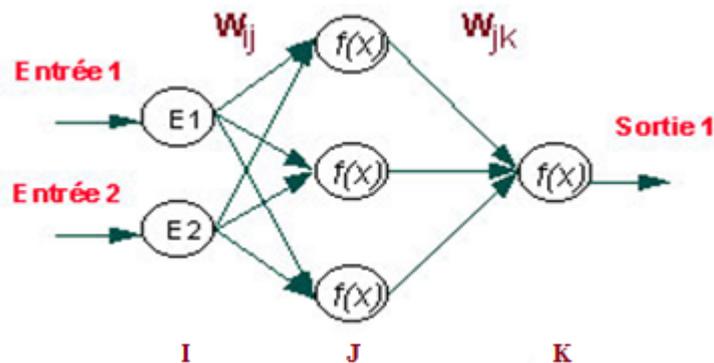


Fig II.5: Perceptron multicouche

Les PMC se caractérisent comme suit:

- Les neurones de la même couche ont la même fonction d'activation et ne sont pas reliés entre eux.
- Chaque neurone dans une couche est connecté à tous les neurones de la couche précédente et de la couche suivante.

Le PMC peut résoudre des problèmes non-linéairement séparables et des problèmes logiques plus compliqués, notamment, le fameux problème du XOR. Il suit aussi un apprentissage supervisé selon la règle de correction de l'erreur.

Les fonctions d'activation (ou de transfert) utilisées dans ce type de réseaux sont principalement les fonctions à seuil ou sigmoïdes.

❖ Algorithme d'apprentissage :

C'est un algorithme à rétro propagation de l'erreur se basant sur la descente du gradient.

1. Initiation :

- Affectation aléatoirement des valeurs numériques aux poids synaptiques w_{ij} , w_{jk} et aux seuils θ_j et θ_k .
- Choix des fonctions d'activations des neurones.
- Nombre de couches cachées et de neurones cachés.
- Fixation d'un seuil d'erreur et d'un nombre max d'itération.

2. Activation ou calcul :

$y_j = f(x_j)$: sortie de neurones cachés

$y_k = f(x_k)$: sortie de neurones de sorties

3. Calcul de l'erreur des poids.
4. Itération : revenir à l'étape 2 et répéter le processus jusqu'à satisfaction d'un critère d'arrêt. [23]

L'architecture la plus courante et la plus utilisée est celle du perceptron multicouche. [25]

Les fonctions de transfert :

Le choix d'une fonction d'activation se révèle être un élément constitutif important des réseaux de neurones. Les fonctions les plus utilisées sont :

- Fonction de seuil : applique un seuil en son entrée
- Fonction linéaire : très simple, affecte directement son entrée à sa sortie.
- Fonction sigmoïde : ressemble à la fonction seuil (non-linéaire) lorsqu'on est loin du biais 'b', et à la fonction linéaire (très linéaire) dans le cas contraire.
- Fonction tangente hyperbolique : version symétrique de la sigmoïde. [26]

Ces différentes fonctions de transfert sont utilisées, et citées dans le tableau suivant :

Nom de la fonction	Relation d'entrée/sortie	Icône
seuil	$a = 0$ si $n < 0$ $a = 1$ si $n \geq 0$	
seuil symétrique	$a = -1$ si $n < 0$ $a = 1$ si $n \geq 0$	
linéaire	$a = n$	
linéaire saturée	$a = 0$ si $n < 0$ $a = n$ si $0 \leq n \leq 1$ $a = 1$ si $n > 1$	
linéaire saturée symétrique	$a = -1$ si $n < -1$ $a = n$ si $-1 \leq n \leq 1$ $a = 1$ si $n > 1$	
linéaire positive	$a = 0$ si $n < 0$ $a = n$ si $n \geq 0$	
sigmoïde	$a = \frac{1}{1 + \exp^{-n}}$	
tangente hyperbolique	$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$	
compétitive	$a = 1$ si n maximum $a = 0$ autrement	

Tab II.1 : Fonctions de transfert

II. LE NEURO-FLOU « ANFIS »

II.1 DEFINITION

ANFIS (Adaptive neuro système d'inférence floue) est une boîte à outils, qui a été créé afin de : diminuer les taux d'erreur ; améliorer certaines caractéristiques (la flexibilité, la vitesse et la capacité d'adaptation) et modéliser des données, en appliquant des techniques d'inférence floue. Il intègre à la fois les réseaux de neurones pour leurs puissances et les principes de la logique floue, plus exactement l'Inférence Floue (FIS) pour leurs interprétations (voir ANNEXE2), en tirant des avantages des deux, dans un cadre unique.

Cette fonction utilise un algorithme d'apprentissage hybride pour identifier les paramètres du système d'inférence floue de type Sugeno (Chercheur Japonais, 1985). Elle applique une combinaison de la méthode des moindres carrés et la méthode de descente de gradient pour la formation du FIS, ceci en utilisant un ensemble de données d'entrée/sortie.

[27]

II.2 CONDITION DE FONCTIONNEMENT

ANFIS prend en charge uniquement les systèmes de type Sugeno (Facilite l'implantation, donne une solution de problèmes multi variables complexe et diminue les incertitudes) devant avoir les propriétés suivantes :

- ❖ Une sortie unique, obtenue à l'aide de défuzzification de la moyenne pondérée.
- ❖ Toutes fonctions d'appartenance de sortie doivent être du même type : soit linéaire ou constant.
- ❖ Différentes règles ne peuvent pas partager la même fonction d'appartenance de sortie, à savoir, le nombre de fonctions d'appartenance de sortie doit être égal au nombre de règles.

Si la structure du FIS ne respecte pas ces contraintes, une erreur va se produire.

En outre, ANFIS ne peut pas accepter toutes les options de personnalisation dans la base d'inférence floue.

Les systèmes d'inférences flous (SIFs) possèdent deux points forts par rapport aux RNs. Ils sont généralement construits à partir de la connaissance humaine, et ont une capacité descriptive élevée, due à l'utilisation de variables linguistiques.

II.3 APPROCHE ETUDIEE PAR ANFIS

L'approche connexionniste utilisée consiste à combiner la théorie de la logique floue avec celle des réseaux de neurones.

On peut citer deux approches pour construire un réseau neural flou.

a) Approche structurelle : la construction d'un système d'inférence flou sous forme d'un réseau de neurones multicouches, dans laquelle les poids du réseau correspondent aux paramètres du système flou ; exemple : l'écart type des fonctions d'appartenances.

b) Approche fonctionnelle : le réseau neural flou peut incorporer le processus de raisonnement approximatif.

II.4 STRUCTURE DE L'ANFIS

L'architecture du réseau dépend du type de règles, des méthodes d'inférence et de défuzzification choisies.

On peut distinguer plusieurs sortes de règles ; les plus rencontrées dans la littérature sont :

a. Architecture basée sur le raisonnement approximatif de Takagi Sugeno représentée par la structure ANFIS (Adaptive Neural Fuzzy based Inference System), à partir d'une entrée x , on aura une sortie $y = f(x)$.

b. Architecture basée sur le raisonnement de Mamdani représentée par la structure FLP (fuzzy logic processor) ayant en sortie $y = A$.

ANFIS est un réseau neuro-flou proposé par Jang en 1993 [28], il est composé de cinq couches illustrées dans la figure ci-dessous avec deux entrées X et Y . Les règles floues utilisées sont du type Takagi-Sugeno et sont du nombre de deux :

Règle 1 : Si (x est $A1$) et (y est $B1$) alors ($f1 = a1x + b1y + c1$)

Règle 2 : Si (x est $A2$) et (y est $B2$) alors ($f2 = a2x + b2y + c2$)

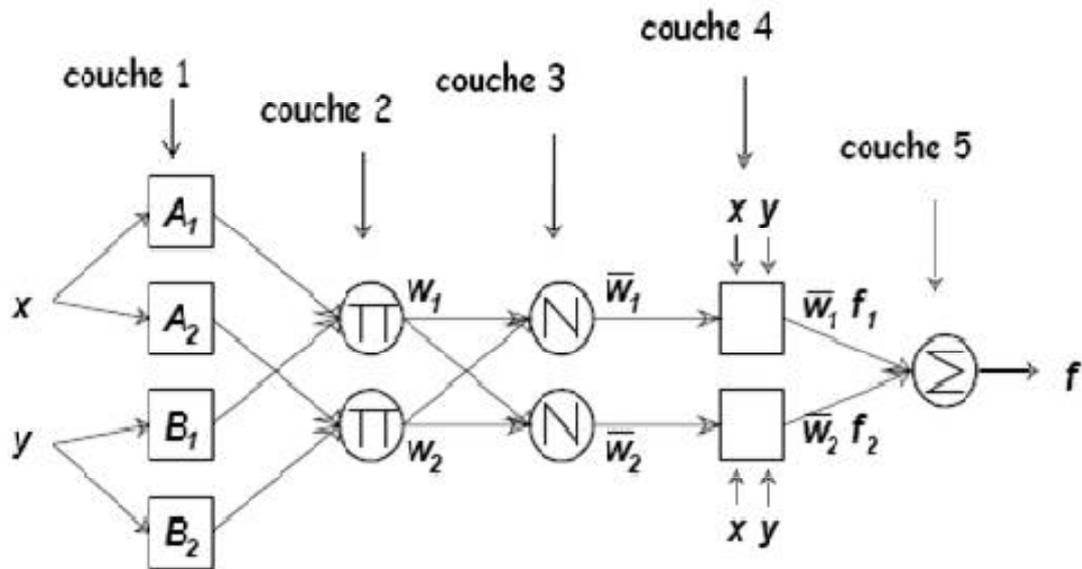


Fig II.6: Architecture du modèle ANFIS

❖ 1ère couche « **Fuzzyfication** » : permet de convertir les variables d’entrées dans l’espace flou à l’aide des fonctions d’appartenance (triangle, trapèze ou gaussienne). Les paramètres définissant ces fonctions sont appelés prémisses.

$$o_i^1 = \mu_{A_i}(x) \quad \text{avec } i = 1,2$$

$$o_i^1 = \mu_{B_{i-2}}(Y) \quad \text{avec } i = 3,4$$

Où $\mu_{A_i}(x)$ et $\mu_{B_{i-2}}(Y)$ sont les degrés d’appartenance du ième terme de la partition floue des variables d’entrée.

❖ 2ème couche « **Pondération des règles floues** » : chaque neurone est associé à une règle floue et permet de définir le poids de cette règle à l’aide d’une t-norme.

$$o_i^2 = w_i = \mu_{A_i}(x)\mu_{B_{i-2}}(Y) \quad i = 1,2$$

❖ 3ème couche « **Normalisation** » : a pour but de normaliser les différents poids.

$$o_i^3 = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \quad i = 1,2$$

❖ 4ème couche « **Défuzzyfication** » : donne une sortie définie par une fonction du premier ordre des entrées pondérées (approche de Takagi-Sugeno)

$$o_i^4 = w_i f_i \text{ avec } f = a_i X + b_i Y + c_i \quad \text{ou } i = 1,2$$

La fonction f_i peut être constante. Dans ce cas, tous les $a_i = b_i = 0$. Les paramètres a_i , b_i et c_i des fonctions f_i sont appelés paramètres conséquents.

❖ 5ème couche « **Sommation** » : -Calcul de la sortie- se définit par la somme des sorties de la couche précédente. [29]

$$o_i^5 = \sum_{i=1}^2 w_i f_i = \frac{\sum_{i=1}^2 w_i f_i}{w_1 + w_2}$$

Phase d'Apprentissage :

L'ajustement des paramètres de l'ANFIS est réalisé lors de cette phase en utilisant l'algorithme d'apprentissage hybride. Pour cela, un ensemble de données associant les séquences d'entrées et de sorties est nécessaire.

L'algorithme d'apprentissage hybride est une association de deux méthodes : celle de descente de gradient celle d'estimation des moindres carrés. La première permet d'ajuster les prémisses en fixant les paramètres conséquents tandis que la seconde LSM (Least square Method) ajuste les paramètres conséquents en fixant les prémisses. [30]

La combinaison de la logique floue et des réseaux de neurones est figurée par deux associations citées ci-dessous :

1) Association série

Un réseau de neurones effectue une tâche de classification ou de reconnaissance, qui est suivi par un système d'aide à la décision floue, où les variables d'entrées d'un système flou sont déterminées à partir de la sortie d'un réseau de neurones, lorsqu'elles ne sont pas mesurables directement.

2) Association en parallèle

Cette association est effectuée dans le but d'ajuster les sorties d'un système de commande floue à de nouvelles connaissances obtenues. Les variables d'entrée de cette dernière sont celles du système flou et celles acquises récemment, tandis que les variables de sortie sont des erreurs des variables de sortie du système flou

III. SVM (Support Vector Machine)

III.1 DEFINITION ET PROPRIETES

Les Machines à Vecteurs de Support (SVM) sont une technique de classification supervisée récemment introduite en 1992 par Vladimir Vapnik, Bernhard Boser et Isabelle Guyon, destinée à résoudre des problèmes de discrimination et de régression qui suscite beaucoup d'intérêt pour ses bonnes performances dans un large éventail d'applications pratiques. [31]

Le SVM présente une généralisation des classifieurs linéaires. Il a été conçu afin de séparer deux ensembles de données en données linéairement séparables et non linéairement séparables.

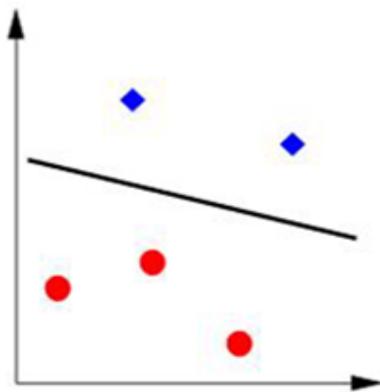


Fig II.7: Linéairement séparable

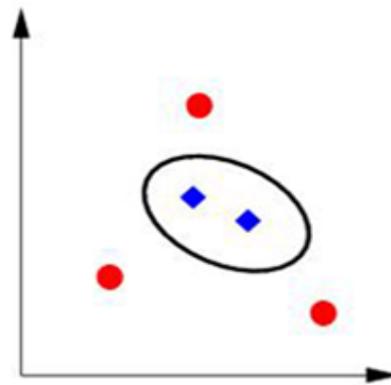


Fig II.8: Non linéairement séparable

- Linéairement séparable : Un ensemble d'exemples est linéairement séparable s'il existe un hyperplan (c'est une droite pour laquelle la distance entre les points les plus proches est maximale) qui permet de discriminer correctement l'ensemble des données.
- Non linéairement séparable : C'est l'impossibilité de trouver un hyperplan qui sépare linéairement les données en deux ensembles similaires. Dans ce cas, un changement de vecteurs d'entrée en vecteurs de caractéristiques de dimension plus élevée va être nécessaire jusqu'à obtention d'une séparation linéaire, ceci en utilisant la fonction Kernel (noyau). [32]

SVM est considéré comme un classifieur binaire et se présente comme une nouvelle méthode issue de la formulation de la théorie de l'apprentissage statistique due en grande partie à l'ouvrage de Vapnik en 1995 intitulé « the nature of learning statistical theory » [33]

C'est un modèle discriminant qui tente de minimiser les erreurs d'apprentissage, tout en maximisant la marge (distance entre les points les plus proches). La maximisation de la marge est une méthode de régularisation qui réduit la complexité du classifieur.

L'avantage principal des SVM provient du fait qu'il y a peu de paramètres à régler comparativement aux réseaux de neurones ; bien que récemment proposée, elle a fait l'objet d'un nombre important de publications.

Cette technique suscite beaucoup d'intérêt pour ses bonnes performances, dans un large éventail d'applications pratiques. Son principe est :

- ❖ La construction d'un classifieur,
- ❖ Le découpage d'un problème en deux sous-ensembles,
- ❖ Le choix d'un séparateur optimal.

III.2 CARACTERISTIQUES DES SVM

- ❖ Fonctionnent dans un espace de dimension infinie,
- ❖ Sont convenables pour la classification de textes, étant donné qu'une dimension élevée ne les affecte pas,
- ❖ Se protègent contre le sur-apprentissage,
- ❖ Evitent une sélection agressive qui aurait comme résultat une perte d'information.
- ❖ Permettent de conserver plus d'attributs,
- ❖ S'adaptent facilement aux problèmes non linéairement séparables. [32]

III.3 ROLE DES SVM

De nombreux travaux ont démontré la supériorité du SVM sur les méthodes discriminantes classiques. Sa robustesse vis-à-vis de la dimensionnalité des données et son pouvoir accru de généralisation, font qu'il est nettement plus avantageux [34].

Les SVM ne laissent que très peu de place aux paramètres utilisateurs, contrairement aux autres méthodes d'apprentissage machine (RNs) qui possèdent un grand nombre de paramètres d'apprentissage à fixer par l'utilisateur.

La figure suivante présente le rôle des SVM (Maximisation de la marge)

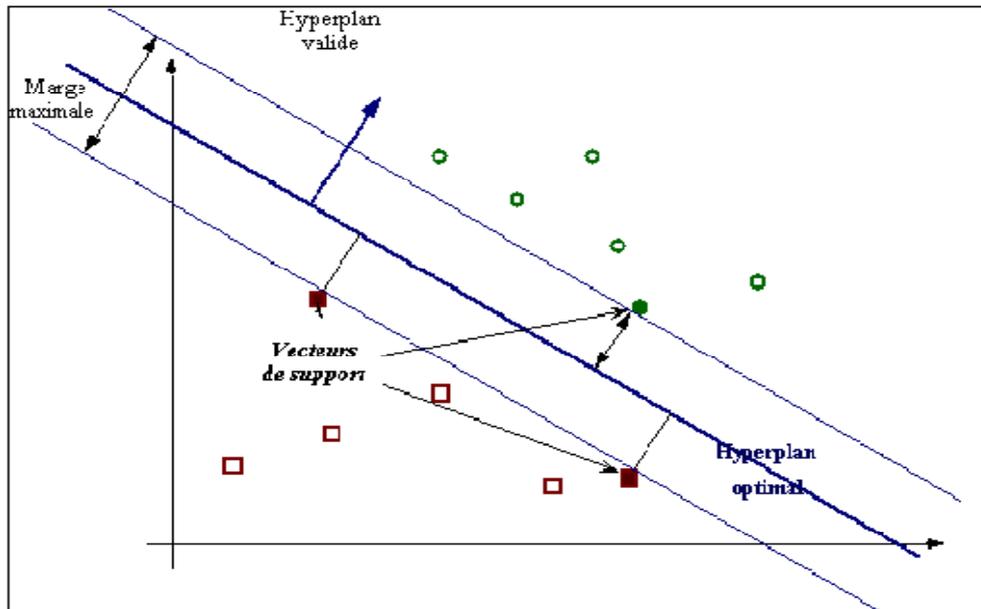


Fig II.9: Maximisation de la marge avec les SVM

Le problème des SVM revient : à trouver une frontière de décision qui sépare l'espace en deux régions, à trouver l'hyperplan le plus performant qui permet de classer correctement les données ainsi de maximiser la marge. [32]

Pour résoudre ce problème, il a été montré [35], qu'il existe un unique hyperplan optimal, défini comme l'hyperplan qui maximise la marge entre les échantillons et l'hyperplan séparateur.

Il existe des raisons théoriques à ce choix. Tel que Vapnik a montré que la capacité des classes d'hyperplans séparateurs diminue lorsque leur marge augmente.

IV.LA METHODE DU 'K' PLUS PROCHE VOISIN

IV.1 DEFINITION

La méthode des K plus proches voisins pondérés («*k-nearest neighbors*» ou K-NN) est une méthode d'apprentissage supervisé, dédiée à la classification [36]. Elle figure parmi celles à base de voisinage, et consiste à prendre en compte (de façon identique) les K échantillons d'apprentissage dont l'entrée est la plus proche de la nouvelle entrée x , selon une distance à définir.

C'est une méthode facile à mettre en œuvre offrant dans le contexte du voisinage, des performances très intéressantes non paramétriques et fournissant de bons résultats ; ne nécessite pas de phase d'apprentissage.

Ce modèle fut conçu en associant à l'échantillon d'apprentissage, une fonction de distance et une fonction du choix de la classe (en fonction des classes des voisins les plus proches). L'efficacité de la méthode dépend des éléments suivants:

- Les échantillons d'apprentissage : Il faut choisir l'échantillon, c'est-à-dire les attributs pertinents pour la tâche de classification considérée et l'ensemble des enregistrements (il faut veiller à disposer d'un nombre assez grand d'enregistrements, par rapport au nombre d'attributs et, à ce que chacune des classes soit bien représentée dans l'échantillon choisi).
- La distance par variable (la distance Euclidienne qui calcule la racine carrée de la somme des différences carrées entre les coordonnées de deux points)

$$d = \| x - w_j \| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - w_{ij})^2}$$

d : Distance Euclidienne

x : Vecteur des données

w_j : Poids du neurone j

Le mode de combinaison de ces distances est choisi en fonction du type des variables et des connaissances préalables concernant le domaine.

IV.2 Algorithme des k-voisins les plus proches

L'algorithme des k-voisins les plus proches est une méthode d'apprentissage à base d'instances [37]. Il figure parmi les plus simples algorithmes d'apprentissage artificiel. Son objectif est de classer les exemples non étiquetés sur la base de leur similarité avec les exemples de la base d'apprentissage. Ce qui signifie que l'algorithme permet une classification sans faire d'hypothèse sur la fonction $y = f(x_1, x_2, \dots, x_p)$ qui relie la variable dépendante aux variables indépendantes.

Cette classification présente plusieurs propriétés citées ci-dessous:

- ❖ Non paramétriques,
- ❖ Souvent performantes (exemples nombreux et suffisants),
- ❖ Apprentissage ultra simple: apprentissage par cœur (on mémorise les exemples de l'ensemble d'apprentissage),

- ❖ Temps de prédiction long : passer tous les exemples pour trouver les K plus proches.

IV.2.1 Domaines d'application

L'algorithme K-NN est utilisé dans de nombreux domaines :

- Reconnaissance de formes,
- Recherche de nouveaux bio-marqueurs pour le diagnostic,
- Algorithmes de compression,
- Analyse d'image satellite,
- Marketing ciblé.

IV.2.2 Principe de fonctionnement

L'algorithme des k-plus proches voisins est un des plus simples algorithmes de classification. Le seul outil dont on a besoin est une distance entre les éléments que l'on veut classifier. Si on représente ces éléments par des vecteurs de coordonnées, on aura pas mal de choix pour ces distances, partant de la simple distance usuelle (euclidienne) à des mesures plus sophistiquées, pour tenir compte, si nécessaire, de paramètres non numériques : comme la couleur, la nationalité, etc.

On considère une base d'apprentissage dont on connaît la classe (apprentissage supervisé). Dès que le système reçoit un nouvel élément qu'il souhaite classifier, il calcule sa distance avec tous les éléments de la base.

Par exemple : une base comporte 50 éléments ; on calcule alors les distances correspondantes (50). Si $k = 10$, on cherche alors les 10 plus petits nombres qui correspondent aux éléments les plus proches de l'élément que l'on souhaite classifier parmi les 50 précédents. On décide alors, d'attribuer à l'élément à classifier, la classe majoritaire parmi ces 10 éléments.

K peut varier selon ce que l'on veut faire ; aussi la méthode peut être complexifiée en considérant que les votes des voisins ne sont pas de même poids, etc. Mais l'idée reste la même.

Une représentation du K plus proches voisins est figurée ci-dessous (fig II.10).

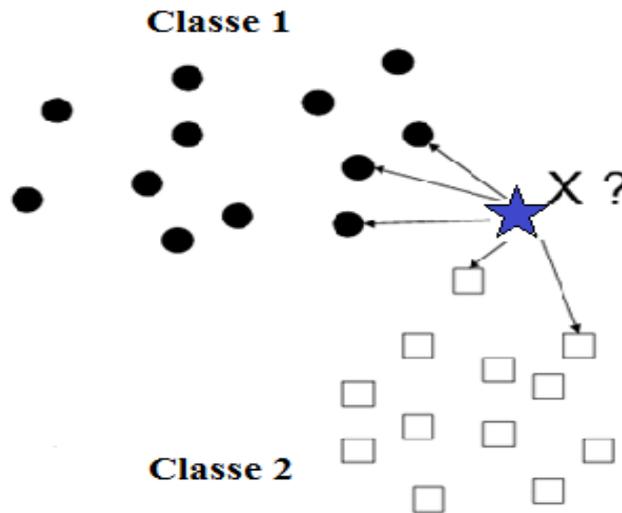


Fig II.10: Représentation du k plus proches voisins

IV.2.3 choix de la valeur de K

L'emploi de k voisins, au lieu d'un seul, assure une plus grande robustesse à la prédiction.

- Lorsque $K=1$: frontières des classes très complexes, très sensibles aux fluctuations des données (variance élevée), risque de sur-ajustement, résiste mal aux données bruitées.
- lorsque $K=n$: frontière rigide, moins sensible au bruit.

Plus la valeur de k est grande, plus le résultat d'affectation est bien réalisé. [37]

IV.3 Avantages et inconvénients

Adapté aux domaines, où chaque classe est représentée par plusieurs prototypes, où les frontières sont irrégulières (ex. Reconnaissance de chiffres manuscrits ou d'images satellites). Cette méthode reste facile à comprendre et présente une rapidité lors de l'apprentissage ; mais elle est particulièrement vulnérable au fléau de la dimensionnalité, sensible aux attributs non pertinents et corrélés, utilise trop d'espace mémoire et une prédiction lente, car il faut revoir tous les exemples à chaque fois.

CONCLUSION

Les différentes approches intelligentes utilisant les techniques d'apprentissage supervisé automatique étudiées, dans ce chapitre, sont les RNs, ANFIS, SVM et K-NN.

Nous avons présenté le fondement théorique de chaque approche, afin de les implémenter et de comparer leurs performances sur une nouvelle base de données médicales collectée. Dans le chapitre suivant, nous discutons les résultats obtenus.

CHAPITRE III

Résultats et Interprétations

INTRODUCTION

La classification des données dans le domaine médical, permet de comprendre le processus, d'instaurer l'approche thérapeutique adéquate, d'identifier les paramètres et les résultats.

Notre BDD a été réalisée par Mr LAZOUNI en collaboration de plusieurs MARs qui travaillent dans les différentes structures (privé et état) de l'ouest algérien. Les sujets d'études qui ont fait l'objet de notre BDD, ont été sélectionnés de différents endroits (C.H.U Tlemcen, Hôpital de Canastel Oran, Clinique Hammou Boutlilis Oran, clinique Nour Oran, Clinique Lazouni Tlemcen).

Le manque, et l'indisponibilité d'une BDD universelle, nous a contraints à la réalisation d'une nouvelle BDD : cette dernière a été effectuée sur 895 patients, quatre sous bases y ont été élaborées et y sont jointes, puisque chacune d'elles dépend de l'autre. [2]

La première consiste à déterminer le score ASA (1, 2, 3, 4 ou 5) ; la deuxième à voir si le patient est accepté ou refusé ; ensuite à étudier le type d'anesthésie (anesthésie locale ou générale) et enfin à détecter les critères d'intubation.

Cette base fut testée par plusieurs techniques de classification, à savoir RNS, ANFIS, SVM et K-NN, afin de prouver sa cohérence. Elle a été conçue dans le but d'aider le médecin anesthésiste-réanimateur, lors de son diagnostic, de diminuer le taux d'erreurs et de réduire les risques d'anesthésie, plus particulièrement ceux de l'intubation.

Ce chapitre est réparti en deux grandes parties ; la première présente notre base de données, la deuxième l'interprétation et les résultats obtenus.

PREMIERE PARTIE

I. BASE DE DONNEES

I.1 PRESENTATION DE LA BASE :

Notre document est basé sur la quatrième sous base concernant les types d'intubation (ID, IF) ;Q elle a été testée sur 895 patients présentant 7 descripteurs définis comme suit:

1) **ASA** : C'est un bon indicateur de la mortalité péri-opératoire globale, utilisé par l'American Society of Anesthesiologists, classant les patients en 5 catégories.

<i>La classification de l'ASA</i>		
Catégories	Degré de gravité	Exemples
1	Patient en bonne santé	Hernie inguinale chez un patient par ailleurs en bonne santé
2	Patient avec une maladie générale modérée	Bronchite chronique Diabète contrôlé par le régime Obésité modérée Infarctus du myocarde ancien Hypertension artérielle modérée
3	Patient avec une maladie générale sévère mais non invalidante	Insuffisance coronaire avec angor Diabète insulino-dépendant Obésité pathologique Insuffisance respiratoire modérée
4	Patient avec une maladie générale invalidante mettant en jeu le pronostic vital	Insuffisance cardiaque sévère Angor rebelle Arythmie réfractaire au traitement Insuffisance respiratoire, rénale, hépatique, endocrinienne avancée
5	Patient moribond qui ne survivrait pas 24 heures, avec ou sans opération	Rupture d'anévrisme de l'aorte abdominale en grand état de choc

Tab III.1 : classification du score ASA

2) **Age** : c'est un paramètre pertinent qu'on doit prendre en considération.

3) **Mallampati score**: Utilisé essentiellement en anesthésie, parfois en médecine d'urgence. Le score de Mallampati, appelé aussi classification de Mallampati ou test de Mallampati, permet de prévoir la difficulté d'une intubation trachéale, nécessitant une intubation difficile. Il est déterminé par l'observation de l'anatomie de la cavité orale. [37]

On peut distinguer quatre classes de Mallampati:

Mallampati score	Description
Mallampati 1	Toute la luette et les loges amygdaliennes sont visibles (les cordes vocales sont visibles)
Mallampati 2	La luette est partiellement visible (les cordes sont partiellement visibles)
Mallampati 3	Le palais membraneux est visible (seulement l'épiglotte est visible)
Mallampati 4	Seul le palais osseux est visible (l'épiglotte ne peut être observée)

Tab III.2 : score Mallampati

La classification Cormack et Lehane (1984) est reconnue comme un indicateur d'ordre décisif pour la prédiction de l'intubation difficile qui décrit l'entrée du larynx par laryngoscopie directe.

Habituellement, les catégories I et II présentent une facilité d'intubation, tandis que pour les classes III et IV il y a difficulté. Cliniquement, la classe III peut nécessiter des manœuvres des voies respiratoires et la classe IV peut être impossible à intuber (Ambrose & Taylor, 2004).

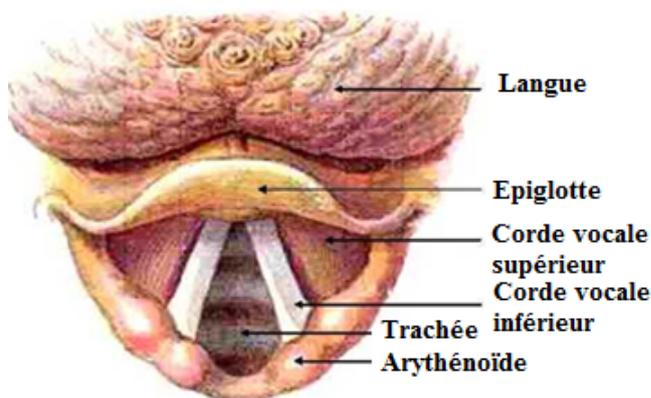


Fig III.1 : Larynx vu du dessus

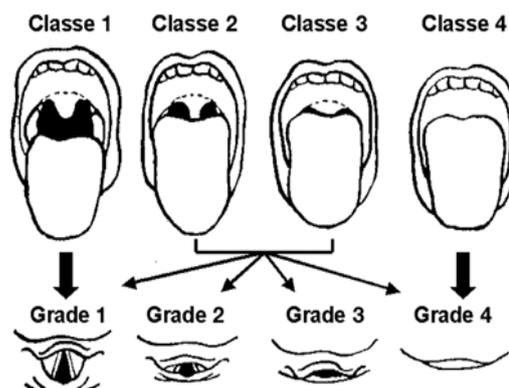


Fig III.2 : Classification de Cormack et Lehane

4) **La dentition** : Pour ce descripteur, on vérifie si le patient a une bonne ou mauvaise dentition ; s'il est édenté ; s'il porte un dentier (supérieur ou inférieur).

5) **Distance thyro-mentonnaire** : la distance entre le cartilage thyroïde et le menton ou la pomme d'Adam.

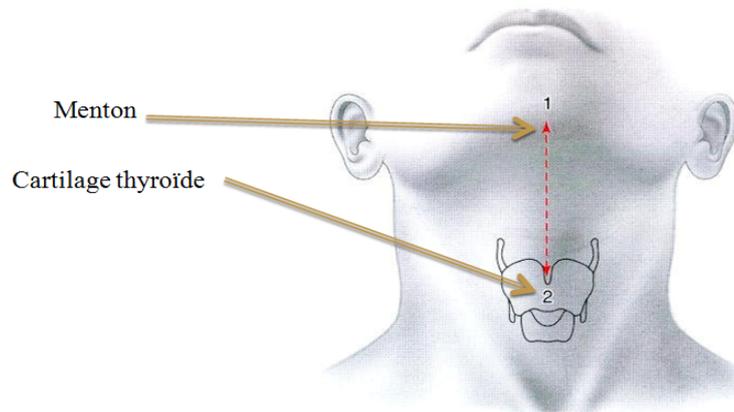


Fig III.3 : Distance thyro-mentonnaire

6) **L'ouverture de la bouche**: se mesure en millimètres.

7) **Etat du patient** : savoir si le patient est normal, sourd-muet, malade mental ou hyper stressé.

Les descripteurs pris en considération dans notre base de données sont représentés dans le tableau qui suit :

ASA	De 1 jusqu'à 4
Age	Entre 02 mois et 105 ans
Mallampati score	De 1 jusqu'à 4
Distance thyro-mentonnaire (mm)	De 15 à 70
Ouverture de la bouche (mm)	De 5 à 49

Dentition	0: Bonne dentition 1: Dentier supérieur 2: Dentier inférieur 3: Edenté
Etat du patient	0: normal 1 : sourd, muet 2 : malade mental 3 : hyper stressé

Tab III.3 : Les différents descripteurs de notre sous base de données

La figure présentée ci-dessous expose les histogrammes des différents paramètres de notre base de données tels que :

* **A** : présente le score ASA, (ASA1 comporte 218 patients, ASA2 :395, ASA3 :230 et ASA4 :52).

* **B** : illustre les trois classes de l'âge du patient ; la première contient 92 patients âgés de 2 mois à 32 ans, la deuxième contient 504 patients âgés de 33 à 68 ans et la troisième 299 patients de 68 à 105 ans.

* **C** : étale le score de Mallampati réparti en 4 tel que Mallampati 1 contient 718, 2:136, 3 :25 et 4 :16.

* **D** : expose les dents du patient en 4 : on a 761 patients ayant une dentition normale, 71 ayant un dentier supérieur, 29 dentiers inférieurs et 34 patients édentés.

* **E** : représente la distance, celle inférieure à 65% comportant 171 patients et celle supérieure à 65% comportant 724 patients,

* **F** : indique l'ouverture de la bouche, soit inférieure ou supérieure à 35 admettant 212 et 693 patients respectivement

* **G** : décrit l'état du patient qui est partagé en 4 classes : les patients normaux au nombre de 800, les sourds-muets 11, les malades mentaux 9 et les hyper stressés 75.

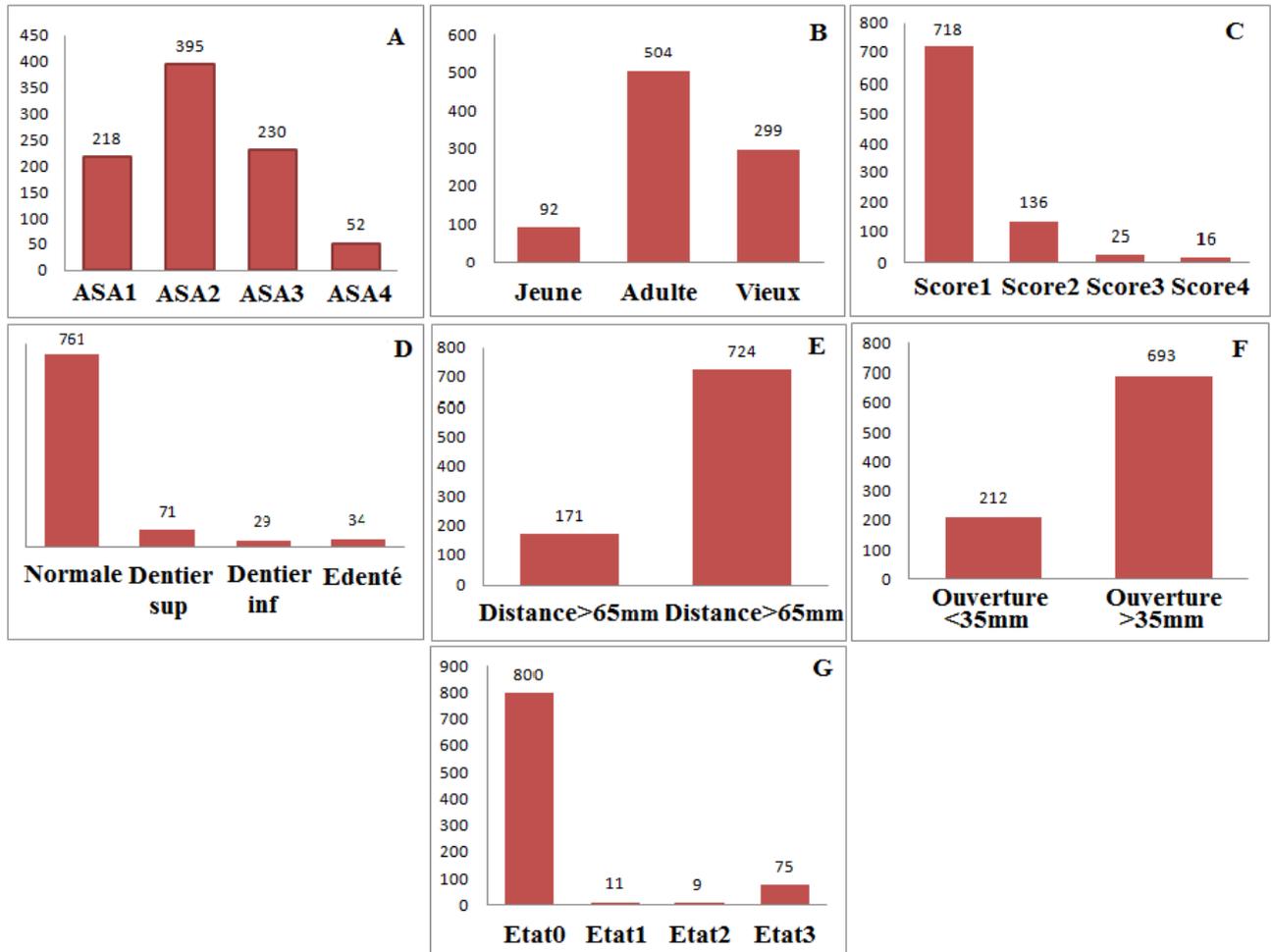


Fig III. 4 : Histogrammes de la base de données

Le diagnostic est une valeur binaire variable «classe». Dans le domaine du supervisé cette dernière est connue telle qu'on a 741 patients qui disposent d'une intubation facile et 154 difficile, figuré ultérieurement (fig III.5)

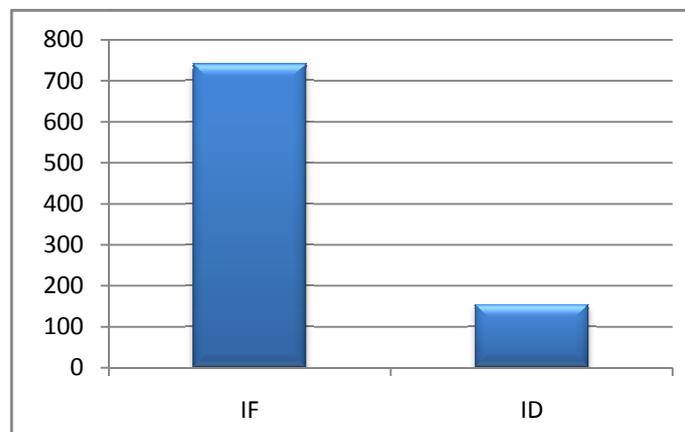


Fig III.5 : Histogramme de l'intubation

I.2 CRITERES D'EVALUATION :

L'évaluation est nécessaire, à la fois, pour mesurer la performance du classifieur et identifier les besoins d'amélioration.

Les performances de classification des données ont été évaluées par plusieurs critères :

- La matrice de confusion qui englobe le calcul des vrais positifs (V_P), vrais négatifs (V_N), faux positifs (F_P) et faux négatifs (F_N).
- Le pourcentage de sensibilité (S_e) et de spécificité (S_p),
- Le taux de classification (T_C), d'erreur (T_{err}) et de reconnaissance (T_{rec}).

Leurs définitions respectives sont les suivantes :

- Matrice de confusion : Dans la terminologie de l'apprentissage supervisé, la matrice de confusion est un outil servant à mesurer la qualité d'un système de classification.

	Intubation facile	Intubation difficile
Intubation facile	VP	FP
Intubation difficile	FN	VN

Tab III.4 : Représentation de matrice de confusion

V_P : Nombre de positifs classés positifs, patient ayant une intubation facile est classé comme patient ayant une intubation facile.

V_N : Nombre de négatifs classés négatifs patient ayant une intubation difficile est classé comme patient ayant une intubation difficile.

F_N : Nombre de positifs classés négatifs, patient ayant une intubation facile est classé comme patient ayant une intubation difficile.

F_P : Nombre de négatifs classés positifs, patient ayant une intubation difficile est classé comme patient ayant une intubation facile.

- Sensibilité (S_e) : c'est la capacité de donner un résultat positif quand la maladie est présente ; elle est calculée par :

$$S_e = \frac{V_P}{V_P + F_N}$$

- Spécificité (S_P) : c'est la capacité de donner un résultat négatif quand la maladie est absente ; elle est calculée par :

$$S_P = \frac{V_N}{V_N + F_P}$$

- Taux de classification (T_C) : c'est le pourcentage des exemples correctement classés ; il est calculé par :

$$T_C = \frac{V_P + V_N}{V_P + V_N + F_P + F_N}$$

- Les Taux de reconnaissance T_{rec} et d'erreur T_{err} permettent d'évaluer la qualité d'un classifieur ; ils sont calculés par :

$$T_{rec} = \frac{\text{Nbre correcte}}{\text{Nbre totale}} * 100$$

$$T_{err} = \frac{\text{Nbre d'erreurs}}{\text{Nbre totale}} * 100$$

Ces différents critères d'évaluation ont été requis par les diverses méthodes de classification, citées précédemment.

Les tests effectués et les résultats obtenus sont montrés dans la partie deux de notre chapitre.

DEUXIEME PARTIE

II. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

II.1 TECHNIQUES UTILISEES

Notre base de données collectée récemment est utilisée pour la première fois sur des patients, au niveau local.

Afin de vérifier sa fiabilité, différentes techniques de classification ont été appliquées, dont l'apprentissage est supervisé.

- Les réseaux de neurones avec leurs algorithmes de rétro-propagation leur fournissent une puissance d'apprentissage indéniable.
- Les supports vecteurs machines sont caractérisés par leurs aptitudes à gérer les bases à multi-classes,
- les K-NN : offrant des performances très intéressantes non paramétriques dans le contexte du voisinage
- Et l'ANFIS qui permet une meilleure interprétabilité des résultats.

Les résultats obtenus sont satisfaisants représentés dans la partie qui suit.

II.2 RESULTATS ET INTERPRETATION

En effectuant plusieurs tests sur ces quatre classifieurs, nous avons abouti à des résultats plutôt satisfaisants, représentés comme suit :

a. SVM

Le meilleur résultat obtenu par les SVM est :

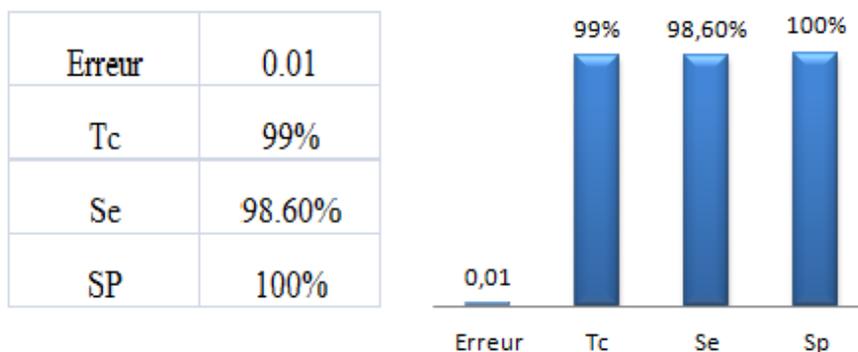


Fig III.6: Résultats obtenus par les SVM

Le SVM est une technique qui permet de séparer les données linéairement. Elle se caractérise par la minimisation de l'erreur d'apprentissage.

Dans notre cas, ce classifieur nous a donné une erreur minimale égale à 0,01, d'où un taux très élevé de 99%, une sensibilité de 98,6% et une spécificité de 100%.

Chaque classifieur a sa propre matrice de confusion, comportant dans notre cas 270 patients, figurée comme suit :

	Intubation facile	Intubation difficile
Intubation facile	218	2
Intubation difficile	3	47

Tab III.5 : Matrice de confusion des SVM

Sur 221 patients ayant une intubation facile, notre classifieur a reconnu 218 ; et sur les 49 patients ayant une intubation difficile, notre classifieur n'a pas reconnu 3

b. K-NN

Le meilleur résultat obtenu par les K-NN est :

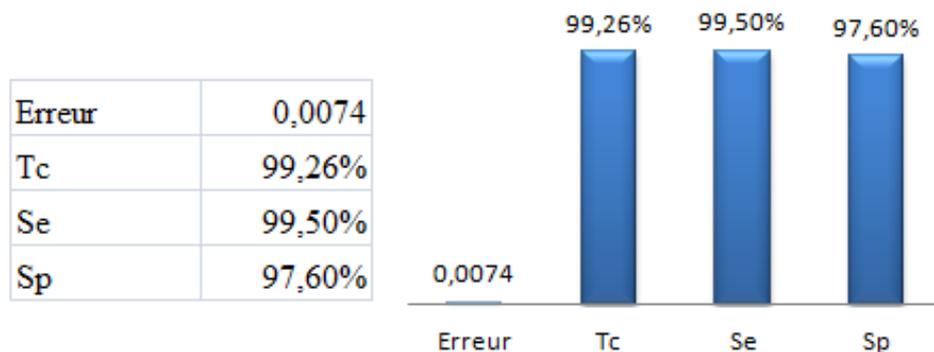


Fig III.7: Résultats obtenus par les KNN

Le K-NN est une méthode facile à mettre en œuvre, performante et fournissant souvent de bons résultats.

Dans notre cas, ce classifieur nous a donné une erreur minimale égale à 0,0074, d'où un taux très élevé de 99,26%, une sensibilité de 99,5% et une spécificité de 97,6%.

La matrice de confusion de ce dernier est la suivante:

	Intubation facile	Intubation difficile
Intubation facile	227	1
Intubation difficile	1	41

Tab III.6 : Matrice de confusion des KNN

Sur 228 patients ayant une intubation facile, notre classifieur a reconnu 227 ; et sur 41 patients ayant une intubation difficile, notre classificateur n'a pas reconnu 1.

c. RNS

Le meilleur résultat obtenu par les RNS est :

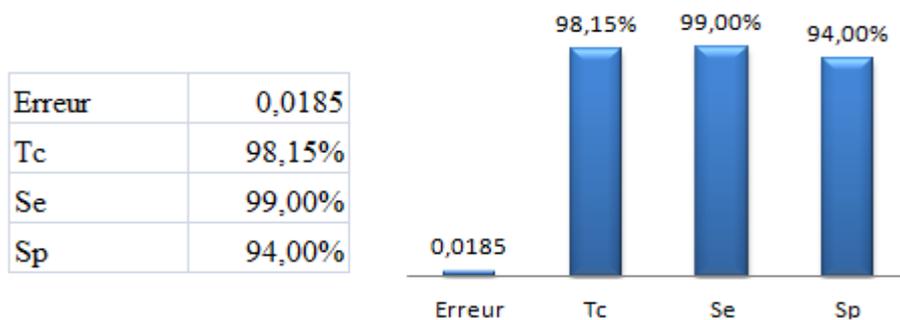


Fig III.8: Résultats obtenus par les RNS

Le RN est une méthode puissante en apprentissage.

Dans notre cas, ce classifieur nous a donné une erreur minimale égale à 0,0185, d'où un taux très élevé de 98,15%, une sensibilité de 99% et une spécificité de 94%.

Sa matrice de confusion est la suivante :

	Intubation facile	Intubation difficile
Intubation facile	218	2
Intubation difficile	3	47

Tab III.7 : Matrice de confusion des RNS

Sur 221 patients ayant une intubation facile, notre classifieur a reconnu 218, et sur 47 patients ayant une intubation difficile, notre classificateur n'a pas reconnu 3.

d. ANFIS

Le meilleur résultat obtenu par le système neuro-flou (ANFIS) est :

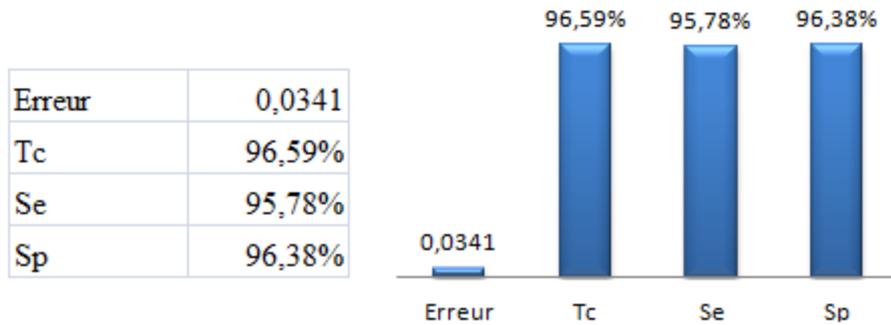


Fig III.9: Résultats obtenus par ANFIS

L'ANFIS est une méthode permettant l'interprétation des résultats.

Dans notre cas, ce classifieur nous a donné une erreur égale à 0,0341, d'où un taux élevé de 96,59%, une sensibilité de 95,78% et une spécificité de 96,38%.

Sa matrice de confusion est la suivante :

	Intubation facile	Intubation difficile
Intubation facile	40	9
Intubation difficile	5	216

Tab III.8 : Matrice de confusion des K-NN

Sur 45 patients ayant une intubation facile, notre classifieur a reconnu 40 ; et sur 216 patients ayant une intubation difficile, notre classificateur n'a pas reconnu 9.

La nouveauté de cette base ne l'a pas empêché de nous donné des résultats satisfaisants et élevés ; ceci avec les quatre différentes méthodes utilisées.

Le meilleur résultat est celui du K-NN, tel que son erreur est la plus petite (0,0074) impliquant une augmentation du taux de classification (99,6%). Ce dernier ass presque

reconnu tous les patients présentant une ID ou une IF puisque son faux négatif est égale 1 (C'est le paramètre le plus pertinent et le plus dangereux qu'il ne faut pas négliger). Aussi son écart type (la moyenne de différents tests) est réduit par rapport aux autres (0,62) : les résultats sont proches.

La moyenne des résultats est figurée postérieurement :

	SVM	K-NN	RNS	ANFIS
Moyenne	98%	98,49	96,71	95,48
Ecart type	0,89	0,62	1,11	0,90

Tab III.9 : Moyenne et écart type des résultats

Ces résultats sont illustrés dans la figure qui suit:

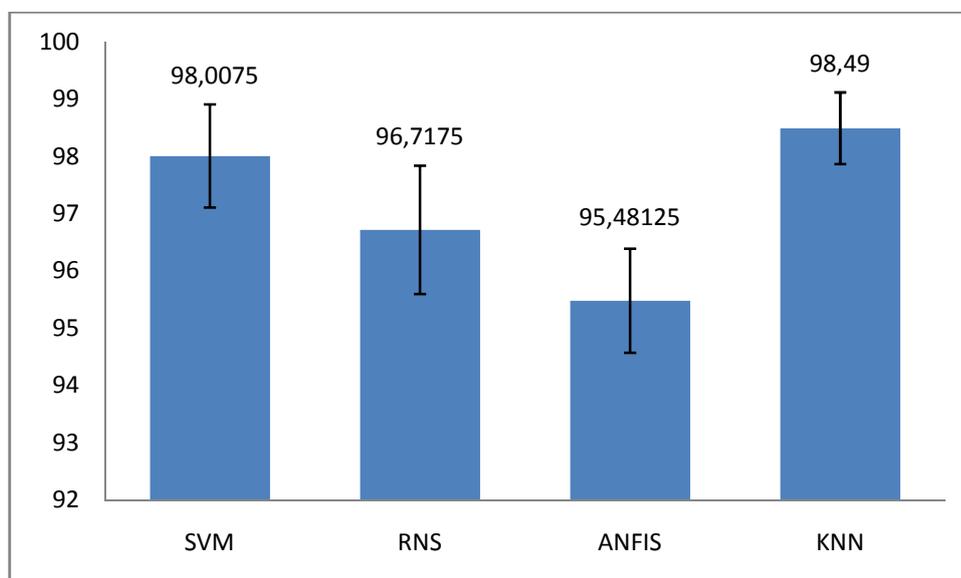


Fig III. 10: Histogrammes du taux de classification

Malgré le résultat supérieur du K-NN, l'ANFIS reste meilleur grâce à sa puissance d'interprétabilité des résultats.

Le test effectué sur le classifieur ANFIS nous a permis d'obtenir des résultats satisfaisants dont un $T_C = 96.59\%$, une erreur réduite et une bonne interprétabilité.

Afin de détecter le type d'intubation, plusieurs critères sont pris en charge, tels que :

- ASA : si le patient est ASA3 ou 4, on dit directement que son intubation est difficile, sinon on passe au deuxième paramètre,

- AGE : pour l'âge on doit voir les critères, suivants.
- Mallampati : si le score de Mallampati est 3,4, le patient présente une ID ; sinon on passe à l'autre,
- Les dents : voir le paramètre suivant,
- Distance thyro-mentonnaire : >65mm on note ID, <65 mm IF, on passe à celui d'après,
- Ouverture de la bouche : <35mm ID ; dans ce cas, on retourne au paramètre de l'âge, >35mm IF, on étudie le critère qui suit,
- Etat du patient : pour les malades mentaux et les hyper stressés, l'intubation est difficile (ID) ; pour les patients normaux ou les sourds-muets l'intubation peut être facile.

Quelques exemples des règles obtenues, telles la distance thyro-mentonnaire notée par Dist, l'ouverture de la bouche notée par ouvert, état du patient par Etat et intubation par intub.

- Les règles présentant une intubation difficile (intub=1)

3. If (ASA = 1) and (Age=1) and (Mallampati=1) and (Dents=1) and (Dist=1) and (ouvert=1) and (Etat=3) then (intub=1)

11. If (ASA = 1) and (Age=1) and (Mallampati=1) and (Dents=1) and (Dist=2) and (ouvert=1) and (Etat=3) then (intub=1)

770 .If (ASA = 2) and (Age=2) and (Mallampati=1) and (Dents=1) and (Dist=1) and (ouvert=1) and (Etat=2) then (intub=1)

771. If (ASA = 2) and (Age=2) and (Mallampati=1) and (Dents=1) and (Dist=1) and (ouvert=1) and (Etat=3) then (intub=1)

1150. If (ASA = 2) and (Age=3) and (Mallampati=3) and (Dents=4) and (Dist=2) and (ouvert=2) and (Etat=2) then (intub=1)

- Les règles présentant une intubation facile (intub=0)

1. If (ASA = 1) and (Age=1) and (Mallampati=1) and (Dents=1) and (Dist=1) and (ouvert=1) and (Etat=1) then (intub=0)

2. If (ASA = 1) and (Age=1) and (Mallampati=1) and (Dents=1) and (Dist=1) and (ouvert=1) and (Etat=2) then (intub=0)

5. If (ASA = 1) and (Age=1) and (Mallampati=1) and (Dents=1) and (Dist=1) and (ouvert=2) and (Etat=1) then (intub=0)

18. If (ASA = 1) and (Age=1) and (Mallampati=1) and (Dents=2) and (Dist=1) and (ouvert=1) and (Etat=1) then (intub=0)

19. If (ASA = 1) and (Age=1) and (Mallampati=1) and (Dents=2) and (Dist=1) and (ouvert=1) and (Etat=2) then (intub=0)

9. If (ASA = 1) and (Age=1) and (Mallampati=1) and (Dents=1) and (Dist=2) and (ouvert=1) and (Etat=1) then (intub=0)

CONCLUSION

Notre système est utilisé pour voir si l'intubation du patient est facile ou difficile, afin d'aider le médecin anesthésiste-réanimateur lors de la consultation d'anesthésie ; ceci dans le but de diminuer le risque opératoire.

L'absence d'une BDD anesthésique nous a conduits à faire une collecte locale de 895 patients.

Pour évaluer notre sous base SB4, nous avons utilisé les classifieurs suivants :

- Les réseaux de neurones multicouches,
- Les machines à vecteurs de support,
- Les K-plus proches voisins K-NN.
- Et l'ANFIS

Les résultats de classification des données, obtenus par les différentes techniques de classification, sont satisfaisants, acceptables, convenables et très prometteurs, du fait que le meilleur taux obtenu est de 99,26% par la technique des K-NN. Donc la base de données utilisée est fiable et crédible.

Malgré que les résultats obtenus par ANFIS sont moins performants que ceux par K-NN, le facteur d'interprétabilité lui donne un intérêt particulier dans le diagnostic médical.

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de notre recherche dans ce projet de master2 EBM est de développer et de tester plusieurs classifieurs intelligents, afin de les intégrer dans un système d'aide au diagnostic dans le domaine de l'anesthésie.

Ce domaine est très vaste, riche en paramètres et en informations ; parmi ces critères, on trouve celui de l'intubation qui est une technique nécessaire très importante, mais, quelquefois négligeable lors du déroulement d'une intervention chirurgicale. On peut distinguer deux types d'intubation (facile et difficile).

Pour cela, nous avons travaillé sur une nouvelle Base De Données (BDD) pour détecter le type d'intubation. Cette dernière contient 895 patients, 7 descripteurs et une classe à intubation facile ou difficile.

La nouvelle base a été testée par différentes méthodes de classification dans le domaine du supervisé, afin de prouver sa robustesse.

Les résultats obtenus sont satisfaisants, d'où un taux de classification très élevé : 99,26% et une erreur réduite de 0,0074 (méthode de K-NN). Les classifieurs ont reconnu un maximum de patients : pas trop d'erreur de ce côté-là. Cette base a été de même interprétée par une connaissance en utilisant le neuro-flou.

On remarque ainsi que notre base est fiable et robuste.

Nous espérons que les résultats obtenus seront améliorés, en fusionnant plusieurs méthodes de classification ; que cette base sera testée par d'autres techniques, dont le but sera l'amélioration des bilans, et l'augmentation des statistiques dans ce domaine.

Il sera souhaitable d'élaborer un nouveau logiciel qui permettra d'offrir une aide directe, nécessaire, utile aux médecins anesthésistes-réanimateurs.

ANNEXE1

DEPARTEMENT D'ANESTHESIE-REANIMATION CHIRURGICALE UNITE D'OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE

CONSULTATION D'ANESTHESIE

Patient(e)	Date.....Anesthésie.....	
	Diagnostique ou intervention prévue : Anesthésie ambulatoire : Patient(e) averti(e) :	
Poids :	Taille :	Groupage Rhésus :

Antécédents

Médicaux :

Chirurgicaux :

Maladie thrombo-embolique :

Allergie :

Tabac :

Autres :

TRT Actuel et récent

Examen Pré-Anesthésique

- Cœur/ Vx
- Poumons :
- Autres :

PA :

Pouls :

Considération Techniques

- Etat dentaire Prothèses dentaires
- Capital veineux
- Ouverture de bouche Mallampati : 1-2-3-4
- Distance menton os hyoïde Rachis cervical

Examen complémentaire

ECG

TTX :

Biologie : Groupage..... TP, TCA.....
FNS +Plaquettes.....
Glycémie :..... Créatine..... Autres :.....

Préméditation

- Veille au soir :.....
- Jour de l'intervention :.....
- Prescription Particulière :.....

Anesthésie proposée au patient(e)

**DEPARTEMENT D'ANESTHESIE-REANIMATION CHIRURGICALE
UNITE DE TRAUMATOLOGIE-ORTHOPEDIE**

CONSULTATION D'ANESTHESIE

Patient(e)	Date.....Anesthésie.....
Nom :	Diagnostique ou intervention prévue :
Prénom :	Anesthésie ambulatoire :
Age :	Patient(e) averti(e) :
Poids :	Taille :
	Groupage Rhésus :

Antécédents

Médicaux :

Chirurgicaux :

Maladie thrombo-embolique :

Allergie :

Tabac :

Autres :

TRT Actuel et récent

Examen Pré-Anesthésique

- Cœur/ Vx
- Poumons :
- Autres :

PA :

Pouls :

Considération Techniques

- Etat dentaire Prothèses dentaires
- Capital veineux
- Ouverture de bouche Mallampati : 1-2-3-4
- Distance menton os hyoïde Rachis cervical

Examen complémentaire

ECG :

Echo cardiographie :

Doppler :

TTX :

Biologie : groupage..... TP, TCA.....

FNS : GB..... GR.....HT.....Plaquettes...

Glycémie :..... Créatine..... Autres :.....

Préméditation

- Jour de l'intervention :.....
- Prescription Particulière :.....

ASA et Anesthésie proposée au patient(e)

ANNEXE 2

A.2 NOTIONS SUR LA LOGIQUE FLOUE :

A.2.1 Définition :

La logique floue est une technique très simple, efficace et utile dans des situations où il y a de larges incertitudes et de variations inconnues dans les paramètres et la structure du système, elle est très puissante et caractérisée par l'utilisation des variables linguistiques au lieu des variables numériques, dans des situations conditionnelles floues.

Elle permet de faire le lien entre modélisation numérique et symboliques par l'introduction des fonctions caractéristiques (les fonctions d'appartenances) où elles prennent des valeurs binaires entre $\{0,1\}$ contrairement aux ensembles "booléens", n'enveloppant que deux valeurs 0 et 1. Elle tient compte de l'imprécision de la forme des connaissances, mais elle nécessite de longues années de développement et d'étude théorique.

La logique floue est basée sur des termes linguistiques courants (petit, grand, moyen...) et intermédiaires (entre le vrai et le faux) en admettant même des chevauchements entre eux.

A.2.2 Structure et principe d'un système flou :

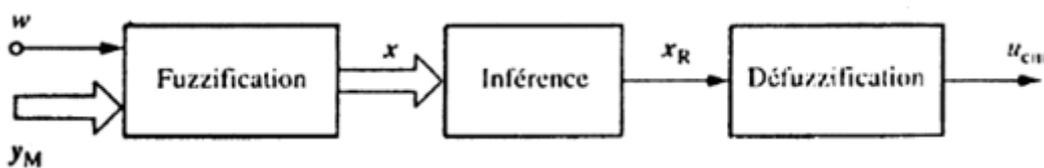


Fig : structure d'un système flou

Chaque système basé sur la logique floue est composé de quatre blocs principaux [5]

- Base de connaissance (règles et paramètres des fonctions d'appartenance)
- Bloc de décision ou moteur d'inférence (inférence des opérations sur les règles)
- Fuzzification ou quantification floue (transformation des entrées précises en degrés d'appartenance)

- Défuzzification (transformation des résultats flous en sorties précises)

Le principe de fonctionnement d'un système flou est simple, et se décompose en 3 étapes distinctes:

a) Fuzzification :

Permet de transformer et mesurer les variables non floues, provenant du monde extérieur, en sous-ensembles flous (variables linguistiques), de traiter les grandeurs mesurées, et de déterminer le degré d'appartenance de chaque variable d'entrée à chaque état, à l'aide des fonctions d'appartenance ; cette étape consiste à la conversion analogique /digitale.

b) inférence floue :

Permet de déterminer la conséquence (min) et le degré d'appartenance de chacune des conditions des règles, d'activer les règles et d'agrèer les règles max.

La stratégie de réglage dépend essentiellement des interférences liant les grandeurs mesurées et les variables de sortie par des règles linguistiques. Ces règles sont combinées en utilisant les connexions ET & OU

c) Défuzzification :

En sortie, le système flou ne peut pas communiquer des valeurs floues qu'il peut seul exploiter ; la défuzzification permet donc de fournir des valeurs précises qui sont nécessaire pour ce système, ceci, dont le but d'extraire une valeur réelle y_0 , à partir de la fonction d'appartenance $f(y)$ du sous-ensemble de sortie ; cette étape constitue le lien de communication entre le monde de raisonnement approximatif (système flou) et le monde réel du processus (système à commander).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Hafid et Hasna Kadmaoui et Chattni, « Les missions de l'infirmier anesthésiste au bloc opératoire et les contraintes de leur accomplissement », « Institut de formation aux carrières de santé Marrakech », 2008
- [2] Amine Lazouni, « Un système d'aide au diagnostic basé sur des données d'anesthésie collectée localement », JDGBM 2011
- [3] KIRERE MATHE, COURS D'ANESTHESIE-REANIMATION, « L'anesthésie », Enseignement Supérieur Universitaire et de la Recherche Scientifique Démocratique du Congo. Edition 2004-2005
- [4] JOHN C. SNOW M.D, « Manuel d'anesthésie 2ème édition », « Anesthésie générale », P81, 1991, 0245-4254
- [5] JOHN C. SNOW M.D, « Manuel d'anesthésie 2ème édition », « Choix de l'anesthésie », P11, 1991, 0245-4254
- [6] Fœx, P. « Preoperative assessment of patients with cardiac disease » . Br. J. Anaesth. 50 :15, 1978]
- [7] Benaïcha Fatima, « anesthésie générale », « les critères de choix entre l'anesthésie générale et locorégionale en traumatologie », 2012.
- [8] JOHN C. SNOW M.D, « Manuel d'anesthésie 2ème édition », « Anesthésie Locale et Régionale », P137, 1991, 0245-4254.
- [9] JOHN C. SNOW M.D, « Manuel d'anesthésie 2ème édition », « AVANTAGES, Anesthésie Locale », P143, 1991, 0245-4254.
- [10] D. SAFRAN ET D.JOURNOIS, « consultation d'anesthésie », « quels sont les inconvénients et les risques propre aux anesthésies locorégionales », hôpital Européen George Pompidou (Paris) Service d'anesthésie-Réanimation, 2007.
- [11] Y.LOUVILLE, « Physiologie circulatoire et ventilatoire anesthésie-réanimation », « Les complications de l'anesthésie », Masson, p229, Paris, 1993, 0761-0270.
- [12] JP Haberer, « Encyclopédie Médico-chirurgicale, anesthésie-réanimation » « consultation pré-anesthésique », p12, 36-375-A-05, 2001.

- [13] article 16-3 du code civil, article K 710-2 du code de santé publique, article 33, 36, 41, 42, 64 du code de déontologie médicale.
- [14] JOHN C. SNOW M.D, « Manuel d'anesthésie 2ème édition », « PREPARATION DU MALADE A L'ANESTHESIE », P3, P9, 1991, 0245-4254.
- [15] Y.LOUVILLE, « Physiologie circulatoire et ventilatoire anesthésie-réanimation », «L'examen pré-anesthésique», Masson, Paris,1993, 0761-0270, p209.
- [16] L. Vazel, Intubation: techniques, indication, following, Complications, EMC-Oto-rhino-laryngologie, 2003
- [17] JOHN C. SNOW M.D, « Manuel d'anesthésie 2ème édition », « Laryngoscopie et intubation trachéale», P119, P122, P123, P129, 1991, 0245-4254
- [18] Ecoffey C, Estèbe JP, Wodey E. « Journées rennaises d'anesthésie et de réanimation », 2000.
- [19] Ravussin P, Cros AM, Gentili M, Langeron O, Martin C, Molliex S, et al. « Prise en charge des voies aériennes en anesthésie adulte à l'exception de l'intubation difficile », Conférence de consensus organisée par la Société Française d'Anesthésie et de Réanimation, 7 juin 2002.
- [20] Société française d'anesthésie et de réanimation en collaboration avec la Société française d'oto-rhino-laryngologie, « Critères prédictifs d'une intubation difficile (ID) », « Prise en charge des voies aériennes en anesthésie adulte à l'exception de l'intubation difficile ».
- [21] Shah N, Creig JR, Stephenson JR, Jankowski S. Microbial contamination of gum elastic bougie, *anaesthesia* 2000;55:1225.
- [22] Y.LOUVILLE, « Physiologie circulatoire et ventilatoire anesthésie-réanimation », «Techniques avec matériel», Masson, Paris, 1993, 0761-0270, p153
- [23] Mr CHIKH, « réseaux de neurones et apprentissage automatique », université Tlemcen, cours classification, 2012-2013.
- [24] PARIZEAU.M, « réseaux de neurones », université Laval, 2004.

- [25] L ; personnarz and I. Rivals, « réseaux de neurone formels pour la modélisation, la commande et la classification », CNRS Editions, 2003, 387p, ISBN : 2271061032, 978227106103.
- [26] Medjadji Khadra , « Etude comparative entre un classifieur neuronal et un classifieur flou des arythmies cardiaques », 2007-2008.
- [27] Fouzia madour, « Controle neuro-flou robuste des systèmes non-linéaires», Université de Sétif Algérie - Magistère 2007.
- [28] J. S. R. Jang. ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system. Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, 23(3) :665–685, August 1993.
- [29] Nessma Settouti, « Renforcement de l'Apprentissage Structurel pour la Reconnaissance du Diabète », 2011.
- [30] N. Benamrane, A. Aribi, L. Kraloua, and A. Freville. «Interprétation des images médicales par une approche neuro-flou-génétique ». In Modélisation, Optimisation et Simulation des Systèmes : Défis et Opportunités. 6e Conférence Francophone de Modélisation et Simulation - MOSIM06 - Rabat - Maroc, 3 au 5 avril 2006.
- [31] Cortes and V.Vapnik. « Support vector networks. Machine Learning », vol 20, pp : 273-297, 1995.
- [32] SIMON RÉHEL, « Catégorisation automatique de textes et cooccurrence de mots provenant de documents non étiquetés », Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval, Québec, Janvier 2005.
- [33] V.Vapnik, 1995, « Character recognition - A review», the nature of statistical learning thory», springer_verlag,New_York, USA.K Govindan, « Character recognition - A review», Department of Electrical communication engineering, India ; CNED'94 ; P 671-672, 1990.
- [34] N. Ayat, 2003. « Sélection de modèle automatique des machines à vecteurs de support », application à la reconnaissance d'images de chiffres manuscrits. Thèse présentée à l'école de technologie supérieure, Montréal,Canada.
- [35] Hechenbichler, K. Et Schliep K, «Weighted k-nearest-neighbor techniques and ordinal classification», Sonderforschungsbereich 386, paper 399, 2004

[36] Yasmine Hanane zeggane Mokhtar, « Algorithmes d'apprentissage pour la classification de documents », Université de Mostaganem -Algérie- licence 2009].

[37] RADWAN JALAM : «Apprentissage automatique et catégorisation de textes multilingues», Université Lumière Lyon2, Juin 2003.