

Table des matières

Liste des figures	i
Liste des tables	ii
1 Apprentissage automatique (Machine Learning)	2
1.1 Introduction	2
1.2 Techniques d'apprentissage automatique	2
1.2.1 Apprentissage supervisé	3
1.2.2 Apprentissage non-supervisé	3
1.3 Autres types d'apprentissage	5
1.3.1 Apprentissage semi-supervisé	5
1.3.2 Apprentissage par renforcement	6
1.4 Conclusion	6
2 Apprentissage profond (Deep Learning)	7
2.1 Introduction	7
2.2 Apprentissage profond	7
2.3 Réseaux de Neurones Artificiels (ANNs)	8
2.3.1 Historique	8
2.3.2 Le neurone biologique	8
2.3.3 Définition	9
3 Traitement d'Image (Image Processing)	11
3.1 Introduction	11
3.2 L'image numérique	11
3.3 L'image thermique	12
3.4 Le traitement d'image	13
3.5 Le but du traitement d'image	13
3.6 Les méthodes pour le traitement d'image	14
3.7 Les applications existantes	14
3.8 Les recherches et l'avenir	16
3.9 Conclusion	17
4 Contexte et problématique du projet	19
4.1 Définition e-santé	19
4.2 Domaines d'application	19
4.3 La e-santé inclut	20
4.4 L'importance de la e-santé	20
4.5 Focus sur le Cancer	20

4.6	la santé connectée implique	21
4.7	Une approche de la santé connectée offre trois niveaux de création de valeur	21
4.8	Les principales fonctions de la santé connectée	22
4.9	Les différents champs d'application de la santé connectée	22
4.10	Avantages et inconvénients	22
5	Le problème de la prise de température dans le service des enfants cancéreux	24
5.1	Introduction	24
5.2	Définition : la température corporelle	24
5.3	La température chez les enfants	24
5.4	Les causes de l'élévation de la température chez l'enfant	24
5.5	Définition : le Cancer	25
5.6	Le cancer de l'enfant	25
5.7	Les cancers les plus fréquents chez l'enfant	26
5.8	Symptômes	27
5.9	Le problème de la prise de température dans le service des enfants cancéreux	27
5.10	Les solutions existantes	27
5.10.1	Le thermomètre	28
6	Description de la solution	32

Table des figures

1	Schéma d'un neurone biologique	9
2	Schéma d'un réseau artificiel de neurones	10
3	Schéma d'un neurone biologique	12
4	Présentant les étapes d'un traitement d'une image	13
5	Le cancer chez l'enfant	26
6	Thermomètre à gallium	28
7	Mesurer la température avec thermomètre électronique	29
8	Thermomètre infrarouge	30
9	Thermomètre tétine	31
10	Bracelet pour mesurer la température	31

Liste des tableaux

- 1 Choix de la méthode de prise de température suivant l'âge de l'enfant . 28

Chapiter 1

État de l'art

1 Apprentissage automatique (Machine Learning)

1.1 Introduction

La faculté d'apprendre est essentielle à l'être humain pour reconnaître une voix, une personne, un objet... On distingue en général deux types d'apprentissage : l'apprentissage «par cœur» qui consiste à mémoriser telles quelles des informations, et l'apprentissage par généralisation où l'on apprend à partir d'exemples un modèle qui nous permettra de reconnaître de nouveaux exemples. Pour les systèmes informatiques, il est facile de mémoriser un grand nombre de données (textes, images, vidéos...), mais difficile de généraliser. Par exemple, il leur est difficile de construire un bon modèle d'un objet et d'être ensuite capable de reconnaître efficacement cet objet dans de nouvelles images.

L'apprentissage automatique est une tentative pour comprendre et reproduire cette faculté d'apprentissage dans des systèmes artificiels. Il nous semble donc approprié d'utiliser des techniques issues de ce domaine pour découvrir et modéliser des connaissances liant texte et image.

L'apprentissage automatique se trouve au carrefour de nombreux autres domaines : intelligence artificielle, statistiques, sciences cognitives, théorie des probabilités, de l'optimisation, du signal et de l'information... Il est donc bien difficile de donner une taxonomie des techniques d'apprentissage.

Après avoir donné quelques définitions, nous présentons brièvement dans ce chapitre les deux principaux types d'apprentissage : l'apprentissage supervisé et non-supervisé, et nous donnons pour chacun d'eux quelques exemples de techniques d'apprentissage.

1.2 Techniques d'apprentissage automatique

Dans ce mémoire, nous nous intéressons aux techniques d'apprentissage sur de grande masses d'images. Cependant, avant de pouvoir utiliser les techniques d'apprentissage, il est nécessaire de réaliser quelques pré-traitements sur les données. L'ensemble des techniques utilisées avant, pendant et après l'apprentissage sur de grandes masses de données est souvent regroupé sous le terme de Exploration de données dite «Data Mining».

Exploration de données «Data Mining» c'est une technique qui considère tout le processus d'extraction de connaissances à partir d'un grand nombre de données [1]. Ses principales étapes sont :

- L'extraction et le stockage des données.
- L'exploration des données pour la détection de valeurs aberrantes, atypiques, d'incohérences, et pour la sélection et la transformation des données à étudier...

- Le partitionnement aléatoire des données en trois ensembles : apprentissage, validation et test.
- La réalisation d'un apprentissage numérique ou symbolique à partir des données nettoyées avec estimation de la complexité du modèle et optimisation des paramètres sur l'ensemble de validation.
- La comparaison des résultats obtenus à l'aide des modèles optimaux sur l'ensemble de validation avec les résultats obtenus sur l'ensemble de test afin de tester la capacité de généralisation du modèle.

Il est utilisé dans de nombreux domaines : bases de données, analyse de données, statistiques, classification, programmation logique, visualisation...

1.2.1 Apprentissage supervisé

La classification supervisée (appelée aussi classement ou classification inductive) à pour objectif d'apprendre par l'exemple. Elle cherche à expliquer et prédire l'appartenance de documents à des classes connues a priori. Ainsi c'est l'ensemble des techniques qui visent à deviner l'appartenance d'un individu à une classe en s'aidant uniquement de valeurs qu'il prend [2].

L'apprentissage supervisé suppose qu'un oracle fournit les étiquettes de chaque donnée d'apprentissage l'oracle ici c'est pour chaque x_i , fournit une étiquette u_i dans U (avec une distribution de probabilité $F(u|x)$ inconnue).

On distingue en général trois types de problèmes auxquels l'apprentissage supervisé est appliqué : la classification supervisée, la régression, et les séries temporelles. Ces trois types de problèmes se différencient en fonction du type d'étiquettes fournies par l'oracle. Nous présentons maintenant brièvement trois algorithmes classiques d'apprentissage supervisé :

1. Les k plus proches voisins (k - NN) : déterminer pour chaque nouvel individu que l'on veut classer, la liste des k plus proches voisins parmi les individus déjà classés.
2. La classification bayésienne : Le classifieur bayésien va choisir la classe C_k qui a la plus grande probabilité, on parle de règle MAP (maximum a posteriori).
3. Machines à vecteurs de support (SVM) : (Support Vector Machines) La méthode à base de SVM cherche l'hyperplan séparateur le plus éloigné des documents du corpus d'apprentissage.

1.2.2 Apprentissage non-supervisé

Contrairement à l'apprentissage supervisé, dans l'apprentissage non-supervisé il n'y a pas d'oracle qui explicite les étiquettes. L'utilisation de ce type d'algorithme permet

de trouver des structures, des dépendances entre descripteurs... qui nous sont inconnues (on dit aussi latentes). Dans le cadre de ce travail, nous ne nous intéresserons qu'à la régression. Pour ce problème, les étiquettes sont des valeurs.

Le plus connu des problèmes non-supervisés est la classification non-supervisée ou clustering. Les classes, que nous appellerons clusters, sont formées par regroupement des documents qui ont certaines caractéristiques en commun. Un autre problème non-supervisé est l'estimation de densité. Son objectif est de modéliser la distribution des données. Le modèle doit pouvoir fournir une bonne estimation d'un document de test issu de la même distribution (inconnue) que les données d'apprentissage. Son objectif est de résumer l'information importante, de la dissocier du bruit.

Le clustering est un outil important pour l'analyse de données. En français, le mot classification est ambiguë, car il s'agit soit de retrouver la classe à laquelle le document appartient (classification supervisée), soit de construire des regroupements de documents (classification non-supervisée). Pour distinguer ces deux cas, nous parlerons de classement pour la première et de clustering pour la seconde. Le clustering vise à trouver les structures intrinsèques des données en les organisant en groupes homogènes et distincts (les clusters). Les objets dans un même cluster doivent être similaires entre eux et différents des objets des autres clusters [3].

Pour construire un regroupement de ces données, un utilisateur a trois choix méthodologiques à faire :

1. Choisir une mesure de ressemblance entre les données.
2. Choisir le type de structure qu'il veut obtenir : partition, hiérarchie, arbre, pyramide.
3. Choisir la méthode permettant d'obtenir la structure désirée.

On distingue généralement quatre types d'approches du clustering [4]

1. Les approches basées sur le partitionnement des données : les points de données sont divisés en k partitions, où chaque partition représente un cluster. La partition est faite sur la base de certains objectifs fonctionnels. Une de ces fonctions standard est de minimiser le carré d'erreur.
2. Densités : sont définies comme des zones de densité supérieure au reste de l'ensemble de données. Les objets rares dans ces zones - qui sont nécessaires pour séparer les clusters - sont généralement considérés comme du bruit et des points frontières.
3. L'espace (grid) : utilise une structure de données de grille multi-résolution. Il quantifie l'espace objet en un nombre fini de cellules qui forment une structure de grille sur laquelle toutes les opérations de clustering sont effectuées.
4. Les approches hiérarchiques : les plus petites clusters sont fusionnées en plus grandes, ou les plus grandes clusters sont découpés en plus petites clusters. Le ré-

sultat de l'algorithme est un arbre de cluster, appelé dendrogramme, qui montre la relation entre les cluster.

Nous présentons trois algorithmes classiques d'apprentissage non-supervisé :

1. Les k - moyennes (k - means) : est un outil de partitionnement des données non-hiérarchique qui permet de répartir les données en k clusters homogènes [5].
2. Les cartes auto-organisatrices (SOM - self organizing map ou carte de Kohonen (1982)) : appartiennent aux techniques de clustering par partitionnement des données. Cette technique est un cas particulier de réseau de neurones non-supervisé [6].
3. La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) : Il appartient à la méthode des heuristiques. Cette méthode est utilisée pour construire des clusters pour les documents ainsi que pour les visualiser [7].

1.3 Autres types d'apprentissage

Il existe d'autres types d'apprentissage. Citons l'apprentissage semi-supervisé et l'apprentissage par renforcement. Ces deux types d'apprentissage nous semblent être intéressants pour la recherche d'images.

En effet, l'apprentissage semi-supervisé est un bon compromis entre apprentissage supervisé et non-supervisé, car il permet de traiter un grand nombre de données sans avoir besoin de toutes les étiqueter, et, bien utilisé, il donne de meilleurs résultats que l'apprentissage non-supervisé.

L'apprentissage par renforcement est utile dans le cas d'apprentissage interactif, comme les techniques de bouclage de pertinence.

1.3.1 Apprentissage semi-supervisé

L'apprentissage semi-supervisé suppose que l'on dispose de peu de données étiquetées et d'un grand nombre de donnée non étiquetées. L'apprentissage s'effectue alors à partir des deux source de données.

Un exemple d'apprentissage semi-supervisé est le co-apprentissage (co-training). L'apprentissage actif est une forme particulière d'apprentissage semi-supervisé, car il consiste à faire annoter par l'utilisateur quelques exemples positifs et négatifs.

Il permet d'intervenir dans le processus de construction de l'ensemble d'apprentissage dans le cadre de la recherche interactive. Certaines techniques classiques ont été étendues au cas de l'apprentissage semi-supervisé [8].

1.3.2 Apprentissage par renforcement

L'apprentissage par renforcement désigne toute méthode adaptative permettant de résoudre un problème de décision séquentielle. L'apprentissage par renforcement est synonyme d'apprentissage par interaction. Pendant l'apprentissage, le système adaptatif agit en interaction avec son environnement, et en retour reçoit des signaux de renforcement. Son objectif est de maximiser une mesure de gain dépendant des signaux reçus. Le terme adaptatif signifie que l'on part d'une solution inefficace, et qu'elle est améliorée progressivement en fonction de l'expérience du système.

1.4 Conclusion

Dans cette partie, nous avons décrit quelques techniques d'apprentissage de différents types (supervisés, non-supervisés, semi-supervisés, par renforcement) qui peuvent être employées pour l'indexation et la recherche d'images.

2 Apprentissage profond (Deep Learning)

2.1 Introduction

Après avoir présenté de manière globale l'apprentissage automatique, nous allons maintenant nous intéresser plus particulièrement à l'apprentissage profond. Pour illustrer la discussion, nous allons d'abord présenter en détail le type de modèle le plus utilisé dans ce contexte : les Réseaux de Neurones Artificiels (ANNs).

2.2 Apprentissage profond

La notion d'apprentissage profond est tout d'abord une traduction directe du terme anglais « Deep Learning », que certain préfère traduire par la notion d'apprentissage statistique. De même que sa traduction, sa définition varie également, mais principalement au niveau des détails [9]. Pour définir cette notion dans les grandes lignes, on pourrait dire que L'apprentissage profond est un algorithme d'abstraction de haut niveau qui permet de modéliser les données à partir de grands ensembles de données apprises.

Précisons quelques termes [9] :

- **L'abstraction** suppose que les données initiales diffèrent largement des données de sorties, avec pour résultat possible la classification d'images, la prédiction d'un comportement ou une traduction. L'abstraction signifie qu'il n'y a pas de relation simple entre l'entrée et la sortie.
- **La modélisation** signifie que nous tentons de créer un certain scénario réaliste de sorte qu'une classification ou un résultat réaliste en découle.
- **La notion relative aux grands ensembles de données** signifie que les données d'entrée sont extrêmement diverses. L'apprentissage profond ou l'apprentissage automatique implique généralement que les propriétés importantes de ces données sont détectées lors du processus d'apprentissage.

De nombreux termes de ce utilisés proviennent des sciences neurologiques, notamment de la notion de réseau de neurones. Un réseau neuronal est une sorte de logiciel cérébral ou de machine virtuelle composée de milliers d'unités (les neurones) qui effectuent des calculs. Plus précisément, des unités logiques et de prises de décisions (neurones, perceptrons) relient les données d'entrées et de sorties entre elles par l'intermédiaire d'un réseau complexe (réseau, cerveau) capable de prendre des décisions complexes.

A l'origine, ces systèmes portaient le nom de réseaux artificiels de neurones (ANN, Artificial Neural Networks) afin de les différencier des systèmes biologiques. Ils se composent en général d'un certain nombre de données d'entrées et de sorties (input / output layer), d'un réseau étroit de neurones et de plusieurs strates intermédiaires (hidden

layers). Ces couches intermédiaires permettent de traiter des problèmes complexes ; sans elles, le système ne résout que des calculs simples. Le nombre de couches est donc un facteur décisif pour la complexité du système, et de l'apprentissage ; les données s'associent d'une couche à l'autre, les résultats d'une première couche servant d'entrée à la prochaine, et ainsi de suite afin d'aboutir à une prise de décision complexe. Ce fonctionnement en strates donne toute sa profondeur au réseau et à l'apprentissage.

2.3 Réseaux de Neurones Artificiels (ANNs)

2.3.1 Historique

C'est dans les années 40 que la neurophysiologie a commencé à comprendre le fonctionnement des neurones biologiques, avec notamment les notions d'influx nerveux, de seuil d'activation, d'excitation du neurone et de renforcement de certaines structures par l'apprentissage [10].

Naturellement, les chercheurs essayèrent alors de reproduire un neurone de façon artificielle, d'abord sous forme de circuits électriques puis lorsque les langages de programmation le permirent, sous forme de code. En 1957, "Franck Rosenblatt" invente le "Perceptron", qui est la première tentative de reconnaissance d'image par un algorithme.

Après un creux dans les années soixante en raison de doutes sur la robustesse théorique de ces modèles, la recherche sur les ANN prit un second souffle en 1986 lorsque l'algorithme dit de « rétro-propagation » (back-propagation) permit de multiplier le nombre de couches d'un ANN et donc sa capacité à reconnaître des concepts de plus en plus complexes. En 1998, "Yann Le Cun" proposa le fameux réseau LeNet-5 pour la reconnaissance de caractères [10].

Mais pénalisés par le manque de données et la puissance limitée des machines de l'époque, les réseaux neuronaux passèrent de mode à nouveau au début des années 2000 au profit d'autres techniques de machine learning. Ce n'est que vers 2010 que débuta l'accélération connue aujourd'hui.

2.3.2 Le neurone biologique

L'unité de calcul principal du système nerveux, le neurone, est constitué de trois parties : l'arbre dendritique, le soma et l'axone ; une illustration est présentée à la figure 1. Au repos, l'intérieur du neurone est polarisé négativement par rapport à l'extérieur. Cela est dû à un ensemble de pompes contrôlant les concentrations relatives de différents ions, entre l'intérieur et l'extérieur du neurone. Les synapses sont les points de jonctions entre l'axone et les dendrites de deux neurones, un message y est transmis sous la forme de composés chimiques : les neurotransmetteurs. Lorsque ceux-ci se lient aux récepteurs

poste-synaptiques, des canaux ioniques s'ouvrent ou se ferment sur la membrane et des courants poste-synaptiques apparaissent.

Ces courants sont ensuite intégrés de manière complexe et non-linéaire (Koch et al., 1983) dans l'arbre dendritique. Le potentiel du soma va changer et, si il dépasse un certain seuil, un potentiel d'action sera initié et propagé à travers l'axone, ce qui libérera des neurotransmetteurs aux synapses auxquelles il est relié. Les mécanismes de création et de propagation du potentiel d'action sont expliqués par le modèle d'Hodgkin-Huxley (Hodgkin and Huxley, 1952) basé sur un ensemble d'équations différentielles non-linéaires.

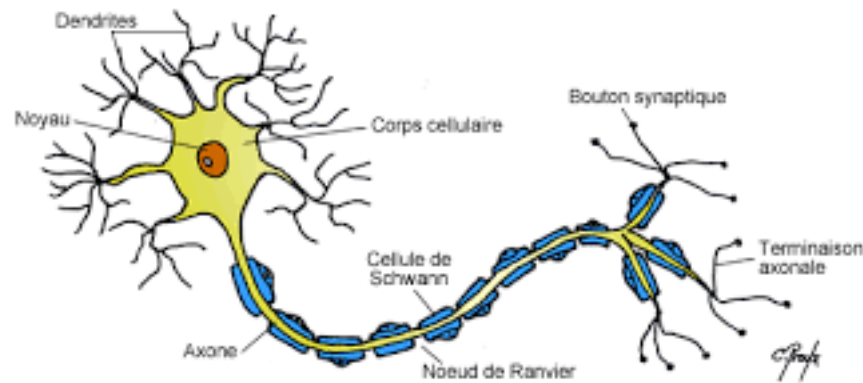


FIGURE 1 – Schéma d'un neurone biologique

2.3.3 Définition

L'idée de neurone artificiel n'a pas encore été vraiment spécifiée. Au sein d'un processeur, l'unité logique se compose de transistors ; on pourrait également y trouver un réseau neuronal « câblé », mais il faudrait qu'il soit « adaptatif », qu'il ait une « capacité d'apprentissage ». En effet, la réponse d'un neurone à des impulsions entrantes doit pouvoir évoluer tout au long du processus d'apprentissage. C'est ce qu'on appelle la « pondération » : un neurone évalue (pondère) diverses variables d'entrée pour obtenir la variable de sortie souhaitée. C'est pourquoi les neurones sont généralement des fonctions mathématiques qui relient entre elles des variables d'entrée et de sortie [9].

Dans la phase d'apprentissage, les neurones modifient leur comportement de pondération et affinent les résultats de sortie en fonction des variables d'entrée. Il doit donc y avoir un retour d'information du résultat global qui influence chaque neurone. On peut donc dire que les variables d'entrée et de sortie d'un réseau neuronal sont connues, mais que les valeurs des neurones, surtout dans les couches cachées restent inconnues. On a affaire à une « boîte noire » [9].

Pris isolément, un réseau neuronal qui n'a pas été entraîné ne « connaît » rien et fournit des résultats aléatoires, voire chaotiques pour l'utilisateur. Seul un système entraîné fournira le résultat souhaité. Si le problème posé est simple, un programme simple, plus facile à déboguer, pourra le résoudre. Pour un problème plus complexe, on aura recours à un réseau de neurones, que l'on entraînera à l'aide de grands ensembles de données. Chaque neurone peut fournir des variables de sortie complexes et réagir linéairement ou non linéairement aux variables d'entrée.

C'est là un point assez subtil, car les neurones doivent être en mesure de réagir à l'ensemble des possibilités afin de fournir un résultat adéquat. Ceci implique deux choses : soit le programmeur du réseau neuronal connaît toutes les connexions possibles internes au réseau, soit il conçoit le réseau de manière si complexe qu'il couvre « toutes » les possibilités [9].

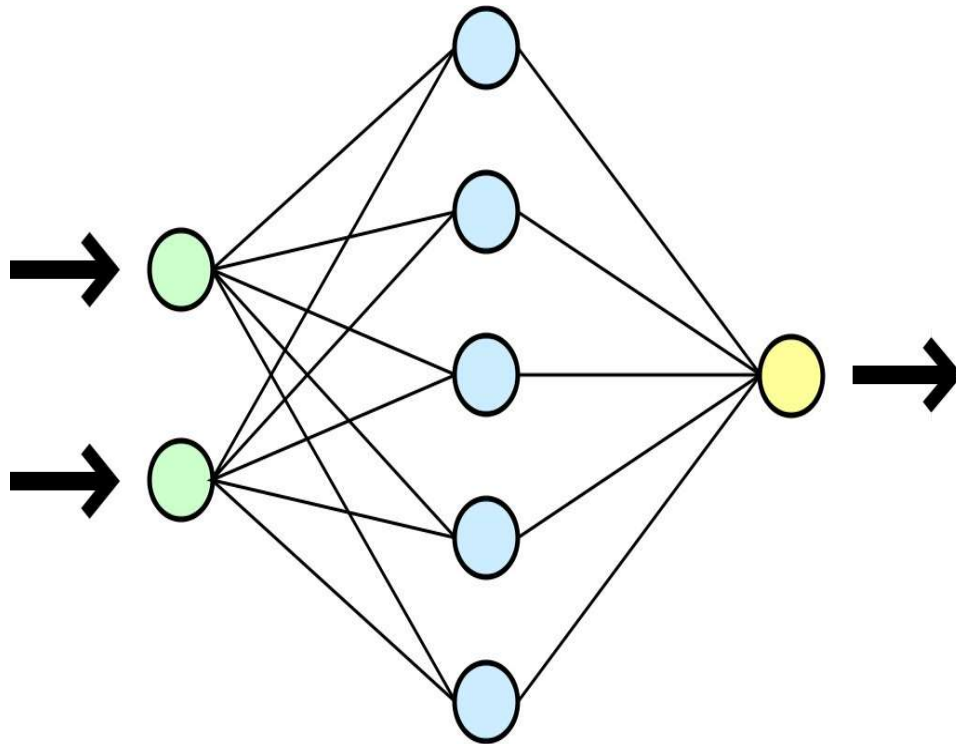


FIGURE 2 – Schéma d'un réseau artificiel de neurones

3 Traitement d'Image (Image Processing)

3.1 Introduction

Les images sont le moyen le plus courant et le plus pratique de transmettre ou de transmettre des informations. Une image vaut mieux que mille mots. Les images transmettent de manière concise des informations sur les positions, les tailles et les relations entre les objets. Ils décrivent des informations spatiales que nous pouvons reconnaître en tant qu'objets. Les êtres humains sont capables de tirer des informations de telles images, grâce à nos capacités mentales et visuelles innées. Environ 75% des informations reçues par l'homme sont sous forme graphique.

3.2 L'image numérique

Une image numérique est la représentation d'une image en deux dimensions avec un ensemble de nombres déterminés d'ensembles finis de valeurs numériques appelées éléments d'image ou pixels. Les valeurs de pixels représentent généralement les niveaux de gris, les couleurs, les hauteurs, les opacités, etc. Chaque pixel est un nombre représenté par un nombre numérique qui représente le degré de confiance d'une zone relativement petite dans une scène. La plage de valeurs nombre numérique étant normalement comprise entre 0 et 255. La taille de cette zone affecte la reproduction des détails dans la scène. Au fur et à mesure que la taille du pixel est réduite, plus de détails de la scène sont préservés en représentation numérique [11].

Une image numérique $a[m, n]$ décrite dans un espace discret 2D est dérivée d'une image analogique $a(x, y)$ située dans un espace continu 2D par le biais d'un processus d'échantillonnage appelé fréquemment numérisation. L'effet de la numérisation est illustré à la figure 3. L'image continue 2D $a(x, y)$ est divisée en N lignes et M colonnes. L'intersection d'une ligne et d'une colonne est appelée un pixel. La valeur attribuée aux coordonnées entières $[m, n]$ avec $\{m = 0, 1, 2, \dots, M - 1\}$ et $\{n = 0, 1, 2, \dots, N - 1\}$ est un $[m, n]$. En fait, dans la plupart des cas, un (x, y) - que nous pourrions considérer comme le signal physique qui frappe la face d'un capteur 2D - est en fait une fonction de nombreuses variables, notamment la profondeur (z), la couleur (Λ), et le temps (t) [12].

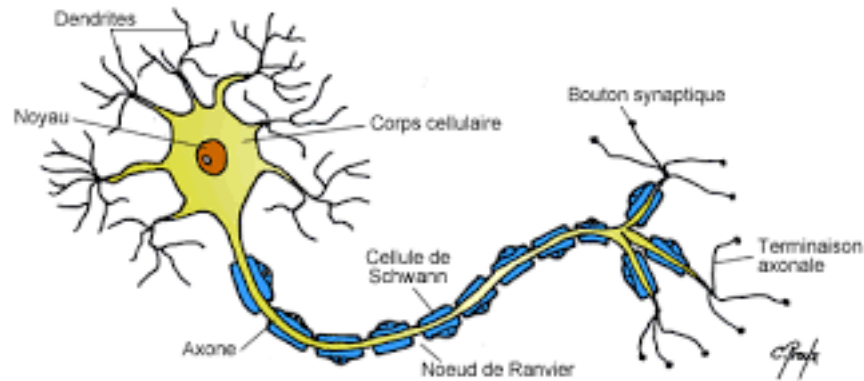


FIGURE 3 – Schéma d'un neurone biologique

L'image présentée à la figure 3 a été divisée en $N = 16$ lignes et $M = 16$ colonnes. La valeur attribuée à chaque pixel est la luminosité moyenne dans le pixel arrondis à la valeur entière. Le processus de représentation de l'amplitude du signal 2D à une coordonnée donnée sous forme de valeur entière avec L niveaux de gris différents est généralement appelé quantification d'amplitude ou simplement quantification.

3.3 L'image thermique

L'image thermique représente la répartition structurée des données représentatives du rayonnement infrarouge en provenance d'une scène thermique (Norme AFNOR A 09-400).

Tout corps dont la température est supérieure au zéro absolu émet en permanence un rayonnement électromagnétique. Le rayonnement thermique est le phénomène d'écoulement de la chaleur par lequel l'énergie calorifique se transmet entre deux objets de température différente et séparés dans l'espace par un milieu transparent. Le spectre des radiations électromagnétiques est divisé arbitrairement en un certain nombre de régions déterminées en fonction des générateurs ou récepteurs appropriés (C. Sirieix, 1990a).

Le spectre infrarouge est divisé en trois grandes régions suivant les capteurs utilisables pour les déceler (Gaussorgues, 1989) :

1. de 0,75 à 1,5 μm , l'infrarouge proche décelé par les émulsions photographiques
2. de 1,5 à 20 μm , l'infrarouge moyen décelé par des détecteurs thermiques photoconducteurs ou photovoltaïques.
3. de 20 à 1000 μm , l'infrarouge lointain décelé par les détecteurs thermiques.

3.4 Le traitement d'image

Le traitement et l'analyse d'images peuvent être définis comme "l'acte d'examiner des images dans le but d'en identifier et d'en juger le sens". L'analyste d'images étudie les données de télédétection et tente, via un processus logique, de détecter, identifier, classer, mesurer et évaluer la signification de données physiques. Le traitement numérique de l'image est un ensemble de techniques permettant de manipuler des images numériques par ordinateur. Les données brutes reçues des capteurs d'imagerie sur les plates-formes satellites contiennent des défauts et des carences [13].

Pour surmonter ces défauts et lacunes afin d'obtenir l'originalité des données, celles-ci doivent subir plusieurs étapes de traitement. Cela varie d'une image à l'autre en fonction du type de format d'image, des conditions initiales de l'image, des informations qui vous intéressent et de la composition de l'image [13]. Le traitement des images comprend essentiellement les trois étapes suivantes :

1. Importation de l'image avec un scanner optique ou par photographie numérique.
2. Analyser et manipuler l'image, ce qui inclut la compression des données, l'amélioration de l'image et la détection de motifs qui ne sont pas visible à l'œil humain comme les photographies satellites.
3. La sortie est la dernière étape dans laquelle le résultat peut être une image modifiée ou un rapport basé sur une analyse d'image.

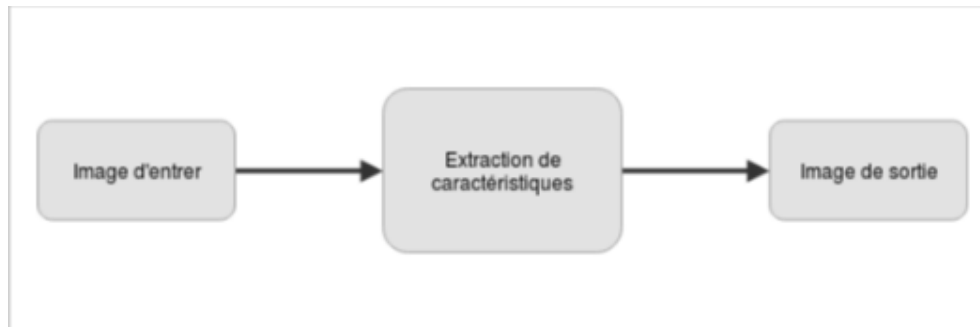


FIGURE 4 – Présentant les étapes d'un traitement d'une image

3.5 Le but du traitement d'image

Le traitement de l'image est divisé en 5 groupes. Elles sont :

1. Visualisation : Observez les objets non visibles.
2. Netteté et restauration d'image : Pour créer une meilleure image.
3. Récupération d'image : Recherchez l'image à laquelle on s'intéresse.

4. Mesure du motif : Mesure divers objets dans une image.
5. Reconnaissance d'image : Distinguer les objets dans une image.

3.6 Les méthodes pour le traitement d'image

Les deux types de méthodes utilisées pour le traitement d'images sont le traitement d'images analogique et numérique. Des techniques de traitement d'image analogiques ou visuelles peuvent être utilisées pour les copies papier telles que les impressions et les photographies. Les analystes d'images utilisent divers principes d'interprétation lors de l'utilisation de ces techniques visuelles. Le traitement de l'image ne se limite pas à un domaine à étudier, mais à la connaissance de l'analyste. L'association est un autre outil important dans le traitement des images par le biais de techniques visuelles. Les analystes appliquent donc une combinaison de connaissances personnelles et de données collatérales au traitement des images.

Les techniques de traitement numérique aident à manipuler les images numériques en utilisant des ordinateurs. Les données brutes des capteurs d'imagerie contiennent des lacunes et pour surmonter ces défauts et obtenir l'originalité de l'information, l'image doit subir différentes phases de traitement.

Les trois phases générales que doivent subir tous les types de données lors de l'utilisation de la technique numérique sont les suivantes : Prétraitement, Amélioration et Affichage, Extraction d'informations.

3.7 Les applications existantes

1. Systèmes de transport intelligents - Cette technique peut être utilisée pour la reconnaissance automatique de plaques d'immatriculation et la reconnaissance de panneaux de signalisation [14].
2. Télédétection - Pour cette application, les capteurs capturent les images de la surface de la Terre dans des satellites de télédétection ou un scanner multispectral monté sur un avion. Ces images sont traitées en les transmettant à la station terrienne. Les techniques utilisées pour interpréter les objets et les régions sont utilisées dans la lutte contre les inondations, la planification urbaine, la mobilisation de ressources, le suivi de la production agricole, etc [15].
3. Suivi d'objet en mouvement - Cette application permet de mesurer les paramètres de mouvement et d'acquérir un enregistrement visuel de l'objet en mouvement. Les différents types d'approche permettant de suivre un objet sont les suivants : Suivi basé sur le mouvement et suivi basé sur la reconnaissance [16].
4. Surveillance de la défense - Des méthodes de surveillance aérienne sont utilisées pour surveiller en permanence les terres et les océans. Cette application est également utilisée pour localiser les types et la formation des navires de la surface

de l'océan. L'important est de diviser les différents objets présents dans la partie de l'image contenant de l'eau. Les différents paramètres tels que longueur, largeur, surface, périmètre et compacité sont configurés pour classer chacun des objets divisés. Il est important de reconnaître la répartition de ces objets dans différentes directions (est, ouest, nord, sud, nord-est, nord-ouest, sud-ouest et sud-ouest) pour expliquer toutes les formations possibles des navires. On peut interpréter l'ensemble du scénario océanique à partir de la distribution spatiale de ces objets [17].

5. Système d'inspection visuelle automatique - Cette application améliore la qualité et la productivité du produit dans les industries. Système d'inspection automatique des filaments des lampes à incandescence - Cela implique un examen du processus de fabrication de l'ampoule. En raison de l'absence d'uniformité dans le pas des câbles de la lampe, le filament de l'ampoule se fond rapidement. Dans cette application, une tranche d'image binaire du filament est créée à partir de laquelle la silhouette du filament est fabriquée. Les silhouettes sont analysées pour reconnaître la non-uniformité du pas du câblage dans la lampe. Ce système est utilisé par la "General Electric Corporation".
 - (a) Systèmes automatiques d'inspection des surfaces - Dans les industries métallurgiques, il est essentiel de détecter les défauts sur les surfaces. Par exemple, il est essentiel de détecter tout type d'aberration sur la surface du métal laminé dans les laminoirs à chaud ou à froid d'une aciérie. Des techniques de traitement d'image telles que l'identification de texture, la détection de bord, l'analyse fractale, etc. sont utilisées pour la détection.
 - (b) Identification des composants défectueux - Cette application identifie les composants défectueux dans les systèmes électroniques ou électromécaniques. Une plus grande quantité d'énergie thermique est générée par ces composants défectueux. Les images infrarouges sont produites à partir de la distribution des énergies thermiques dans l'assemblage. Les composants défectueux peuvent être identifiés en analysant les images infrarouges.
6. Techniques d'imagerie biomédicale - Pour le diagnostic médical, différents types d'outils d'imagerie tels que les rayons X, les ultrasons, la tomographie assistée par ordinateur (CT), etc. sont utilisés [18]. Certaines des applications des applications d'imagerie biomédicale sont les suivantes :
 - (a) Identification des maladies cardiaques - Il est nécessaire de connaître les caractéristiques de diagnostic importantes telles que la taille du cœur et sa forme afin de classer les maladies cardiaques. Pour améliorer le diagnostic des maladies cardiaques, des techniques d'analyse d'images sont utilisées pour les images radiographiques [19] [20].

- (b) Identification des maladies pulmonaires - Dans les rayons X, les régions qui apparaissent sombres contiennent de l'air, tandis que celles qui apparaissent plus claires sont des tissus solides. Les os sont plus radio-opaques que les tissus. Les côtes, le cœur, la colonne thoracique et le diaphragme qui sépare la cavité thoracique de la cavité abdominale sont clairement visibles sur le film radiographique [21] [22].
- (c) Mammographies numériques - Ceci est utilisé pour détecter la tumeur du sein. Les mammogrammes peuvent être analysés à l'aide de techniques de traitement d'images telles que la segmentation, l'analyse de forme, l'amélioration du contraste, l'extraction de caractéristiques, etc [23].

3.8 Les recherches et l'avenir

Une vaste recherche est en cours dans la technique de traitement d'image.

1. Imagerie du cancer - Différents outils, tels que la ponction trachéo-œsophagienne (TEP), l'IRM (Imagerie par Résonances Magnétique) et la détection assistée par ordinateur, aident à diagnostiquer la tumeur et à en prendre conscience.
2. Imagerie cérébrale - Se concentre sur le développement normal et anormal du cerveau, le vieillissement cérébral et les états pathologiques courants.
3. Cette recherche intègre l'IRM structurelle et fonctionnelle en neurologie, l'analyse de la forme et de la structure des os, le développement d'outils d'imagerie fonctionnelle en oncologie et le développement de logiciels de traitement d'images TEP [24].
4. Le développement de la technologie de l'image impose de déterminer si les nouvelles technologies sont efficaces et rentables, et si cette technologie fonctionne dans les domaines tel-que :
 - (a) Imagerie par résonance magnétique du genou.
 - (b) Détection assistée par ordinateur en mammographie.
 - (c) Échographie endoscopique dans la stadification du cancer de l'œsophage.
 - (d) Imagerie par résonance magnétique dans les douleurs lombaires.
 - (e) Imagerie ophtalmique - Cela fonctionne dans deux catégories :
 - i. Technologie d'imagerie - Technologie d'imagerie - Développement d'un logiciel automatisé - Analyse les images de la rétine pour montrer les signes précoces de rétinopathie diabétique
 - ii. Développement de l'instrumentation - Se concentre sur le développement de l'ophtalmoscope à balayage laser.

3.9 Conclusion

Nous sommes tous en pleine révolution déclenchés par le développement rapide de la technologie informatique et de l'imagerie. Contrairement aux idées reçues, les ordinateurs ne sont pas en mesure d'associer les humains aux calculs liés au traitement et à l'analyse des images.

Mais avec la sophistication croissante et la puissance de l'informatique moderne, le calcul ira au-delà de l'architecture séquentielle conventionnelle de "Von Neumann" et envisagera également l'exécution optique. Les paradigmes de l'informatique distribuée et parallèle devraient améliorer les réponses pour les résultats du traitement des images.

Chapiter 2

Context et problématique du projet

4 Contexte et problématique du projet

4.1 Définition e-santé

e-santé est un domaine émergent qui se situe au croisement de l'informatique médicale, de la santé publique et des entreprises, de la référence aux services de santé et à l'information fournie ou améliorée via Internet et les technologies associées. Dans un sens plus large, le terme caractérise non seulement un développement technique, mais également un état d'esprit, une façon de penser, une attitude et un engagement envers la pensée globale en réseau afin d'améliorer les soins de santé aux niveaux local, régional et mondial. en utilisant les technologies de l'information et de la communication [25].

Le terme *e-santé* désigne l'ensemble des technologies et services - pour les soins médicaux spécifiquement - basés sur les technologies de l'information et de la communication. Ceux ci comprennent :

- Les réseaux régionaux et nationaux d'information pour la santé et les systèmes de dossiers électroniques distribués y compris les systèmes d'information pour les professionnels de santé et les hôpitaux, les services en ligne tels que la prescription électronique, les bases de données...
- Les systèmes de télémédecine et les services associés.
- Les outils spécialisés pour les professionnels de santé et les chercheurs (robotique et environnements avancés pour le diagnostic et la chirurgie, outils pour la simulation et la modélisation, grilles pour la santé et outils pour la formation).

La santé connectée consiste en l'utilisation des nouvelles technologies pour améliorer la santé des citoyens. Ces technologies peuvent faciliter collecte, la circulation, l'utilisation efficaces d'informations sur la santé, l'accès aux soins et permettent à leurs utilisateurs une prise en charge personnalisée en matière de prévention ou de soins médicaux.

Elle regroupe plusieurs leviers : faire des patients des acteurs de leur santé, promotion de l'e-santé à travers les professionnels santé, les données médicales comme levier majeur d'innovation, favoriser le rapprochement patients-médecins [26].

4.2 Domaines d'application

Pour présenter les applications de la santé numérique, on peut se baser sur la chronologie du développement et de la prise en charge d'une maladie à savoir les stades de prévention, de diagnostic, puis de prise en charge thérapeutique et d'établissement d'un pronostic.

Les applications sont nombreuses : On peut distinguer les lieux de prise en charge que sont le cabinet médical pour la médecine ambulatoire et l'hôpital lors des hospitalisations. Le maintien à domicile des patients est un enjeu important.

4.3 La e-santé inclut

1. **La télésanté** qui comprend les actes de prévention et de soins réalisés à distance : information via des portails grand public, sites de promotion de la santé, systèmes d’alerte téléphonique, prescriptions électroniques à distance...
2. **La télémedecine** (actes médicaux réalisés à distance par un médecin) : consultation par vidéoconférence, téléassistance d’un médecin lors d’une intervention, télésurveillance du patient, télé-expertise (échange des avis des médecins)...
3. **La m-santé (mobile santé)** qui comprend les applications numériques pour smartphones ou objets connectés (bracelets...) en lien avec la santé.
4. **Les systèmes de dossiers électroniques de santé.**

4.4 L’importance de la e-santé

1. Prévoir une population vieillissante avec une prévalence croissante de maladie chronique, qui coûte de plus en plus cher à traiter.
2. Améliorer la sécurité des patients et réduire les erreurs.
3. Aider les patients à devenir des consommateurs informés qui prennent une rôle actif dans leurs propres soins de santé.
4. La transition démographique vers une population vieillissante vivant plus longtemps avec des maladies chroniques signifie que les prestataires de soins de santé doivent trouver les ressources pour prendre soin de ces personnes. Les technologies de l’information et de la communication (sous les divers aspects de la santé en ligne, télésoins, télésanté, etc.) sont considérées comme une réponse à ces attentes. Les solutions Ehealth sont présentées comme des méthodes relativement peu coûteuses de fournir des soins et une assistance à la fois à distance et avec l’automatisation. Cela comprend la surveillance et la consultation à distance dispensées par des praticiens de la santé, ainsi que des outils d’auto-surveillance pour soutenir l’autogestion. L’objectif est de maintenir une vie autonome pour les personnes atteintes de maladie chronique et de réduire le recours aux soins secondaires.

4.5 Focus sur le Cancer

La prévention et les soins du cancer dépendent d’un accès à des informations exactes et complètes et d’une coordination étendue entre les patients, les soignants et les équipes de soins.

Est un organisme à but non lucratif composé de médecins, d’infirmières en oncologie, de survivants du cancer et de membres de la famille d’individus atteints du cancer. Nous

nous engageons à changer la vie des personnes touchées par le cancer et à responsabiliser les patients et leurs proches au cours de ce voyage. Nous espérons qu'un jour, le cancer sera une maladie du passé.

4.6 la santé connectée implique

plusieurs ressources et acteurs telque :

- **L'interopérabilité** : Activées par des systèmes IT de santé qui communiquent entre eux, échangent des données et utilisent des informations.
- **Le personnes** : Habilités à accéder à leurs propres informations sur la santé, à les gérer et à participer activement à leurs soins
- **Les professionnels de santé** : Appuyés par les programmes fédéraux et les outils IT de la santé pour la prestation de soins de haute qualité axés sur le patient, afin de soutenir la participation de tous les individus et fournisseurs de soins de santé à la santé connectée.
- **Le partage de données et intégration** : Améliorer les soins, améliorer la surveillance et faire avancer la recherche.

4.7 Une approche de la santé connectée offre trois niveaux de création de valeur

- **Efficacité clinique**

Y compris la réduction des activités administratives et des coûts, l'élimination des doublons de tests de laboratoire et de radiologie ; améliorer la sécurité des patients grâce à un accès 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, à des dossiers médicaux complets et lisibles ; et accélérer l'accès aux antécédents médicaux des patients et aux informations vitales.

- **Savoir partagé**

Y compris la réduction des erreurs médicales et l'amélioration de la qualité des soins, les alertes d'interaction médicamenteuse, des outils sophistiqués pour améliorer la prise de décision clinique par le biais de protocoles de soins fondés sur des preuves, ainsi que des innovations et de nouvelles capacités en matière de soins de population.

- **Transformation de soins**

Incluant des analyses avancées pour éclairer la prise de décision clinique, la gestion de la santé de la population et de nouveaux modèles de prestation de soins.

4.8 Les principales fonctions de la santé connectée

Les solutions de santé connectée s'articulent autour de 5 fonctions principales :

1. Capturer une information, via un objet (une balance, un tensiomètre, un podomètre...).
2. Transmettre automatiquement l'information captée.
3. Intégrer l'information dans un système informatique.
4. Afficher l'information de manière compréhensible pour l'utilisateur.
5. Mettre en relation, en s'affranchissant des problèmes de distance, patients et professionnels de santé.

4.9 Les différents champs d'application de la santé connectée

Les domaines d'applications pour les solutions de santé connectée sont vastes :

- Mesure de paramètres vitaux et leur télétransmission à un plateau médical.
- Mise en relation de patients à travers des réseaux sociaux dédiés.
- Services de prévention personnalisée Web.
- Téléconsultation, télémedecine et diagnostic à distance.
- ...

L'intérêt de ces outils est directement lié à la manière de les utiliser. La santé connectée constitue une révolution qui permettra de proposer à chacun utilisateur des services de santé efficaces, accessibles et adaptés à ses besoins.

4.10 Avantages et inconvénients

La e-santé à plusieurs avantages telque :

- Réduit le stress du personnel.
- Fait un dossier patient efficace et accessible.
- Réaliser un gain de temps et réduction des travaux indirects, ce qui conduit à une prestation de soins plus directe.
- Causes de garder le personnel en leur possession et de l'attirer.

Les inconvénients peuvent être :

- La modification des processus de communication avec le personnel
- La formation du personnel prend beaucoup de temps sur ce type de système.

L'étude Accenture [27] montre clairement les avantages des soins de santé intégrés et de l'échange de données à l'échelle du système. Il montre que la santé connectée facilite une meilleure coordination des soins, une gestion améliorée de la maladie, moins

d'erreurs cliniques et de nouvelles opportunités d'économie de coûts administratifs et cliniques.

5 Le problème de la prise de température dans le service des enfants cancéreux

5.1 Introduction

Nous allons dans cette partie, définir les 2 concepts liés à notre projet afin de positionner le problème que l'on va traiter, à savoir la température corporelle chez les personnes et le cancer.

5.2 Définition : la température corporelle

La température corporelle est définie comme la température moyenne du corps humain. La température moyenne est estimée à environ 37°C , bien que cela puisse varier en fonction du moment de la journée, généralement de $0,5^{\circ}\text{C}$ le soir par rapport au matin. Le centre qui régule la température corporelle est situé dans une glande, l'hypophyse, et le point exact de régulation peut être modifié en cas de dommage ou de maladie, d'où l'apparition de fièvre lorsque le corps est infecté.

Selon les puristes, ce processus est distinct de l'hyperthermie, qui définit l'augmentation de la température corporelle causée par l'environnement ou l'effort physique, et de l'hypothermie, qui est une diminution et est essentiellement due à une exposition prolongée au froid.

Dans les deux cas, le point de régulation n'est pas modifié et le corps initie certains processus destinés à ramener la température à la normale, par exemple en transpirant ou en frissonnant.

5.3 La température chez les enfants

La température chez l'enfant doit normalement être comprise entre 36°C et $37,5^{\circ}\text{C}$. On parle de fièvre quand elle atteint ou dépasse les 38°C . On dit alors familièrement que l'enfant a de la température. Entre $37,5^{\circ}\text{C}$ et $37,9^{\circ}\text{C}$, on parle de fièvre modérée ou de fébricule. La fièvre est très courante chez les enfants. Souvent sans gravité, il faut toutefois surveiller de près son évolution car au-dessus de 40°C son issue peut être mortelle [28].

5.4 Les causes de l'élévation de la température chez l'enfant

Parmi les causes de l'élévation de la température, on peut distinguer deux grandes familles. La première regroupe toutes les causes extérieures : coup de soleil, coup de chaleur...

Cette fièvre infantile est alors liée à la chaleur du milieu extérieur. La seconde famille regroupe les très nombreuses causes infectieuses (virus, bactérie, champignon, parasite).

En effet, pour combattre une infection, le système immunitaire de l'organisme entre en grande activité. Activité qui génère l'élévation de la température [29].

5.5 Définition : le Cancer

Le cancer est une maladie caractérisée par une prolifération cellulaire, ou tumeur maligne, anormalement importante formée à partir de la transformation par mutation ou instabilité génétique d'une cellule initialement normale. Parfois, les cellules cancéreuses envahissent les tissus environnants, ou se détachent de la tumeur d'origine pour migrer vers d'autres régions du corps, c'est ce qu'on appelle des métastases. C'est pourquoi il est important de dépister le cancer le plus tôt possible afin d'éviter cette migration. La majorité des cancers prennent plusieurs années à se former et peuvent apparaître à tout âge.

Les symptômes sont très variables d'une personne à l'autre mais aussi en fonction du type de cancer et de son stade [30].

Il existe un certain nombre de cancers différents, ayant chacun leurs propres symptômes et pouvant toucher diverses parties du corps. Parmi les cancers les plus fréquents, on retrouve :

- Le cancer de la peau,
- Le cancer du sein,
- Le cancer du colon,
- Le cancer de la prostate,
- ...

5.6 Le cancer de l'enfant

Le cancer est une cause majeure de décès chez les enfants et les adolescents dans le monde. Il est diagnostiqué chaque année chez environ 300 000 enfants âgés de 0 à 19 ans [31].

Le cancer de l'enfant (ou cancer pédiatrique) recouvre de nombreux types de tumeurs spécifiques apparaissant chez l'enfant et l'adolescent entre 0 et 19 ans. Les formes les plus fréquentes sont la leucémie, les cancers du cerveau, les lymphomes et les tumeurs solides telles que le neuroblastome et la tumeur de Wilms [31] [32].

La plupart des cancers de l'enfant peuvent être guéris grâce aux médicaments génériques et à d'autres formes de traitement, notamment la chirurgie et la radiothérapie. Le traitement du cancer de l'enfant peut avoir un bon rapport coût/efficacité [32].



FIGURE 5 – Le cancer chez l'enfant

5.7 Les cancers les plus fréquents chez l'enfant

Les cancers les plus fréquents chez l'enfant [33] sont les suivants :

- les leucémies (33% de toutes les maladies cancéreuses chez l'enfant en Suisse) [34].
- les tumeurs au cerveau et dans la moelle épinière (20%) .
- les lymphomes hodgkiniens et non hodgkiniens (12%) .
- les tumeurs du système nerveux sympathique (7%) .
- les cancer des tissus mous (7%) .
- le cancer du rein (5%) .
- le cancer des os (4%) .
- les tumeurs germinales (3%) .
- les tumeurs oculaires (3%) .

5.8 Symptômes

Les signes suivants peuvent indiquer l'existence d'une maladie cancéreuse chez l'enfant [33] :

- un ventre anormalement gonflé, des grosseurs.
- une fièvre inexpliquée et persistante.
- une pâleur, de l'apathie, une perte de poids.
- des douleurs inexpliquées et persistantes dans les articulations et les membres.
- des maux de tête, souvent associés à des vomissements.
- des hématomes fréquents, des saignements inexpliqués .
- des sueurs nocturnes.
- des sautes d'humeur et un changement soudain de comportement.
- un reflet blanchâtre dans la pupille (« œil de chat »), un strabisme.

5.9 Le problème de la prise de température dans le service des enfants cancéreux

Le cancer dépoussède le patient de son système immunitaire qui alter son traitement de chimio ce qui perturbe sa guérison. Cela produit un retour négative sur la santé du patient surtout que la maladie du cancer attaque le système immunitaire ce qui le rend vulnérable à des infections, à la fatigue, sueur, insomnie, perte du poids, ...etc.

les enfants cancéreux souffrent d'une infection (causée par une bactérie ou un virus), il est normal qu'il fasse de la fièvre, il existe plusieurs moyens de prendre la température qui sont :

1. par voie rectale (par le rectum ou les fesses),
2. par voie buccale (par la bouche),
3. par voie axillaire (sous l'aisselle),
4. par voie auriculaire (par l'oreille).

5.10 Les solutions existantes

La méthode choisi dependra de l'age de l'enfant, il est important que la mesure soit exacte. Chez les enfants cancéreux il faut mesurer la température corporelle chaque deux heures par l'infirmière ou le garde malade (Mère ou sœur) ce qui pose des problèmes qui sont :

1. le stress,
2. On ne le laisse pas se reposer,
3. On ne le laisse pas se reposer,
4. ...etc

TABLE 1 – Choix de la méthode de prise de température suivant l'âge de l'enfant

Âge	Techniques recommandées
De la naissance à 2 ans	1 ^{er} choix : Rectum (pour obtenir une lecture exacte) 2 ^{ème} choix : Aisselle (pour vérifier si bébé fait de la fièvre
De 2 à 5 ans	1 ^{er} choix : Rectum 2 ^{ème} choix : Oreille 3 ^{ème} choix : Aisselle
Plus de 5 ans	1 ^{er} choix : Bouche 2 ^{ème} choix : Oreille 3 ^{ème} choix : Aisselle

5.10.1 Le thermomètre

est l'un des outils essentiels de la trousse de premiers soins. Il existe différents modèles de thermomètres et différentes méthodes de prise de température corporelle.

1. **Le thermomètre à gallium** c'est le thermomètre qui a remplacé celui au mercure. Il renferme un mélange de gallium, d'étain et d'indium qui, sous l'effet de la chaleur, se dilatent dans le thermomètre. Il est, comme son ancêtre, en verre gradué et permet de lire facilement la température [35].



FIGURE 6 – Thermomètre à gallium

2. **Les thermomètres électronique** très facile à utiliser, il affiche la température en quelques secondes sur un écran à cristaux liquides. Au bout d'une vingtaine de secondes, un bip sonore indiquera que la température a atteint le bon niveau. En cas de fièvre, certains thermomètres électroniques possèdent un bip spécifique. Un peu plus cher que le thermomètre à gallium "Figure 6", il reste tout de même très économique et fiable. On peut l'utiliser autant pour la prise de température buccale, axillaire et rectale [35].



FIGURE 7 – Mesurer la température avec thermomètre électronique

3. **Un thermomètre infrarouge** est un instrument de mesure de la température de surface d'un objet à partir du rayonnement de type corps noir qu'il émet dans l'infrarouge [36].



FIGURE 8 – Thermomètre infrarouge

4. **Le thermomètre tétine** peut-être un gadget, mais le thermomètre tétine peut s'avérer pratique si on n'a pas d'autre thermomètre sous la main.
Une fois encore, chez le bébé, la prise de température par voie rectale est la plus fiable et la plus précise [35].



FIGURE 9 – Thermomètre tétine

5. Il existe une autre façon de mesurer la température d'un enfant en plaçant un bracelet sur sa main, dans le cas d'une température élevée, cette dernière émit un son.



FIGURE 10 – Bracelet pour mesurer la température

6 Description de la solution

Références

- [1] J. Grabmeier and Rudolph, “A. data mining and knowledge discovery (2002) 6 : 303.” <https://doi.org/10.1023/A:1016308404627>.
- [2] G. Govaert, “Classification et modèle de mélange. analyse de données,” in *Hermès, Paris*, pp.263-292, 2003.
- [3] unsupervised learning, “22c :145 artificial intelligence,” in *The University of Iowa*.
- [4] J. Int, “Advanced networking and applications volume : 5 issue : 6 pages : 2104-2116 (2014) issn : 0975-0290,”
- [5] E. W. Forgy, “Cluster analysis of multivariate data : efficiency versus interpretability of classifications,” in *Biometrics*. 21 (3) : 768–769. JSTOR 2528559, 1965.
- [6] K. et al., T. Kohonen, S. Kaski, K. Lagus, J. Salojärvi, J. Honkela, V. Paatero, and A. Saarela, “Self organization of a massive document. ieee transactions on neural networks, 11(3), 574-585,” 2000.
- [7] lance & Williams., G. N. Lance, and W. T. Williams, “A general theory of classificatory sorting strategies : I. hierarchical systems. computer journal, 9, 373-380,” 1967.
- [8] V. Vladimir, “Statistical learning theory, book,” September 16, 1998.
- [9] “Apprentissage automatique et deep learning.” <https://www.stemmer-imaging.com/fr-ch/conseil-technique/apprentissage-automatique-et-apprentissage-profond/> consulté le 2019/6/9.
- [10] “Le deep learning (1) : une tentative de vulgarisation.” <https://www.second-glance.fr/2017/02/06/le-deep-learning-1-une-tentative-de-vulgarisation/> consulté le 2019/6/10.
- [11] “International journal of scientific engineering research, volume 4, issue 6 , issn 2229-5518,” June -2013.
- [12] D. E. Dudgeon and R. M. Mersereau, “Multidimensional digital signal processing. englewood cliffs, new jersey : Prentice-hall,” 1984.
- [13] K. R. Castleman, “Digital image processing. seconded. englewood cliffs, newjersey : Prentice- hall,” 1996.
- [14] “Stpi/p6/2015 – 02,” 2015.
- [15] D. Tuia and G. Camps-Valls, “Recent advances in remote sensing image processing, 2009 16th ieee international conference on image processing (icip), cairo, 2009, pp. 3705-3708. doi : 10.1109/icip.2009.5414281,” 2009.

- [16] N. Laouar and M. S. Laraba, "Détection d'un mouvement dans une séquence vidéo par filtres morphologiques, projet de fin d'étude, enp, alger," 2009.
- [17] P. Satyanarayana, V. B. K. L. Aruna, and P. N. V. S. Kumar, "International boundary scanning and ship surveillance system," 2017 international conference on electrical, electronics, communication, computer, and optimization techniques (iceeccot), mysuru, 2017, pp. 212-215. doi : 10.1109/iceeccot.2017.8284669," 2017.
- [18] A. D. Silva, "Méthodes optiques pour le diagnostic et l'imagerie biomédicale. optique [physics.optics]. aix-marseille université, tel-01053305," 2013.
- [19] S. B. Mudigoudar and A. I. Rasheed, "Design and implementation of image processing algorithms for cardiac blockage detection on fpga, 2016 iee annual india conference (indicon), bangalore, 2016, pp. 1-5. doi : 10.1109/indicon.2016.7839159," 2016.
- [20] D. Pugazhenthii and M. V, "Detection of ischemic heart diseases from medical images, 2016 international conference on micro-electronics and telecommunication engineering (icmete), ghaziabad, 2016, pp. 355-360. doi : 10.1109/icmete.2016.97," 2016.
- [21] A. Chaudhary and S. S. Singh, "Lung cancer detection on ct images by using image processing, 2012 international conference on computing sciences, phagwara, 2012, pp. 142-146. doi : 10.1109/iccs.2012.43," 2012.
- [22] S. Khobragade, A. Tiwari, C. Y. Patil, and V. Narke, "Automatic detection of major lung diseases using chest radiographs and classification by feed-forward artificial neural network, 2016 iee 1st international conference on power electronics, intelligent control and energy systems (icpeices), delhi, 2016, pp. 1-5. doi : 10.1109/icpeices.2016.7853683," 2016.
- [23] M. Freedman, D. S. Artz, and S. K. Mun, "Image processing in digital mammography : the optimum image for each woman's breasts, iee colloquium on digital mammography, london, uk, 1996, pp. 1/1-1/6. doi : 10.1049/ic :19960484," 1996.
- [24] M. Osadebey, M. Pedersen, D. Arnold, and K. Wendel-Mitoraj, "Image quality evaluation in clinical research : A case study on brain and cardiac mri images in multi-center clinical trials, in iee journal of translational engineering in health and medicine, vol. 6, pp. 1-15, 2018, art no. 1800915. doi : 10.1109/jtehm.2018.2855213," 2018.
- [25] G. Eysenbach, "Articles from journal of medical internet research are provided here courtesy." <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1761894/> consulté le 2019/06/09.
- [26] "La santé connectée." <https://www.nmmedical.fr/materiel-de-diagnostic/sante-connectee.html> consulté le 2019/06/09.

- [27] “L’étude accenture.” <https://www.accenture.com/us-en/insight-making-case-connected-health> consulté le 2019/06/10.
- [28] D. M. Consolini, “Md, assistant professor of pediatrics, sidney kimmel medical college of thomas jefferson university.” <https://www.msdmanuals.com/fr/professional/p%C3%A9diatrie/sympt%C3%B4mes-chez-le-nourrisson-et-l-enfant/fi%C3%A8vre-chez-le-nourrisson-et-l-enfant> consulté le 2019/06/09.
- [29] “Les causes de l’élévation de la température, mediresource inc. 1996 – 2019.” <https://santecheznous.com/condition/getcondition/fievre> consulté le 2019/06/09.
- [30] M. Lambert, “Le cancer, le 17 février 2016 à 12 :35.” https://www.maxisciences.com/cancer/cancer-definition-causes-types-qu-est-ce-que-c-est_art35165.html consulté le 2019/06/09.
- [31] E. Steliarova-Foucher, M. Colombet, R. LAG, and et al, “International incidence of childhood cancer, 2001-10 : a population-based registry study. lancet oncol. 2017;18(6) :719-731,” 2017.
- [32] S. Gupta, S. Howard, S. Hunger, and et al, “Treating childhood cancer in low- and middle-income countries. in : Disease control priorities, volume,”
- [33] “Le cancer chez l’enfant.” <https://www.liguecancer.ch/a-propos-du-cancer/les-differents-types-de-cancer/le-cancer-chez-lenfant/> consulté le 2019/06/09.
- [34] C. Kühni and N. von der Weid, “Registre suisse du cancer de l’enfant.,”
- [35] E. Perrin, “Les thermomètres, le 5 août 2016 à 16 :03.” https://www.maxisciences.com/thermometre/thermometre-quel-type-de-thermometre-choisir-et-ou-prendre-la-temperature_art38501.html consulté le 2019/06/09, 2016.
- [36] “Les thermomètres infrarouge.” https://fr.wikipedia.org/wiki/Thermom%C3%A8tre_infrarouge consulté le 2019/06/10.