

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

**UNIVERSITÉ MOHAMED KHIDER, BISKRA**

FACULTÉ des SCIENCES EXACTES et des SCIENCES de la NATURE et de la VIE

**DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES**



Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme :

**MASTER en Mathématiques**

Option : **Analyse**

Par

**BENELMIR Nesserine**

Titre :

# **Une méthode de recherche des images par contenu dans le domaine médical**

Membres du Comité d'Examen :

<b>HOUAS Amrane</b>	<b>UMKB</b>	<b>Encadreur</b>
<b>HAMDI Soumia</b>	<b>UMKB</b>	<b>Président</b>
<b>GHODJMIS Fatiha</b>	<b>UMKB</b>	<b>Examineur</b>

Septembre 2020

## *Dédicaces*

*Je dédie ce mémoire à mes parents : Ma chère maman Salima et mon papa Mohamed Nabil pour tous leurs sacrifices, leurs amour, leur tendresse et leur soutien tout au long de mes études.*

*A mes chers frères et sœurs pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral.*

## ***Remerciements***

***Je remercie Dr. Houas Amrane, Docteur à l'université de Biskra. En tant que Directeur de mémoire, il m'a guidé dans mon travail et m'a aidé à trouver des solutions pour avancer.***

***Je voudrais adresser toute ma gratitude à mon encadrant pour ses efforts, sa disponibilité tout au long de ce travail et surtout ses judicieux conseils qui ont contribué à alimenter ma réflexion.***

# Table des matières

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>1 CBIR : Recherche d'images par contenu</b>	<b>2</b>
1 Comment retrouver une image parmi un corpus d'images? . . . . .	2
1.1 Recherche d'images par mot clés . . . . .	2
1.2 Recherche d'images par le contenu . . . . .	3
2 Architecture générale d'un système d'indexation et de recherche d'images par le contenu .	4
3 Les requêtes . . . . .	4
4 Indexation . . . . .	5
4.1 Indexation logique . . . . .	5
4.2 Indexation physique . . . . .	5
5 Attributs d'indexation . . . . .	6
5.1 La couleur . . . . .	6
5.2 Les espaces de couleur . . . . .	6
5.3 Les moments statistiques . . . . .	7
5.4 La texture . . . . .	7
5.5 La forme . . . . .	8
5.6 L'Histogramme . . . . .	8
5.7 Autres caractéristiques . . . . .	9
6 Mesures de similarité . . . . .	9
6.1 Distance sur des espaces vectoriels . . . . .	10
6.1.1 Distance de Manhattan (1-distance) . . . . .	10
6.1.2 Distance euclidienne (2-distance) . . . . .	10
6.1.3 Distance de Minkowski ( $p$ -distance) . . . . .	10
6.1.4 Distance de Tchebychev ( $\infty$ -distance) . . . . .	11
7 Mesures pour évaluer un système . . . . .	11
7.1 Rappel et précision (en anglais : Recall and Precision RR) . . . . .	11
8 La précision . . . . .	12
8.1 La moyenne harmonique . . . . .	13
8.2 La mesure E . . . . .	13
<b>2 Le CBIR et le domain médical</b>	<b>15</b>
1 Anatomie descriptive de la colonne vertébrale humaine . . . . .	15
1.1 Rachis cervical . . . . .	15
1.1.1 Les vertèbres . . . . .	17
1.1.2 Les disques intervertébraux . . . . .	17
1.1.3 Le système nerveux . . . . .	18
1.1.4 Les ligaments . . . . .	18
1.1.5 Les muscles . . . . .	18
1.1.6 Les vaisseaux . . . . .	20
2 L'ostéoporose . . . . .	20
2.1 Comment l'ostéoporose apparaît-elle? . . . . .	20

2.2	Schémas de classification d'Ostéoporose . . . . .	21
<b>3</b>	<b>CBIR : Implementation</b>	<b>24</b>
1	Outils de développement . . . . .	24
2	Conception générale . . . . .	25
2.1	Module de Prétraitement d'image et selection des vertèbres . . . . .	25
2.2	Assistant médical (Aide de diagnostic) . . . . .	25
2.3	Mini Dossier Patient . . . . .	27
	<b>Conclusion générale</b>	<b>30</b>

# Table des figures

1.1	Un exemple de recherche d'images dans Google. . . . .	3
1.2	L'architecture d'un système d'indexation et recherche d'images par le contenu. . . . .	4
1.3	Trois façons pour donner une requête dans CBIR. . . . .	5
1.4	Le rappel et la précision pour une requête. . . . .	12
2.1	Les différents régions de Rachis cervical. . . . .	16
2.2	Vertèbres cervicales d'un être humain. . . . .	17
2.3	Disque intervertébral (noyau pulpeux et anneau fibreux). . . . .	18
2.4	Le système nerveux : système nerveux central, système périphérique. . . . .	19
2.5	Les ligaments. . . . .	19
2.6	Les deux types de muscles importants pour la colonne vertébrale (abdominaux, extenseurs). . . . .	19
2.7	L'os trabéculaire ou spongieux. . . . .	20
2.8	Remodelage ou renouvellement osseux. . . . .	21
2.9	Travées osseuses chez une femme adulte sans ostéoporose et chez une femme plus âgée avec une ostéoporose. . . . .	21
2.10	Schémas de classification des échantillons d' Ostéoporose dans les vertèbres cervicales (a) vertèbre normale (b) traction modérée (c) griffe sévère (d) griffe-traction modérée . . . . .	22
3.1	Visual studio Professional 2017, Matlab R2016a . . . . .	24
3.2	Système d'aide au diagnostic médical de la colonne vertebrales. . . . .	25
3.3	Menu de notre système. . . . .	25
3.4	Module de Prétraitement d'image et selection des vertèbres . . . . .	26
3.5	Assistant médical (Aide de diagnostic) . . . . .	26
3.6	Formulaire pour insérer les informations personnelles du patient. . . . .	27
3.7	Mini Dossier Patient pour assurer le suivi des patients. . . . .	27
3.8	Formulaire pour créer les ordonnances au patients après le diagnostic. . . . .	28
3.9	Exemple d'une Ordonnance médicale. . . . .	29
3.10	page de démarrage et patienter du système . . . . .	29



## *Résumé*

*Les mathématiques sont utilisées dans plusieurs domaines, parmi ces domaines se trouve celui de la santé, ou la technique de la recherche d'images par le contenu (CBIR) peut être utilisée pour aider les médecins à diagnostiquer certaines maladies. Dans ce travail nous allons choisir une maladie de la colonne vertébrale (Ostéoporose). Le principe de CBIR est d'identifier des images les plus similaires de l'image donnée par le médecin. Grâce à cette méthode le médecin peut connaître le diagnostic de la maladie en utilisant des diagnostics similaires.*

*Mathematics is used in many fields, one of which is health, where the Image-Content Search (CBIR) technique can be used to help doctors in diagnose. In this work we will choose a disease of the spine (Osteoporosis). The principle of CBIR is to identify the most similar images of the image input by the doctor. The doctor can know the diagnosis of the disease using similar diagnoses.*

*تُستخدم الرياضيات في العديد من المجالات ، أهمها المجال الصحي ، حيث يمكن استخدام تقنية البحث المستند إلى الصور (CBIR) لمساعدة الأطباء في تشخيص بعض الأمراض العضوية. في هذا العمل مرض هشاشة العظام في منطقة العمود الفقري (Osteoporosis). مبدأ CBIR هو تحديد الصور الأكثر تشابهاً للصورة التي قدمها الطبيب. الطريقة مكنت الطبيب في الاخير من معرفة تشخيص المرض باستخدام تشخيصات مماثلة.*



# Introduction générale

La recherche d'images par contenu (Content-Based Image Retrieval ou CBIR) est une technique permettant de recherche des images à partir de ses caractéristiques visuelles .

Le travail présenté dans ce mémoire est organisé en trois chapitre :

1. Le premier chapitre est consacré à la présentation des techniques utilisées pour la recherche des images, Où la première technique consiste à rechercher des images par mot clé et la seconde est la recherche des images par contenu. Ainsi nous allons présenter une architecture générale d'un système d'indexation. Après, nous allons présenter aussi quelques attributs utilisés dans l'indexation d'images comme (la couleur, la forme, l'histogramme, etc.). A la fin de ce chapitre on va définir quelques méthodes pour mesurer la similarité.
2. Dans le deuxième chapitre, Nous avons parlé sur le domaine d'application que nous avons choisi, Puis nous allons présenter l'anatomie descriptive de la colonne vertébrale humaine (partie cervicale, vertébrale dorsale et la partie lombaire), Nous allons également décrire les principales caractéristiques de l'ostéoporose qui affectent la colonne vertébrale. De plus, un plan de classification de la maladie de l'ostéoporose été expliquée à la fin de ce chapitre.
3. Le troisième chapitre consiste à présenter une conception générale de notre système qui est composé en quatre modules principaux : module de prétraitement d'image et sélection des vertèbres, assistant médical et un mini dossier patient. A la fin, nous allons conclure notre travail avec un exemple illustratif du notre système.

# Chapitre 1

## CBIR : Recherche d'images par contenu

Dans ce chapitre, nous allons présenter deux techniques utilisées dans la recherche d'images, la première est la recherche d'image par mot clé, la seconde est la recherche d'image par le contenu (CBIR : Content-based image retrieval). L'architecture générale d'un système d'indexation à la suite est présentée, elle comporte deux phases principales sont : (Indexation et la recherche). Après, nous allons présenter aussi quelques attributs utilisés dans l'indexation d'images comme (la couleur, la forme, l'histogramme, etc.). A la fin de ce chapitre on va définir quelques méthodes pour mesurer la similarité.

### Introduction

Un des problèmes rencontrés lors de la manipulation de grandes quantités d'images est la structuration, le stockage et la recherche d'informations. De ce fait en résulte un fort dynamisme de recherche dans le domaine de l'indexation multimédia durant cette dernière décennie, donnant naissance à de nombreuses méthodes d'indexation par le contenu, de recherche interactive et de navigation dans des bases d'images ; dans le but de pouvoir les interroger d'une manière ergonomique et intuitive pour l'utilisateur.

## 1 Comment retrouver une image parmi un corpus d'images ?

Deux approches de recherches sont envisagées, la première c'est la recherche d'image par mot clés et la deuxième est la recherche d'image par contenu [1].

### 1.1 Recherche d'images par mot clés

Une des attentes des utilisateurs dans le domaine de recherche d'images se situe au niveau de sa sémantique c'est pour cela que la plupart des systèmes de recherche d'images développés utilisent des mots clés ou des descripteurs textuelles pour caractériser chaque image de la base (ex : recherche d'images sur Internet)[1].

Ce type de caractérisation comporte un certain nombre d'inconvénients, en effet : La description textuelle est une opération longue, coûteuse et difficile à élaborer car l'information externe est manuellement attachée par l'utilisateur ce qui conditionne la qualité de recherche future, et puis elle ne décrit pas fidèlement le contenu de l'image car elle se fait de manière automatique à partir du nom, de la légende ou du texte qui l'entoure.

La figure 1.1 illustre bien donne les inconvénients de ce type de requête. En effet l'utilisateur veut trouver des images qui contiennent une ou (des) voiture(s) avec le ciel cependant les premières images ne sont pas pertinentes.

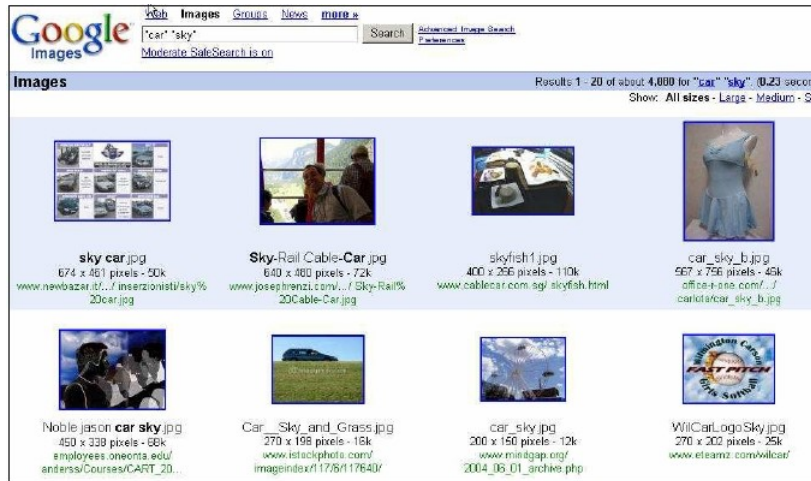


FIGURE 1.1 – Un exemple de recherche d'images dans Google.

Pour pallier aux inconvénients de la recherche par mots clés, une deuxième approche a été proposée : la recherche par le contenu.

## 1.2 Recherche d'images par le contenu

Comme son nom l'indique, le principe de cette méthode est d'identifier des images à partir de leur contenu (c'est à dire à partir des données de l'image elles même et non à partir du texte associé aux images).

L'indexation des images, qui se fait automatiquement, nécessite l'extraction des paramètres de celles-ci au préalable. Ces paramètres "quantifient" la couleur, la texture, l'intensité ou bien encore les formes contenues dans l'image et fournissent une "signature" [12] de l'image.

## 2 Architecture générale d'un système d'indexation et de recherche d'images par le contenu

La figure 1.2 présente l'architecture du système de recherche d'images par le contenu.

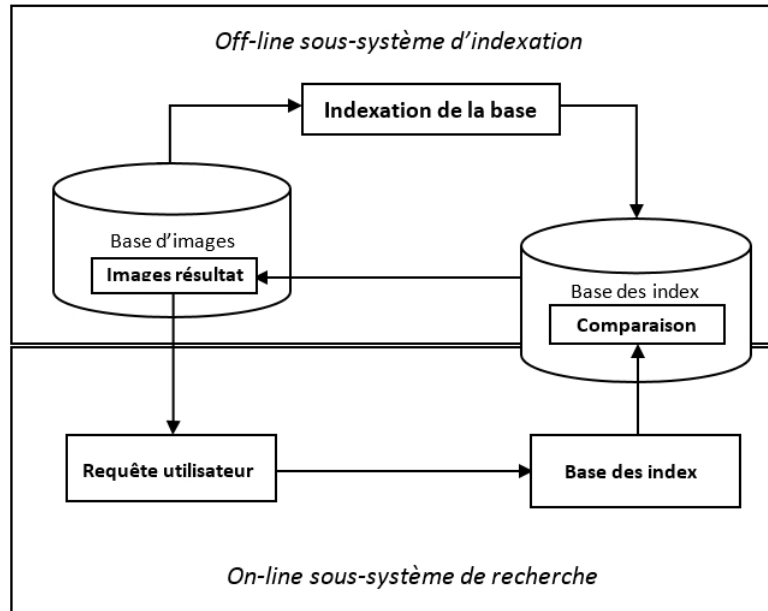


FIGURE 1.2 – L'architecture d'un système d'indexation et recherche d'images par le contenu.

Ce système s'exécute en deux étapes : l'étape d'indexation et l'étape de recherche.

Dans l'étape d'indexation, des caractéristiques sont automatiquement extraites à partir de l'image et stockées dans un vecteur numérique appelé descripteur visuel. Grâce aux techniques de la base de données, on peut stocker ces caractéristiques et les récupérer rapidement et efficacement[1].

Dans l'étape de recherche, le système prend une ou des requêtes à l'utilisateur et lui donne le résultat correspond à une liste d'images ordonnées en fonction de la similarité entre leur descripteur visuel et celui de l'image requête en utilisant une mesure de distance. Néanmoins, nous nous concentrons sur l'étape de recherche.

## 3 Les requêtes

Il existe 3 façons de faire une requête dans un système d'indexation et recherche des images : soit une requête par mots clés, soit une requête par esquisse, soit une requête par exemple. La figure 1.3 [6] donne une démonstration pour les trois façons.

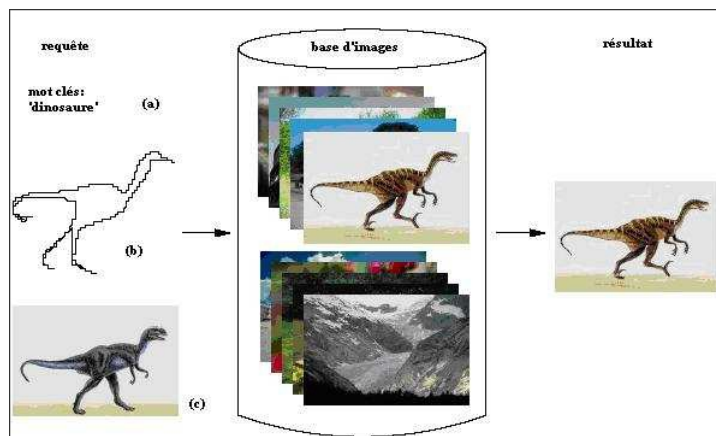


FIGURE 1.3 – Trois façons pour donner une requête dans CBIR.

Pour travailler avec des requêtes par mots clés, le système doit extraire des mots clés à partir d'une image. Afin de faire ce travail le système se base sur l'annotation textuelle manuelle d'images. Cette façon est aujourd'hui la plus employée. Beaucoup de moteurs de recherche d'images tels que Google, Yahoo...utilisent cette façon. Mais cette façon n'est pas parfaite parce que quelques mots n'expriment pas le sens d'une image [1].

## 4 Indexation

L'indexation a pour but de substituer à une image un représentant (ou descripteur) moins encombrant qui la caractérise le mieux possible et de ne travailler que sur ce modèle lors de la recherche. Cela permettra une meilleure organisation des données, de limiter la quantité de données examinées durant une recherche, d'y accéder rapidement et de confiner la recherche au maximum.

Un système d'indexation comprend généralement deux phases de traitement :

### 4.1 Indexation logique

L'indexation logique consiste à extraire et à modéliser les caractéristiques de l'image qui sont principalement la forme, la couleur et la texture. Chacune de ces caractéristiques pouvant être considérée pour une image entière ou pour une région de l'image.

### 4.2 Indexation physique

L'indexation physique consiste à déterminer une structure efficace d'accès aux données pour trouver rapidement une information. De nombreuses techniques basées sur des arbres (arbre-B, arbre-R, arbre quaternaire,...) ont été proposées.

Pour qu'un système de recherche d'images soit performant, il faut que l'indexation logique soit pertinente et que l'indexation physique permette un accès rapide aux documents recherchés.

## 5 Attributs d'indexation

Le but de l'indexation est de fournir une représentation image permettant des recherches efficaces. Il ne s'agit pas de coder toute l'information portée par l'image mais de se concentrer sur l'information qui permet de traduire efficacement une similarité proche des besoins exprimés par un utilisateur.

Sans dissocier l'extraction des attributs de la structuration de l'information sous forme de signature et de l'utilisation de cette représentation pour la recherche, une des clés de l'indexation efficace est l'identification de caractéristiques primaires en accord avec le type et le but des recherches visées par le système. Il n'existe pas d'indexation généralisable à tout type d'application.

### 5.1 La couleur

La couleur est l'une des plus importantes caractéristiques et la plus attirante dès la première vue de l'image, c'est pour cela quelle est la plus utilisée en recherche par le contenu. Il existe plusieurs espaces colorimétriques pour représenter la couleur dans un système de synthèse des couleurs par exemple (RGB, HSL, LAB) [14] Il existe plusieurs façons de caractériser la couleur tel que : l'histogramme couleurs, les moments statiques ,etc..

### 5.2 Les espaces de couleur

La deuxième approche recherche d'autres espaces de couleurs qui se basent sur la perception de couleur de l'humain. L'espace RVB est un espace de couleur utilisé couramment, par facilité, dans tous les systèmes de vision automatique, mais il n'est pas forcément le mieux adapté. En effet, les trois composantes RVB sont très dépendantes les unes des autres. Un simple changement d'éclairage dans la scène modifie les trois composantes, alors que les objets de la scène n'ont pas changé de couleur, mais se sont simplement assombris ou éclairés.

### 5.3 Les moments statistiques

La méthode d'histogramme utilise la distribution complète de la couleur. On doit stocker de nombreuses données. Au lieu de calculer la distribution complète, dans les systèmes de recherche d'images, on calcule seulement des caractéristiques dominantes de couleur tels que l'espérance, la variance et d'autres moments. Dans (Stricker, 1995) les auteurs ont prouvé que les méthodes utilisant des moments statistiques marchent plus vite et donnent des résultats meilleurs que les méthodes d'histogrammes. L'espérance, la variance, les moments d'ordre 3 peuvent également être calculés sur chaque composante couleur par la formule suivante :

$$E = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N p_{ij} \quad (1.1)$$

$$\varphi_i = \left( \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (p_{ij} - E_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1.2)$$

$$S_i = \left( \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (p_{ij} - E_i)^3 \right)^{\frac{1}{3}} \quad (1.3)$$

Où  $E_i$  est l'espérance,  $\varphi_i$  est la variance,  $S_i$  est le troisième moment qui correspond à la composante couleur  $i$  ( $i$  est R, V, B de l'espace RVB ou T, S, V de l'espace TSV).

### 5.4 La texture

Plusieurs chercheurs ont essayé de donner une définition de la texture mais aucune n'est générale et formelle, la texture se définit comme un ensemble de primitives (de pixels à peu près semblables) arrangées selon des règles particulières de placement.

Les méthodes proposées pour caractériser la texture peuvent être classifiées en deux catégories : la première inclut les méthodes statistiques qui caractérisent les relations statistiques entre les différents niveaux de gris des pixels utilisant une fonction de corrélation, la méthode la plus connue c'est la matrice de cooccurrence. La deuxième catégorie comporte les méthodes spectrales basées sur le traitement de signal, tels que le filtre de Gabor, les moments de Hermite. On peut également trouver d'autres méthodes de caractérisation de la texture telle que la modélisation markovienne qui peut modéliser l'interaction entre pixels.

## 5.5 La forme

La forme est une autre primitive qui sert à caractériser le contenu d'une image deux méthodes de description de la forme peuvent être distinguées, d'une part les méthodes basées sur le contour tels que : EOH (Edge Orientation Histogram) [5] qui consiste à extraire les contours d'une image et de calculer l'histogramme de l'angle des gradients sur les contours. Et d'autre part la méthode basée sur les régions : tels que les moments géométriques.

## 5.6 L'Histogramme

Une technique très utilisée pour la couleur est l'intersection d'histogrammes [18]. Les histogrammes sont faciles et rapides à calculer, et robustes à la rotation et à la translation. Cependant l'utilisation d'histogrammes pour l'indexation et la recherche d'images pose quatre problèmes [8]. Premièrement, ils sont

de grandes tailles, donc par conséquent il est difficile de créer une indexation rapide et efficace en les utilisant tels quels. Deuxièmement, ils ne possèdent pas d'informations spatiales sur les positions des couleurs. Troisièmement, ils sont sensibles à de petits changements de luminosité, ce qui est problématique pour comparer des images similaires, mais acquises dans des conditions différentes. Et quatrièmement, ils sont inutilisables pour la comparaison partielle des images (objet particulier dans une image), puisque calculés globalement sur toute l'image. Plusieurs travaux récents ont été effectués pour améliorer ces problèmes. Il

existe deux approches suivies par les chercheurs : l'une ajoute des informations spatiales à l'histogramme, l'autre utilise d'autres espaces de codage des couleurs qui se rapprochent plus de la perception de humaine. La première approche ajoute des informations spatiales aux histogrammes. Dans [17], les auteurs

ont divisé une image en cinq blocs fixes superposés et ils ont extrait les trois premiers moments d'inertie de chaque bloc pour créer un vecteur de descripteurs. [13] ont ajouté de la cohérence spatiale dans des histogrammes. Un pixel est cohérent s'il appartient à une région validée par la segmentation et incohérent

autrement (soit les pixels situés hors des régions segmentées). Les valeurs d'un histogramme sont divisées en deux classes en fonction des pixels correspondants à ces valeurs : classe cohérente et classe incohérente. La comparaison entre deux histogrammes devient la comparaison entre les valeurs d'histogrammes dans les classes correspondantes. [10] ont proposé le corrélogramme et l'auto-corrélogramme.



## 5.7 Autres caractéristiques

Il existe plusieurs autres caractéristiques ou descripteurs, de l'image qui peuvent être utilisées pour mesurer la similarité d'une image, telles que la forme, les points d'intérêt, les invariants, et plus encore. La forme est une caractéristique visuelle importante et elle est une des caractéristiques de base pour décrire le contenu d'une image. Cependant, la description des formes est une tâche difficile, surtout dans un contexte de « segmentation faible » et dans un contexte où on recherche la similitude et non l'exactitude. Ainsi dans les systèmes de recherche récents, peu emploient la forme comme critère de recherche. D'autres caractéristiques telles que des invariants, les points d'intérêt sont recherchés pour améliorer les performances des systèmes de recherche d'images. Iqbal et Aggarwal [11] ont ajouté la structure de l'image à la couleur et la texture pour le système CIRES.

Dans [7], les auteurs ont présenté un système de recherche d'images basé sur la couleur, l'orientation d'objet et la position relative. Chacune de ces combinaisons a des avantages et des inconvénients et chacune peut être bien adaptée pour certaines bases d'images, mais ne fonctionnera pas correctement avec d'autres.

## 6 Mesures de similarité

La notion de similarité intervient ainsi dans de nombreux domaines de traitement d'image, la recherche d'information, le raisonnement. Elle est aussi étudiée dans de nombreux domaines liés à l'intelligence artificielle comme l'analyse de données, les sciences cognitives ou la psychométrie. Les mesures de similarité étant très largement utilisées dans des domaines très divers, leur terminologie varie considérablement (ressemblance, proximité, ...) et l'auteur d'une mesure particulier n'est pas forcément unique. Malgré la confusion qui règne dans la littérature, certaines conditions sur les mesures de similarité sont plus fréquemment mentionnées que d'autres.

Soit  $X$  l'espace des données ou univers, une mesure de similarité est usuellement définie de la manière suivante :

**Définition 1** : Une mesure de similarité  $S$  est une fonction  $F$  qui satisfait les propriétés suivantes :

- *Positivité* :  $\forall x, y \in X, S(x; y) \geq 0$
- *Symétrie* :  $\forall x, y \in X, S(x; y) = S(y; x)$
- *Maximalité* :  $\forall x, y \in X, S(x; x) \leq S(x; y)$

D'autres propriétés peuvent être requises comme la normalisation qui impose que les valeurs appartiennent à l'intervalle  $[0; 1]$ . Des mesures non normalisées peuvent subir une transformation de normalisation pour obtenir leur version normalisée. Dans la suite, nous considérons le cadre des mesures normalisées.

## 6.1 Distance sur des espaces vectoriels

Dans un espace vectoriel normé  $(E, \|\cdot\|)$ , on peut toujours définir de manière canonique une distance  $d$  à partir de la norme. En effet, il suffit de poser :

$$\forall (x, y) \in E \times E, d(x, y) = \|y - x\|. \quad (1.4)$$

En particulier, dans  $R_n$ , on peut définir de plusieurs manières la distance entre deux points, bien qu'elle soit généralement donnée par la distance euclidienne (ou 2-distance). Soit deux points de  $E$ ,  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  et  $(y_1, y_2, \dots, y_n)$ , on exprime les différentes distances ainsi :

### 6.1.1 Distance de Manhattan (1-distance)

La distance de Manhattan, appelée aussi taxi-distance, est la distance entre deux points parcourue par un taxi lorsqu'il se déplace dans une ville où les rues sont agencées selon un réseau ou quadrillage. Un taxi-chemin<sup>3</sup> est le trajet fait par un taxi lorsqu'il se déplace d'un nœud du réseau à un autre en utilisant les déplacements horizontaux et verticaux du réseau.

Entre deux points A et B, de coordonnées respectives  $(X_A, Y_A)$  et  $(X_B, Y_B)$ , la distance de Manhattan est définie par :

$$d(A, B) = |X_B - X_A| + |Y_B - Y_A| \quad (1.5)$$

### 6.1.2 Distance euclidienne (2-distance)

La distance euclidienne associée est, entre deux vecteurs, la norme euclidienne de leur différence :

$$d(x, y) = \|x - y\| \quad (1.6)$$

### 6.1.3 Distance de Minkowski ( $p$ -distance)

La distance de Minkowski<sup>1</sup> est une métrique dans un espace vectoriel normé qui peut être considérée comme une généralisation de la distance euclidienne et de la distance de Manhattan. Il doit son nom au mathématicien allemand Hermann Minkowski.

---

1. Hermann Minkowski, né à Alexotas le 22 juin 1864 et mort à Göttingen le 12 janvier 1909, est un mathématicien et un physicien théoricien allemand.

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (1.7)$$

#### 6.1.4 Distance de Tchebychev ( $\infty$ -distance)

La distance de Tchebychev, distance de Chebyshev ou  $\infty$ -distance, est la distance entre deux points donnée par la différence maximale entre leurs coordonnées sur une dimension. La distance de Tchebychev tient son nom du mathématicien russe Pafnouti Tchebychev.<sup>2</sup>

Entre deux points A et B, de coordonnées respectives  $(A_0, \dots, A_n)$  et  $(B_0, \dots, B_n)$ , la distance de Tchebychev est définie par :

$$d(A, B) = \max_{i \in [0, n]} (|A_i - B_i|)$$

## 7 Mesures pour évaluer un système

Avant l'exécution d'un système de recherche d'informations, une évaluation qui permet de mesurer la performance de ce système est nécessaire. Les mesures les plus courantes pour évaluer un système sont le temps de réponse et l'espace utilisé. Plus le temps de réponse est court, plus l'espace utilisé est petit, et plus le système est considéré bon. Mais avec des systèmes qui ont été faits pour la recherche d'informations, en plus de ces deux mesures, on s'intéresse à d'autres mesures. Dans le système de recherche d'informations, l'utilisateur s'intéresse aux réponses pertinentes du système. Donc les systèmes de recherche d'informations exigent l'évaluation de la précision de la réponse. Ce type d'évaluation est considéré comme l'évaluation des performances de recherche. Le système d'indexation et de recherche d'images est un système de recherche d'informations. Dans les systèmes de recherche d'images, les auteurs ont souvent utilisé les mesures d'évaluation que l'on a utilisé pour évaluer des systèmes de recherche d'informations.

### 7.1 Rappel et précision (en anglais : Recall and Precision RR)

Le rappel est le rapport entre le nombre d'images pertinentes dans l'ensemble des images trouvées et le nombre d'images pertinentes dans la base d'images.

---

2. Pafnouti Lvovitch Tchebychev, né le 4 mai 1821 à Okatovo, près de Borovsk, et décédé le 26 novembre 1894 à Saint-Petersbourg, est un mathématicien russe.

$$Rappel = \frac{|R_a|}{|R|} \quad (1.8)$$

## 8 La précision

La précision est le rapport entre le nombre d'images pertinentes dans l'ensemble des images trouvées et le nombre d'images trouvées.

$$Precision = \frac{|R_a|}{|A|} \quad (1.9)$$

Où :

- I : une image requête
- R : l'ensemble d'images pertinentes dans la base d'images utilisée pour évaluer.
- |R| : le nombre d'images pertinentes dans la base d'images.
- A : l'ensemble des réponses.
- |A| : le nombre d'images dans l'ensemble des réponses.
- |Ra| : le nombre d'images pertinentes dans l'ensemble des réponses.

Des définitions sont montrées dans la figure 1-4 ([3]) :

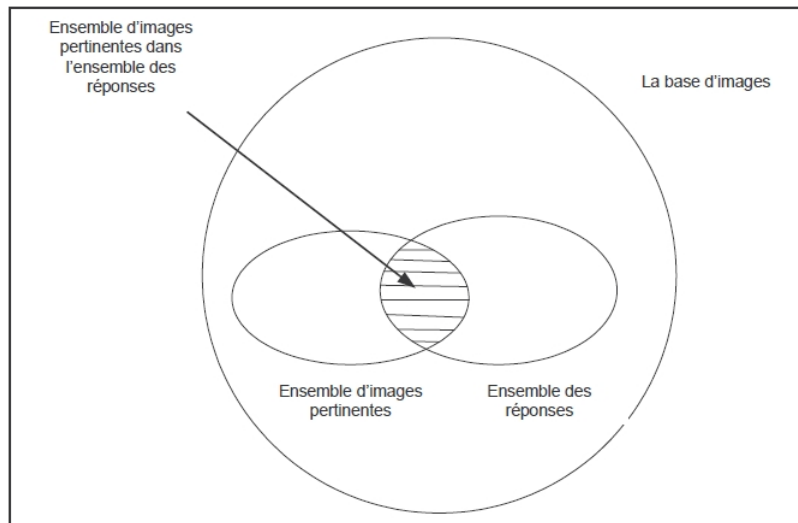


FIGURE 1.4 – Le rappel et la précision pour une requête.

Dans les systèmes de recherche d'informations, afin de définir si une information est pertinente ou non, on a besoin d'experts dans le domaine. Dans les systèmes de recherche d'images, une image est pertinente pour une requête si les deux images sont dans la même classe. C'est pourquoi dans l'étape de préparation de la base d'images pour évaluer, on doit faire des annotations. L'annotation est un processus qui permet aux utilisateurs de choisir des mots clés correspondants à chaque image.

Après l'annotation, on va classifier les images en classes appropriées. Si des images ne contiennent pas beaucoup d'objets, c'est facile de les classifier dans ces classes. Mais si les images contiennent beaucoup d'objets, la tâche de classification devient de plus en plus difficile. Dans ce cas là, chaque image appartient à plusieurs classes.

## 8.1 La moyenne harmonique

La moyenne harmonique de rappel et précision  $F(j)$  a été définie par la formule suivante :

$$F(j) = \frac{2}{\frac{1}{r(j)} + \frac{1}{P(j)}} \quad (1.10)$$

Où :

- $r(j)$  : le rappel quand on donne  $j$  images en réponse.
- $P(j)$  : la précision quand on donne  $j$  images en réponse.

La valeur de cette mesure est entre 0 et 1. Si la valeur est 0 ça veut dire qu'aucune image pertinente a été retrouvée. Si la valeur est 1, toutes les images pertinentes ont été retrouvées. De plus, cette mesure a une valeur élevée quand le rappel et la précision sont élevés.

## 8.2 La mesure E

La mesure E de rappel et précision  $E(j)$  a été définie par la formule suivante :

$$E(j) = \frac{1 + b^2}{\frac{b^2}{r(j)} + \frac{1}{P(j)}} \quad (1.11)$$

Où :

- $r(j)$  : le rappel quand on donne  $j$  images en réponse.
- $P(j)$  : la précision quand on donne  $j$  images en réponse.
- $b$  est le paramètre qu'on peut choisir. Ce paramètre reflète l'importance relative du rappel et de la précision. Si  $b$  est égal 1,  $E(j)$  devient  $F(j)$ . Si  $b$  est plus grand que 1, ça veut dire que l'utilisateur s'intéresse plus à la précision qu'au rappel. Et si  $b$  est plus petit que 1, ça veut dire que l'utilisateur s'intéresse plus au rappel qu'à la précision.

L'évaluation d'un système de recherche d'images est un problème difficile. Il manque une base d'images standard (qui doit être assez large, générique, et où on est capable d'avoir des ensembles d'images pertinentes, ..). De plus, il n'a pas de mesure assez efficace.

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté deux techniques de la recherche d'images (recherche d'image par mot clé, recherche d'image par contenu). La première technique montrée une faiblesse en termes d'efficacité et précision ce qui a conduit à l'utilisation de la deuxième technique. Ainsi, nous avons présenté une architecture générale d'un système d'indexation par image, puis nous avons parlé sur les caractéristiques utilisées dans la phase d'indexation dans un système CBIR et la similarité dans la phase de recherche d'image. Enfin, deux types de mesure d'évaluation d'un système ont été présentés tel que la moyenne harmonique et la mesure E.

Dans le chapitre suivant, on va parler sur le domaine d'application que nous avons choisi, qui est le domaine de la santé. Nous allons donc appliquer la technique CBIR pour aider les médecins dans le diagnostic des maladies de la colonne vertébrale de l'être humain.

## Chapitre 2

# Le CBIR et le domain médical

Dans ce chapitre, nous allons présenter l’anatomie descriptive de la colonne vertébrale humaine (partie cervicale, vertébrale dorsale et la partie lombaire), Nous allons également décrire les principales caractéristiques de l’ostéoporose qui affectent la colonne vertébrale. De plus, un plan de classification de la maladie de l’ostéoporose été expliquée à la fin de ce chapitre.

### Introduction

Au cours de la dernière décennie, l’application du système de recherche d’images basé sur le contenu (CBIR) a augmenté dans le domaine médical comme l’imagerie médicale et la prévention du crime. Le premier système de récupération d’images basé sur le contenu a été introduit dans les années 1990. Le système de récupération d’images basé sur le contenu (CBIR) a tenté de surmonter le problème de la récupération automatique d’images à partir d’une grande base de données en fonction des différentes fonctionnalités telles que la forme, la couleur et la texture.

## 1 Anatomie descriptive de la colonne vertébrale humaine

La colonne vertébrale est l’une des parties les plus cruciales du corps car elle offre structure et soutien au corps.

La colonne vertébrale est un empilement d’os articulés appelés vertèbres. Elle est le support du dos des vertébrés, dont elle constitue une synapomorphie.

### 1.1 Rachis cervical

Le rachis cervical est un autre terme pour désigner la partie de la colonne vertébrale située au niveau du cou. Composé de sept vertèbres, le rachis cervical est structuré un peu différemment du reste de la colonne afin de permettre une plus grande flexibilité au niveau du cou et de la tête.

Loin d'être une structure rigide, la colonne joue plusieurs rôles anatomiques importants, notamment le soutien de la tête, la protection de la moelle et des nerfs épineux ainsi que la structure de la cage thoracique. La colonne est divisée en cinq parties distinctes : la région cervicale, la région dorsale, la région lombaire, la région sacrée et le coccyx (figure 2.1)

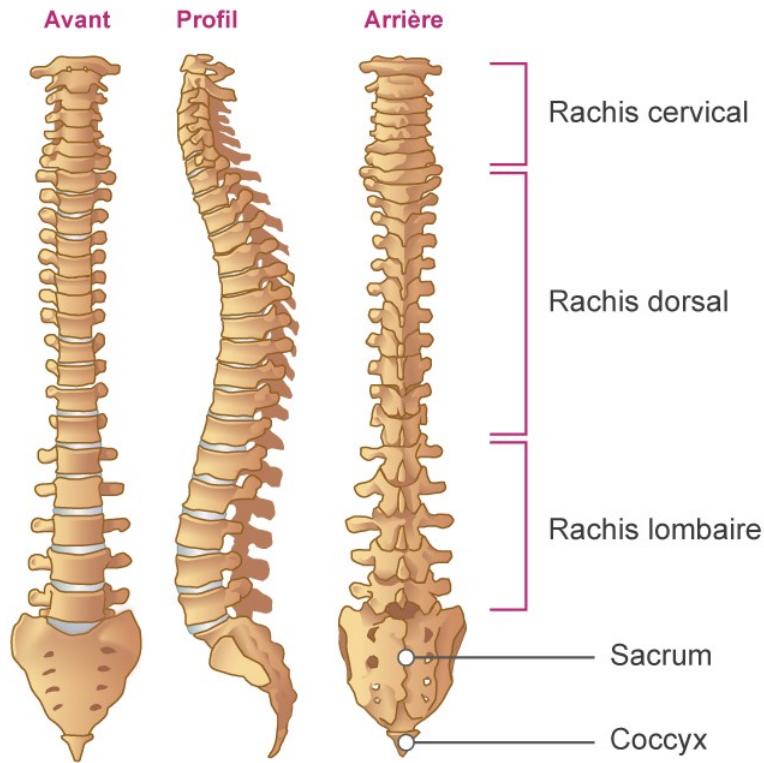


FIGURE 2.1 – Les différents régions de Rachis cervical.

- Le rachis cervical : s'articule avec la tête en haut et le rachis dorsal en bas. Il comprend 7 vertèbres.
- Le rachis dorsal : s'articule avec le rachis cervical en haut, le rachis lombaire en bas, les côtes latéralement. Il comprend 12 vertèbres.
- Le rachis lombaire : s'articule avec le rachis dorsal en haut, le sacrum en bas. Il comprend 5 vertèbres.
- Le sacrum : s'articule avec le rachis lombaire en haut, le coccyx en bas. Il comprend 5 vertèbres soudées entre elle.

On parle de rachialgies pour désigner des douleurs de la colonne. On parle de cervicalgie pour des douleurs de la région cervicale, de dorsalgie pour des douleurs de la région dorsale et de lombalgie pour des douleurs de la région lombaire.



La colonne vertébrale est constituée de plusieurs éléments : (schéma) les vertèbres, les ligaments, le disque intervertébral, les muscles, les vaisseaux et les nerfs.

### 1.1.1 Les vertèbres

Les vertèbres sont constituées de deux parties : l'une en avant, le « corps vertébral » de forme ovale et l'autre, en arrière, en cercle, avec par deux branches osseuses, les « pédicules », et les articulaires postérieures qui servent à relier les vertèbres les unes aux autres (Figure 2.2) A l'intérieur de ce cercle, il existe un espace libre dans lequel passent la moelle épinière et les racines nerveuses : c'est le canal rachidien.

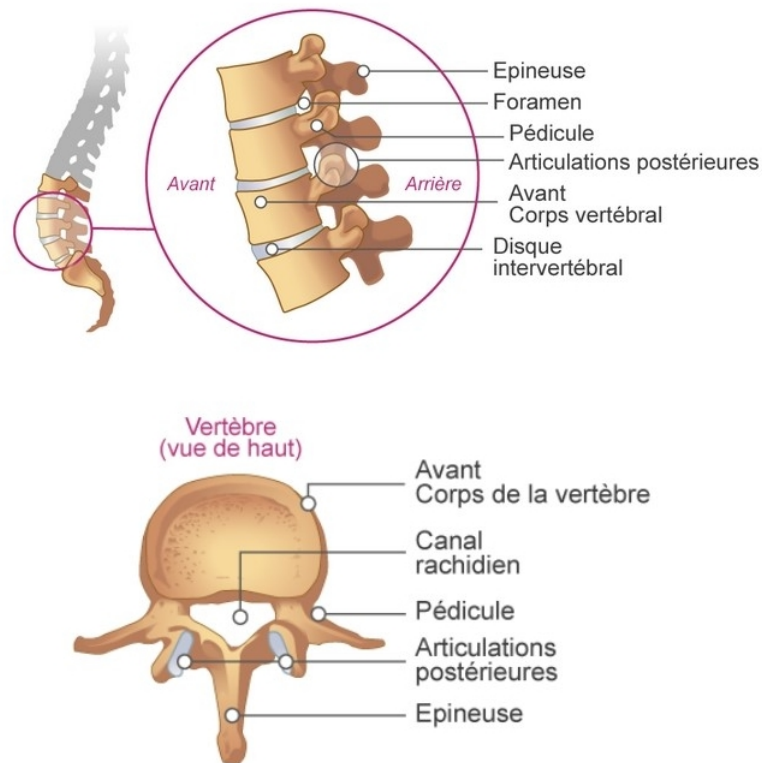


FIGURE 2.2 – Vertèbres cervicales d'un être humain.

### 1.1.2 Les disques intervertébraux

Entre chaque corps vertébral, dans la partie de la vertèbre qui est en avant, s'interpose un disque intervertébral. Il fait la même circonférence que les corps vertébraux. Il a une constitution qui est un mixte entre celle d'un ligament et celle du cartilage. Il est composé de deux parties (Figure 2.3) :

- une partie centrale semi-liquide, gélatineuse, le « noyau pulpeux » très riche en eau et donc très amortisseur
- une partie périphérique ou « anneau fibreux », constitué de couches successives comme un oignon. Ces couches sont élastiques et maintiennent le noyau pulpeux au centre du disque lors des différents mouvements.

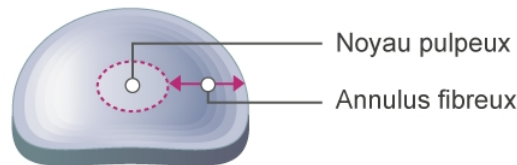


FIGURE 2.3 – Disque intervertébral (noyau pulpeux et anneau fibreux).

### 1.1.3 Le système nerveux

Est constitué de deux parties (Figure 2.4) :

- Le système nerveux central : le cerveau protégé par le crâne et la moelle épinière partant du cerveau jusqu'à la première vertèbre lombaire, protégée par le canal rachidien. En dessous de la 1ère vertèbre lombaire (ou L1), il n'y a plus de moelle épinière.
- Le système périphérique : ce sont les nerfs qui partent de la moelle et vont jusqu'aux extrémités des membres. Ces nerfs sont tous détachés les uns des autres, comme une queue de cheval en dessous de la première vertèbre lombaire. La fonction d'un nerf est double, transmettre la sensibilité et la motricité, avec la contraction des muscles. On parle de radiculalgie quand un nerf est irrité.

### 1.1.4 Les ligaments

Ce sont des supers « scotchs » qui unissent les os les uns aux autres (Figure 2.5).

### 1.1.5 Les muscles

Ils ont plusieurs fonctions : ils protègent l'articulation, la soutiennent et en assurent la mobilité. Deux types de muscles sont particulièrement importants pour la colonne (Figure 2.6) : en avant ce sont les abdominaux et en arrière les extenseurs du rachis (spinaux et dorsaux). Il est démontré qu'avoir une bonne musculature permet de réduire de 30% le poids sur l'ensemble des éléments de la colonne (vertèbres, disque, articulations...). En temps normal, les muscles extenseurs doivent être plus puissants que les abdominaux.

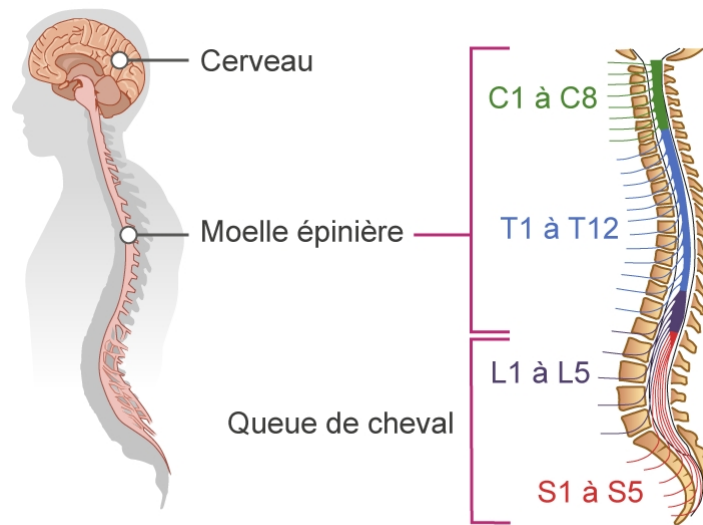


FIGURE 2.4 – Le système nerveux : système nerveux central, système périphérique.

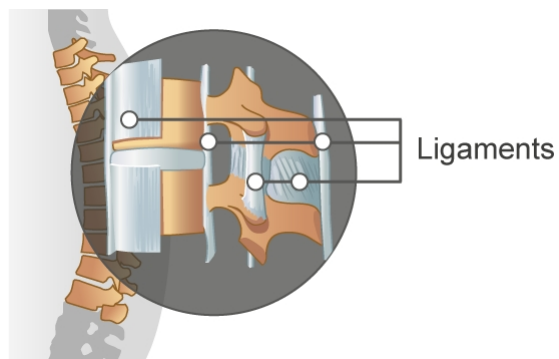


FIGURE 2.5 – Les ligaments.

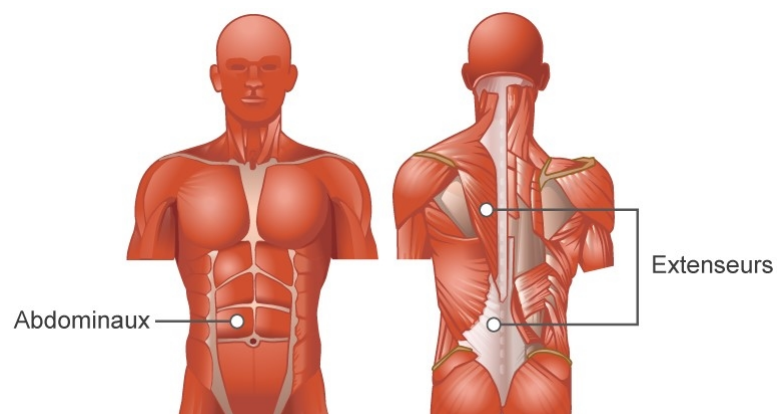


FIGURE 2.6 – Les deux types de muscles importants pour la colonne vertébrale (abdominaux, extenseurs).

### 1.1.6 Les vaisseaux

Ils servent à apporter l'oxygène et les aliments nécessaires au bon fonctionnement des organes, de l'os, des muscles.

## 2 L'ostéoporose

L'ostéoporose est une condition médicale caractérisée par une diminution de la densité et de la force osseuses, ce qui entraîne des os fragiles et des fractures fréquentes des os. C'est une maladie qui ne présente aucun symptôme. Par conséquent, il peut exister pendant des décennies sans aucune indication.

### 2.1 Comment l'ostéoporose apparaît-elle ?

Au cours de la vie, l'os (figure 2.7) est constamment renouvelé ; c'est ce que l'on appelle le remodelage osseux.

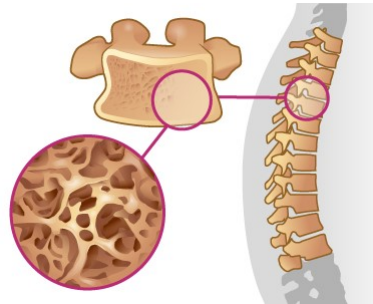


FIGURE 2.7 – L'os trabéculaire ou spongieux.

L'os se renouvelle en permanence. C'est un cycle permanent de formation et de destruction de l'os qui est un tissu vivant. Ce phénomène s'appelle le « remodelage osseux ». Deux types de cellules interviennent : les ostéoclastes qui vont d'abord détruire l'os anciennement formé et les ostéoblastes qui eux vont intervenir pour reconstruire un nouvel os (figure 2.8).

La perte osseuse est un phénomène normal qui peut être accélérée sous l'influence de différents facteurs. En dessous d'un certain seuil de perte osseuse, on parle d'ostéoporose. Deux mécanismes expliquent cette perte osseuse :

- La baisse de la formation d'os nouveau, par une diminution de l'activité des ostéoblastes qui sont les cellules chargées de la formation de l'os.
- Une augmentation de la perte osseuse due à une augmentation de l'activité des ostéoclastes qui sont les cellules chargées de la destruction (ou résorption) osseuse.

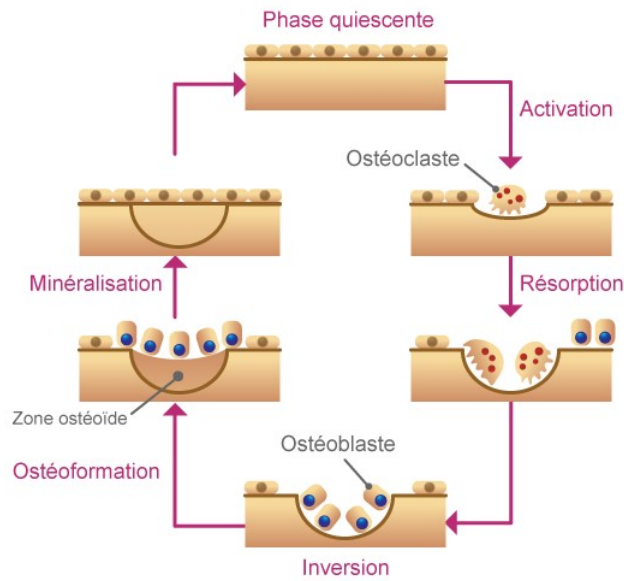


FIGURE 2.8 – Remodelage ou renouvellement osseux.

Ces deux mécanismes conduisent à une perte osseuse avec un risque de fragilisation de l'os (figure 2.9) : les travées osseuses sont amincies et elles deviennent également plus courtes.

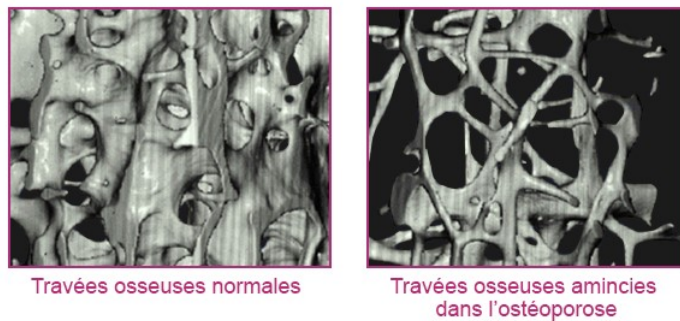


FIGURE 2.9 – Travées osseuses chez une femme adulte sans ostéoporose et chez une femme plus âgée avec une ostéoporose.

La quantité et la qualité de l'os sont globalement diminuées, l'os devient fragile et risque de se fracturer.

## 2.2 Schémas de classification d'Ostéoporose

Le mot ostéoporose est composé de 'ostéo' qui signifie os et 'porose' qui se traduit par poreux (perméable). Les os sains ont des trous dans leur conception complexe en nid d'abeille (Figure.7). Cependant, les os affectés par l'ostéoporose ont des trous plus grands, ce qui les rend anormalement poreux, plus faibles et plus sujets aux fractures [2].

L'existence d'ostéophytes est une indication importante simplement parce qu'elle est généralement corrélée à l'effondrement de la connexion de la fibre annulaire externe du disque à la plaque d'extrémité vertébrale.

Cette dégénérescence et cet effondrement peuvent entraîner le glissement de la vertèbre vers l'avant ou les deux vers l'avant et le côté. Deux schémas de classification pour la forme vertébrale segmentée de la vertèbre cervicale sont considérés, la classification des ostéophytes de Macnab comprend (griffe, traction et griffe-traction) [16] en plus des trois degrés de gravité (légère, modérée et sévère) [15],[9].

En fusionnant simplement ces deux schémas, neuf types de pathologie ont été établis, et la base de données produite des formes étiquetées et segmentées est indiquée dans le tableau 1.

Système de classification	Schémas d'ostéophytes de Macnab		
	Griffe (CL)	Traction (TR)	Griffe-Traction (CL-TR)
Légère (SL)	CL- SL	TR- SL	CLTR- SL
Modérée (MD)	CL- MD	TR- MD	CLTR- MD
Sévère (SV)	CL- SV	TR- SV	CLTR- SV

TABLE 2.1 – Schémas de classification de l'ostéoporose antérieure pour les vertèbres cervicales.

La figure 2.10 montre des échantillons d'Ostéoporose classés selon le schéma (Tableau 1). Elle montre des échantillons d'Ostéoporose qui présentent des extensions osseuses à la fois aux limites des vertèbres inférieures antérieures et inférieures supérieures et ont été classés respectivement en traction-modérée (TR), en griffe sévère (SV) et en griffe-traction modérée (CLTR- MD). Ces Ostéoporose ont des coins qui dépassent dans la vue sagittale du vertébral cervical.

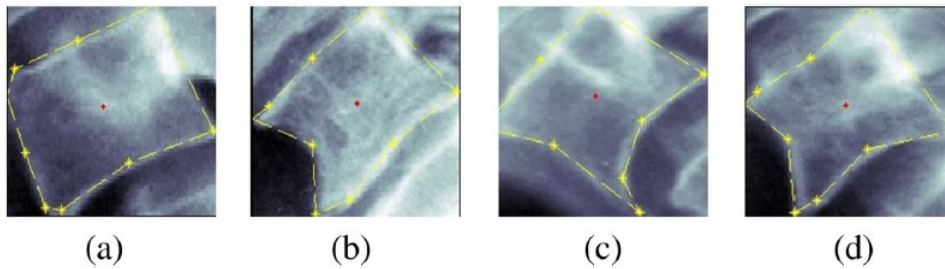


FIGURE 2.10 – Schémas de classification des échantillons d' Ostéoporose dans les vertèbres cervicales (a) vertèbre normale (b) traction modérée (c) griffe sévère (d) griffe-traction modérée

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'anatomie descriptive de la colonne vertébrale humaine, cette dernière consistant un ensemble des vertèbres divisé respectivement (rachis cervical, dorsal et rachis lombaire). Ainsi, nous avons fourni une explication simplifiée de la maladie l'ostéoporose avec un exemple illustratif. Dans le prochain chapitre on va présenter notre système médical aide de diagnostic dans le domaine médical.

# Chapitre 3

## CBIR : Implementation

Dans ce troisième chapitre, nous allons présenter une conception générale de notre système qui est composé en quatre modules principaux : module de prétraitement d'image et sélection des vertèbres, assistant médical et un mini dossier patient. A la fin, nous allons conclure notre travail avec un exemple illustratif du notre système.

### Introduction

#### 1 Outils de développement

- Figure 3.1 - Visual studio Professional 2017 (Version 15.8.9)
- Figure 3.1 - Matalb R2016a (9.0.0.341360-64bit)

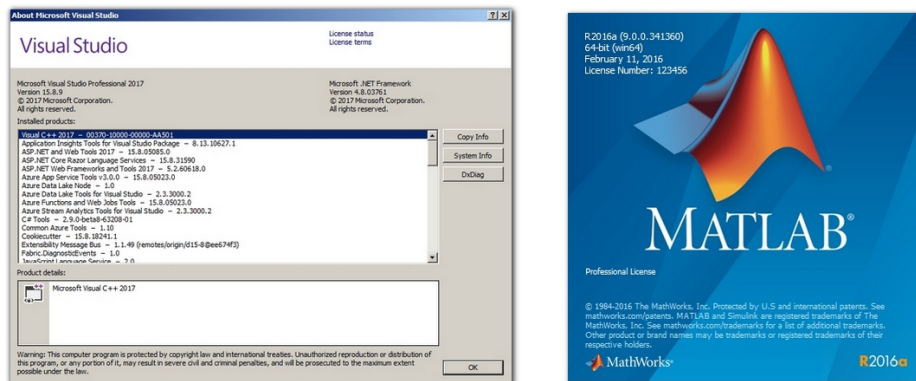


FIGURE 3.1 – Visual studio Professional 2017, Matalb R2016a



## 2 Conception générale

Notre système est composé en 4 modules principaux (figure 3.2) :

1. Module de Prétraitement d'image et sélection des vertèbres
2. Assistant médical (Aide de diagnostic)
3. Mini Dossier Patient

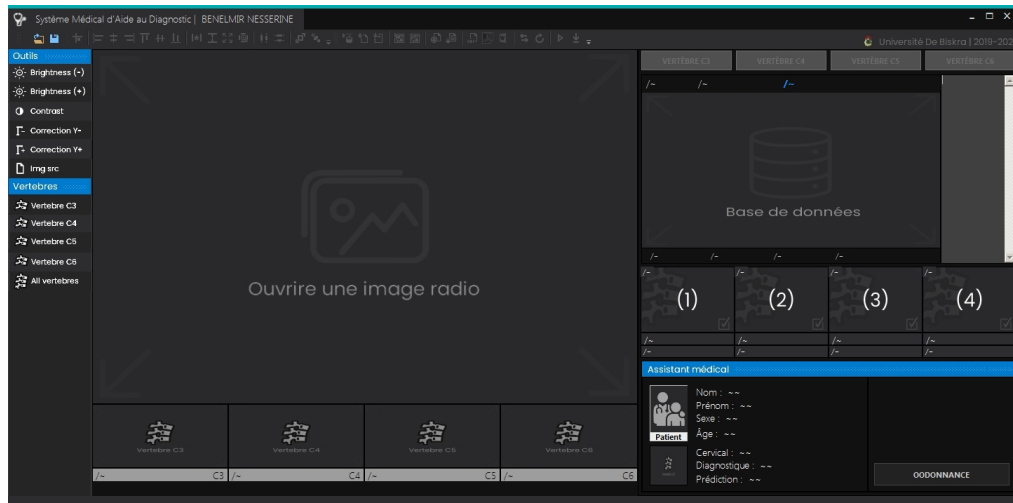


FIGURE 3.2 – Système d'aide au diagnostic médical de la colonne vertebrales.

### 2.1 Module de Prétraitement d'image et selection des vertèbres

Comme la montre dans la figure 3.5, ce module fournir un panel pour la visualisation de la radio médical avec deux boits d'outils, la premiere est pour le prétraitement de l'image insérée à travers le mnu (figure 3.4), la deuxieme boite d'outils est pour extraire les vertebres dans la colone vertébral Afin que le médecin connaisse les vertèbres à diagnostiquer plus tard.

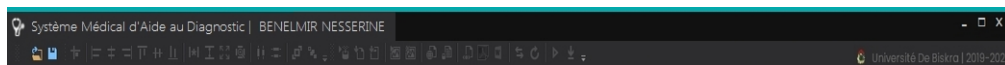


FIGURE 3.3 – Menu de notre système.

### 2.2 Assistant médical (Aide de diagnostic)

Cette unité représente le core du système d'observation, car avec l'assistant médical, le médecin peut découvrir les maladies potentielles dans chaque vertèbre (figure 3.5)

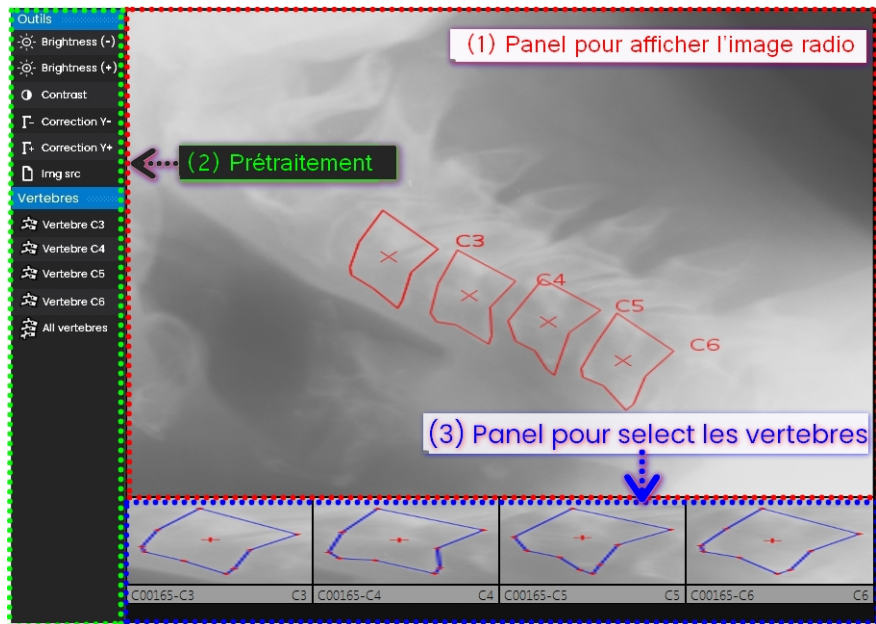


FIGURE 3.4 – Module de Prétraitement d'image et sélection des vertèbres

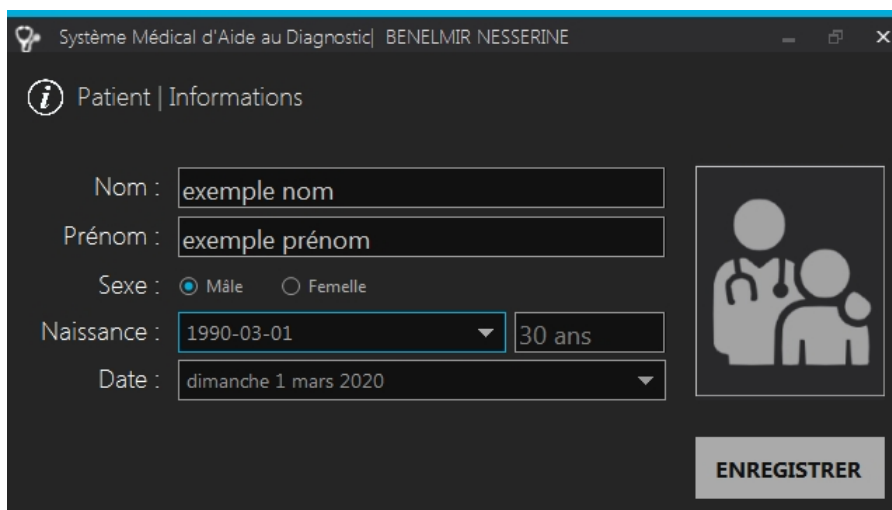


FIGURE 3.5 – Assistant médical (Aide de diagnostic)

## 2.3 Mini Dossier Patient

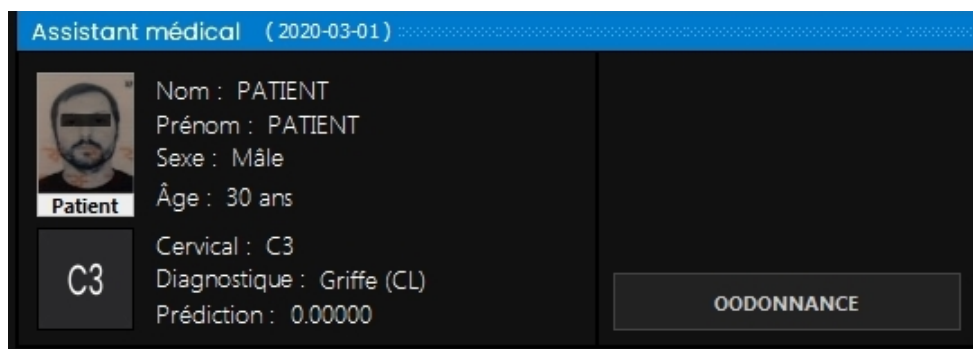
Grâce à cette unité, le médecin peut identifier et inclure les informations personnelles du patient (figure 3.6), ce dernier assurant un suivi approprié des patients après le diagnostic (figure 3.7), afin que le médecin puisse prescrire des ordonnances (figure 3.8) pour traiter les maladies détecté (figure 3.9).

Par conséquent, grâce à cette unité, le médecin survi la progression et l'amélioration de la maladie après et pendant le traitement.



The screenshot shows a window titled 'Système Médical d'Aide au Diagnostic | BENELMIR NESSERINE'. The main heading is 'Patient | Informations'. The form contains the following fields: 'Nom' with the value 'exemple nom', 'Prénom' with 'exemple prénom', 'Sexe' with radio buttons for 'Mâle' (selected) and 'Femelle', 'Naissance' with a date picker set to '1990-03-01' and an age field set to '30 ans', and 'Date' with a date picker set to 'dimanche 1 mars 2020'. To the right of the form is an icon representing a doctor and a patient. At the bottom right is a button labeled 'ENREGISTRER'.

FIGURE 3.6 – Formulaire pour insérer les informations personnelles du patient.




The screenshot shows a window titled 'Assistant médical (2020-03-01)'. It displays a patient's profile with a photo placeholder and the name 'Patient'. The details listed are: 'Nom : PATIENT', 'Prénom : PATIENT', 'Sexe : Mâle', and 'Âge : 30 ans'. Below this, there is a section for 'C3' with the following information: 'Cervical : C3', 'Diagnostic : Griffes (CL)', and 'Prédiction : 0.00000'. At the bottom right is a button labeled 'OODONNANCE'.

FIGURE 3.7 – Mini Dossier Patient pour assurer le suivi des patients.

Système Médical d'Aide au Diagnostic | BENELMIR NESSERINE  
 ORDONNANCE | 03/01/2020 20:02


PATIENT | INFORMATIONS

Nom	PATIENT
Prénom	PATIENT
Sexe	<input checked="" type="radio"/> Mâle <input type="radio"/> Femelle
Âge	30 ans
Date	dimanche 1 mars 2020



ORDONNANCE | MEDICAMENTS

Médicament	ALBUMINE HUMAINE
Form	CAPS.
Dosage	20% BIOTEST
Posologie	1C/J
Durée	1MOIS



AJOUTER


ENREGISTRER

FIGURE 3.8 – Formulaire pour créer les ordonnances au patients après le diagnostic.

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une conception générale de notre système qui est composé en quatre modules principaux : module de prétraitement d'image et sélection des vertèbres, assistant médical et un mini dossier patient afin de suivre les étapes du traitement. A la fin, nous allons conclure notre travail avec un exemple illustratif du notre système.

**CLINIQUE ACIL**  
DR. BOUHEBEL CHOUAIB



**عيادة أهيل**  
الحكيم: بوحبل شعيب

**MÉDECIN GÉNÉRALISTE**

Diplôme de la faculté de médecine d'Alger  
Echographe générale et Obstétricale  
E. C. G. / MAPA

Ordre du médecin N°: **25/8280**  
Tél: **05 41 91 00 08 - 06 69 66 34 09**

**طبيب عام**

كلية الطب الجزائر  
أكوغرافيا  
مخطط القلب

BISKRA le: **01/03/2020**

**Nom et Prénom : PATIENT PATIENT**  
**Âge : 30 ans**

**ORDONNANCE**

(1) ALBUMINE HUMAINE CAPS. 20% BIOTEST 1C/J	[1MOIS]
(2) HADOL FORM DOSAGE POSOLOGIE	[10J]
(3) MAALOX FORM DOS POSOLOGIE	[1MOIS]
(4) TABETA FORM DOSAGE POSOLOGIE	[15J]

University of Biskra, BP 145 RP, 07000 Biskra, Algérie

FIGURE 3.9 – Exemple d'une Ordonnance médicale.



FIGURE 3.10 – page de démarrage et patienter du système

# Conclusion générale

Au cours de ce travail de master, nous avons présenté un système de recherche d'images dans le domaine médicale, qui est divisé en trois parties.

La première partie, nous avons présenté deux techniques de la recherche d'images, Nous nous sommes basé sur la technique de recherche d'images par contenu plus que sur la technique de recherche d'images par mot clé, en raison des aspects négatifs de ce dernier. Ainsi, nous avons présenté une architecture générale d'un système d'indexation par image, puis nous avons parlé sur les caractéristiques utilisées dans la phase d'indexation dans un système CBIR et la similarité dans la phase de recherche d'image. Enfin, deux types de mesure d'évaluation d'un système étés présentés tel que la moyenne harmonique et la mesure E.

La deuxième partie, nous avons présenté l'anatomie descriptive de la colonne vertébrale humaine, cette dernière consistant un ensemble des vertèbres divisé respectivement (rachis cervical, dorsal et rachis lombaire). Ainsi, nous avons fourni une explication simplifiée de la maladie l'ostéoporose avec un exemple illustratif.

Dans la troisième partie, nous avons présenté une conception générale de notre système qui est composé en quatre modules principaux : module de prétraitement d'image et sélection des vertèbres, assistant médical et un mini dossier patient. Enfin, nous avons fait un exemple.

# Bibliographie

- [1] Houaria Abed and Lynda Zaoui. Système d'indexation et de recherche d'images par le contenu, 2009.
- [2] Mustapha Aouache, Aini Hussain, Mohd Asyraf Zulkifley, Diyana Wan Mimi Wan Zaki, Hafizah Husain, and Hamzaini Bin Abdul Hamid. Anterior osteoporosis classification in cervical vertebrae using fuzzy decision tree. *Multimedia Tools and Applications*, 77(3) :4011–4045, 2018.
- [3] Ricardo Baeza-Yates, Berthier Ribeiro-Neto, et al. *Modern information retrieval*, volume 463. ACM press New York, 1999.
- [4] Bisson. La similarité : une notion symbolique numérique. In *symbolique numérique à partir de données. Cepaduès*. In E.Diday, P.Brito, Y.Kodratoff and M.Moulet (Eds.), 2000.
- [5] Navneet Dalal and Bill Triggs. Histograms of oriented gradients for human detection. In *2005 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition (CVPR'05)*, volume 1, pages 886–893. IEEE, 2005.
- [6] Deselaers. Features for image retrieval. *Diploma Thesis RWTH AachenUniversity. Aachen, Germany*, 2003.
- [7] Eugenio Di Sciascio and Augusto Celentano. Similarity evaluation in image retrieval using simple features. In *Storage and Retrieval for Image and Video Databases V*, volume 3022, pages 467–477. International Society for Optics and Photonics, 1997.
- [8] Yihong Gong, Guido Proietti, and Christos Faloutsos. Image indexing and retrieval based on human perceptual color clustering. In *Proceedings. 1998 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (Cat. No. 98CB36231)*, pages 578–583. IEEE, 1998.
- [9] Haiying Guan, Sameer Antani, L Rodney Long, and George R Thoma. Comparative study of spine vertebra shape retrieval using learning-based feature selection. In *2009 22nd IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems*, pages 1–7. IEEE, 2009.
- [10] Jing Huang, S Ravi Kumar, Mandar Mitra, Wei-Jing Zhu, and Ramin Zabih. Image indexing using color correlograms. In *Proceedings of IEEE computer society conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 762–768. IEEE, 1997.
- [11] Qasim Iqbal and Jake K Aggarwal. Combining structure, color and texture for image retrieval : A performance evaluation. In *Object recognition supported by user interaction for service robots*, volume 2, pages 438–443. IEEE, 2002.
- [12] Chahab Nastar. Indexation d'images par le contenu : un etat de l'art. *Actes de CORESA*, 97, 1997.
- [13] Greg Pass and Ramin Zabih. Histogram refinement for content-based image retrieval. In *Proceedings Third IEEE Workshop on Applications of Computer Vision. WACV'96*, pages 96–102. IEEE, 1996.
- [14] Michael W Schwarz, William B Cowan, and John C Beatty. An experimental comparison of rgb, yiq, lab, hsv, and opponent color models. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 6(2) :123–158, 1987.
- [15] Jason Shou, Sameer Antani, L Rodney Long, and George R Thoma. Evaluating partial shape queries for pathology-based retrieval of vertebra. In *Proc. 8th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2004)*, volume 12, pages 18–21. Citeseer, 2004.
- [16] R Joe Stanley, Sameer Antani, Rodney Long, George Thoma, Kapil Gupta, and Mohammed Das. Size-invariant descriptors for detecting regions of abnormal growth in cervical vertebrae. *Computerized medical imaging and graphics*, 32(1) :44–52, 2008.

- [17] Markus Andreas Stricker and Alexander Dimai. Color indexing with weak spatial constraints. In *Storage and Retrieval for Still Image and Video Databases IV*, volume 2670, pages 29–40. International Society for Optics and Photonics, 1996.
- [18] Michael J Swain and Dana H Ballard. Color indexing. *International journal of computer vision*, 7(1) :11–32, 1991.



## Liste des abréviations

CBIR	<b>C</b> ontent <b>B</b> ased <b>I</b> mage <b>R</b> etrieval.
RGB	<b>R</b> ed <b>G</b> reen <b>B</b> lue.
HSL	<b>H</b> ue <b>S</b> aturation <b>L</b> ightness.
RVB	<b>R</b> ouge <b>V</b> ert <b>B</b> leu.
TSV	<b>T</b> einte <b>S</b> aturation <b>V</b> aleur.
EOH	<b>E</b> dgo <b>O</b> rientation <b>H</b> istogram.
CL	<b>G</b> riffe.
TR	<b>T</b> raction.
CL-TR	<b>G</b> riffe- <b>T</b> raction.
SL	<b>L</b> égère.
MD	<b>M</b> odérée.
SV	<b>S</b> évère.
CLTR-MD	<b>G</b> riffe- <b>T</b> raction- <b>M</b> odérée.