



République algérienne démocratique et populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université des sciences et de Technologie Saad Dahleb Blida 1

Faculté des sciences

Département d'informatique

Projet fin d'études pour l'obtention du diplôme Master

Option : Ingénierie de logiciel

Thème :

Conception et réalisation d'une application mobile pour augmenter une image radiographique

Sujet proposé par : Mr. AOUAA NOUREDDINE et Mme BENCHERIF TINHINANE

Présenté par :

BENDALI BRAHAM HACIBA NOUR EL HOUDA

TAFIGHOULT MARIA CERINE

Encadré par :

Mme BENBLIDIA NADJIA

Organisme d'accueil :

Centre de Recherche sur l'Information Scientifique et Technique

DIVISION SYSTEMES D'INFORMATION ET SYSTEMES MULTIMEDIA

Année universitaire :2019 /2020

Dédicaces et remerciement

Nous remercions Allah Tout-Puissant de nous avoir donné courage, patience et les connaissances nécessaires pour mettre en œuvre ce modeste projet.

Nos sincères gratitudee à Mr Aouaa, Mme Benblidia et Mme Tinhinane pour leur qualité de leurs enseignements, leurs conseils et leur intérêt incontestable qu'il porte.

Nos vifs remerciements s'adressent également aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer notre travail :

- Mr Cherif Zahar
- Mme Hireche Celia

Nous tenons à remercier sincèrement les médecins de l'hôpital de Douera pour nous avoir livré ce projet.

On adresse un grand remerciement à M^{lle} Hafida et M^{lle} Khadidja pour leur patience, leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont portés à notre travaille.

A nos chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de nos études,

À nos chères sœurs Ikram et Zakia, pour les encouragements et le soutien moral continu,

A nos chers frères Islam, Islam et Yanel, pour leur soutien et leurs encouragements,

A toute notre famille pour leur soutien dans toute notre carrière universitaire,

Que ce travail soit la réalisation de vos souhaits prétextés et une évacion de votre soutien sans faille,

Merci d'être à nos côtés.

En guise de reconnaissance, on tient à témoigner nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribués de près ou de loin au bon déroulement de nos expériences de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire.

Enfin, on n'oserait oublier de remercier tout le corps professoral de notre Département, pour le travail énorme qu'il effectue pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études.

Résumé

La réalité virtuelle/augmentée fait l'objet d'usage très diversifié, intégrant peu à peu plusieurs domaines d'applications. Un aspect important auquel nous nous intéressons concerne l'intégration de ces nouvelles technologies dans le domaine médical, et plus précisément dans la radiographie.

Ce travail vise à concevoir et mettre en œuvre une application mobile ayant pour objectif la modélisation virtuelle du rachis humain en trois dimensions à partir d'une image à rayon X. Cet objet en 3D correspondant à la colonne vertébrale peut être superposé sur un marqueur, dont la visualisation peut s'effectuer à l'aide d'un Smartphone. L'application développée permettra de fournir aux médecins kinésithérapeutes, l'information la plus complète sur les examens de chaque patient atteint de scoliose pour diagnostiquer la déviation de sa colonne vertébrale et d'améliorer ainsi son suivi médical.

Mots clés : Réalité Augmentée, Scoliose, Colonne Vertébrale 3D, Modélisation 3D, Rachis, Radiographie.

ملخص

الواقع الافتراضي / المعزز هو موضوع استخدامات متنوعة للغاية، ودمج تدريجيًا العديد من مجالات التطبيقات، بما في ذلك، نحن بين الدورات مع دمج هذه التقنيات الجديدة في المجال الطبي، وبشكل أكثر تحديدًا في التصوير الشعاعي.

يهدف هذا العمل إلى تصميم وتنفيذ تطبيق جوال بهدف النمذجة الافتراضية للعمود الفقري البشري بثلاثة أبعاد من صورة الأشعة السينية، ويمكن تثبيت هذا الجسم ثلاثي الأبعاد (العمود الفقري) على علامة، منها يمكن المشاهدة باستخدام الهاتف الذكي. من أجل تزويد أخصائي العلاج الطبيعي بالمعلومات الأكثر اكتمالاً عن فحوصات كل مريض مصاب بالجنف لتشخيص انحراف العمود الفقري وبالتالي تحسين متابعته الطبية..

الكلمات الرئيسية: الواقع المعزز، الجنف، العمود الفقري ثلاثي الأبعاد، النمذجة ثلاثية الأبعاد، التصوير الشعاعي.

ABSTRACT

Virtual reality / augmented been used very diverse, gradually integrating several areas of applications including, we intersessional the integration of these new technologies in the medical field, specifically in radiography.

This work aims to design and implement a mobile application with the objective of virtual modeling of the human spine in three dimensions from an X-ray image, this 3D object (spine) can be superimposed on a marker, of which viewing can be done using a Smartphone. In order to provide physiotherapists with the most complete information on the examinations of each patient with scoliosis to diagnose the deviation of his spine and thus improve his medical follow-up.

Keywords: Augmented Reality, Scoliosis, 3D Spine, 3D Modeling, Spine, Radiography.

Table de matière

Introduction générale.....	12
Chapitre I Contextemédical.....	14
I.1) Introduction	15
I.2) Système de référence anatomique	15
I.3) Le rachis	15
I.3.1) Généralités.....	16
I.3.2) Anatomie du rachis sain	16
I.4) Pathologies du rachis	18
I.4.1) Scoliose	19
I.4.2) Définition et description de la pathologie	19
I.4.3) Les causes de la scoliose	20
I.4.4) La répartition des scolioses idiopathiques selon l'âge	20
I.4.5) Les symptômes de la scoliose	20
I.4.6) Angle Cobb	21
I.4.7) Classification.....	22
I.4.8) Prise en charge et traitement de la scoliose.....	25
I.4.9) Les déformations scoliotiques	26
I.4.10) Suivi classique et indices cliniques	27
I.5) Imagerie médicale.....	28
I.5.1) La radiographie	29
I.5.2) Les rayons X.....	29
I.6) L'imagerie médicale 3D	29
I.7) Conclusion.....	30
Chapitre II Etat l'art.....	31
II.1) Introduction	32
II.2) La Réalité Augmentée	32
II.2.1) Entre la Réalité Augmentée et la Réalité Virtuelle	32
II.2.2) Définition de la Réalité Augmentée	33
II.2.3) Principe de fonctionnement de la réalité augmentée.....	34
II.2.4) Les domaines d'application de la réalité augmentée.....	35
II.2.5) La médecine Augmentée	40
II.2.6) Exemples d'application de la RA dans la médecine	41
II.2.7) Qu'est ce que la modélisation 3D ?.....	42

II.2.8)	Concept de base de la modélisation 3D	43
II.2.9)	Les outils les plus connu en modélisation 3D	43
II.2.10)	Formats utilisés en modélisation 3D	44
II.3)	La segmentation.....	46
II.3.1)	Segmentation de couleurs.....	46
II.3.2)	Etiquetage en composantes connexes.....	48
II.4)	Conclusion	48
Chapitre III	Etude préalable et conceptuelle	50
III.1)	Introduction.....	51
III.2)	Etude prealable.....	51
III.2.1)	Étude des postes de travail.....	51
III.2.2)	Étude des documents	51
III.2.3)	Codification des Patients	52
III.3)	Codification du diagnostic d'un patient	52
III.4)	Etude conceptuelle	53
III.4.1)	Cycle de développement.....	53
III.4.2)	Méthode de modélisation.....	54
III.4.3)	Diagramme de cas d'utilisation.....	54
III.4.4)	Diagramme de séquence	55
III.4.5)	Dictionnaire des données	62
III.4.6)	Diagramme de classes	63
III.4.7)	Le Modèle relationnel.....	64
III.4.8)	Modèle de la base de données	65
III.5)	Conclusion	66
Chapitre IV	Contribution.....	67
IV.1)	Introduction.....	Error! Bookmark not defined.
IV.2)	Pourquoi avons-nous choisi Blender	Error! Bookmark not defined.
IV.3)	Modélisation morphologique de la colonne vertébrale.....	Error! Bookmark not defined.
IV.3.1)	Le modèle de base utilisée pour la modélisation du rachis ..	Error! Bookmark not defined.
IV.3.2)	Etapas de modélisation :	Error! Bookmark not defined.
IV.4)	La segmentation	Error! Bookmark not defined.
IV.4.1)	Scanner	Error! Bookmark not defined.
IV.4.2)	Récupération des marqueurs.....	Error! Bookmark not defined.

IV.5)	Passage du 2D au 3D	Error! Bookmark not defined.
IV.6)	Conclusion	Error! Bookmark not defined.
Chapitre V	Implémentation et résultats	Error! Bookmark not defined.
V.1)	Introduction	Error! Bookmark not defined.
V.2)	Outils de rédaction et conception	Error! Bookmark not defined.
V.2.1)	Word version 2019	Error! Bookmark not defined.
V.2.2)	StarUML.....	Error! Bookmark not defined.
V.3)	Outils de développement	Error! Bookmark not defined.
V.3.1)	Matériel utilisé.....	Error! Bookmark not defined.
V.3.2)	Unity3D et C#	Error! Bookmark not defined.
V.3.3)	Plugin tiers (ARToolkit, Vuforia)	Error! Bookmark not defined.
V.3.4)	OpenCV.....	Error! Bookmark not defined.
V.3.5)	MySQL.....	Error! Bookmark not defined.
V.4)	Description de la base d'images	Error! Bookmark not defined.
V.5)	L'aperçu de notre application RachisAR.....	Error! Bookmark not defined.
V.5.1)	Le logotype de l'application.....	Error! Bookmark not defined.
V.5.2)	L'authentification (login)	Error! Bookmark not defined.
V.5.3)	Le menu principal.....	Error! Bookmark not defined.
V.6)	Evaluation des résultats	Error! Bookmark not defined.
V.7)	Conclusion	Error! Bookmark not defined.
Conclusion Générale et perspective	Error! Bookmark not defined.
Annexe	Error! Bookmark not defined.

Table des figures

Figure I-1 : Plan anatomique de référence [2].....	15
Figure I-2 : Anatomie du rachis. [8].....	17
Figure I-3 : Les courbes du rachis. [8]	17
Figure I-4 : Schéma descriptif d'une partie de la colonne vertébrale [4].....	18
Figure I-5 : (a) Une personne saine sans scoliose (b) une personne atteinte de scoliose.	19
Figure I-6 : Gibbosité en position de flexion antérieure [53].....	20
Figure I-7 Mesure de l'angle de COBB [14]	21
Figure I-8 :Autre méthode de calcul de l'angle de Cobb [16].....	22
Figure I-9 Classification de PONSETI : (a) thoracique, (b) lombaire, (c) thoraco-lombaire, (d) thoraco-lombaire à double courbure [18]	23
Figure I-10 : Classification KING [18]	24
Figure I-11 : Classification LENKE [17]	25
Figure II-1 : La réalité augmentée et virtuelle [23]	33
Figure II-2 : La réalité augmentée entre le réel et le virtuelle [60].	33
Figure II-3 : Le premier système de réalité augmentée [23]	34
Figure II-4 : Le principe de fonctionnement de la RA.	35
Figure II-5 : BMW Z4 AR [28].....	36
Figure II-6 : AKQA [29]	36
Figure II-7 :Zugara [30]	37
Figure II-8 : Atol [31].....	37
Figure II-9 : Try-On Mirror [32]	38
Figure II-10 : Glassware [33]	38
Figure II-11 : PapertweetT-shirts [34]	38
Figure II-12 : I-Mechanic [35]	39
Figure II-13 : Free Rivers [37].....	39
Figure II-14 : Froggipedia [37]	40
Figure II-15 : AccuVein [71]	41
Figure II-16 SNAP [72].....	41
Figure II-17 : Anatomy 4D [73].....	42
Figure II-18 : Illustration des concepts de base [39].....	43
Figure II-19 : Segmentation de couleurs d'une image (a) image source (b) image segmentée selon les nuances de la couleur bleue.	47
Figure II-20 Étiquetage d'une image après segmentation : (a) image source, (b) image segmentée, (c) image étiquetée en composantes connexes [56].	48
Figure III-1 : Codification du patient.	52
Figure III-2 : Codification du diagnostic.....	52
Figure III-3 : Le Développement Itératif Et Incrémental [51]	53
Figure III-4 : Diagramme de cas d'utilisation.....	55
Figure III-5 : Authentification.....	56
Figure III-6 : Modification des informations d'un patient.....	57
Figure III-7 : Ajouter un nouveau patient	58
Figure III-8 : Supprimer un patient	59
Figure III-9 : Consulter la liste des diagnostics d'un patient.....	59

Figure III-10 : Faire un diagnostic	60
Figure III-11 : Exporter un document	61
Figure III-12 : Récupérer le mot de passe	61
Figure III-13 : Diagramme de classes de RachisAR	64
Figure III-14 : Le modèle relationnel de la base de données	65
Figure III-15 : La base de données de RachisAR.....	66
Figure IV-1 : Vertèbre type	69
Figure IV-2 : Forme des vertèbres : (a) Cervicale (b) thoracique (c) lombaire [58].....	70
Figure IV-3 : La sculpture de la 7eme vertèbre cervicale (a) la vertèbre sculptée dans Blender (b) la vertèbre du site sketchfab.com	71
Figure IV-4 : Le maillage sur la vertèbre type (a) le maillage de la vertèbre C7 dans Blender (b) la vertèbre réelle dans Sketchfab.com	71
Figure IV-5 : (a) La colonne vertébrale téléchargée [59] (b) modèle de la vertèbre cervicale (c) modèle de la vertèbre thoracique (d) modèle de la vertèbre lombaire.....	72
Figure IV-6 : Résultats de notre modélisations (a) vertèbres réelles de sketchfab.com	73
Figure IV-7 : La colonne vertébrale utilisée finale (a) plan sagittal ; (b) et (c) plan frontal...	74
Figure IV-8 : Le résultat de l'algorithme ScannerPaper modifié.	77
Figure IV-9 : Radiographie d'un patient (frontal, sagittal) avec des marqueurs	78
Figure IV-10 : Segmentation par couleurs (a) radiographie non segmentée ; (b) radiographie segmentée.....	79
Figure IV-11 : Application de l'algorithme étiquetage (a) Radiographie segmentée ;.....	80
Figure IV-12 : La division et le calcul de la distance euclidienne (a) radiographie (b) Division niveau sagittal (c) division niveau frontal avec calcul de l'angle de COBB (le trait en bleue)	81
Figure IV-13 : La longueur représentée par un trait rouge.....	81
Figure IV-14 : Lignes dessinées au centre des vertèbres (a) dans l'axe XZ (b) dans l'axe YX.	82
Figure IV-15 : Angle produit par les 2 vecteurs (a) dans l'axe XZ (b) dans l'axe YX.....	82
Figure IV-16 : Résultat de la transformation 2D en 3D (a) Radiographie segmentée (b) le coté sagittal droit du rachis (c) le coté frontal du rachis	83
Figure V-1 : Un nombre inégalé de plateformes prises en charge par Unity3D	86
Figure V-2 : Logotype de RachisAR.....	89
Figure V-3 : L'interface Login médecin	90
Figure V-4 : L'interface du menu principale.	91
Figure V-5 : Interface "Gérer vos patients"	92
Figure V-6 : Interface pour ajouter un nouveau patient.	92
Figure V-7 : Interface pour la suppression d'un patient existant.....	93
Figure V-8 : Interface de modification des informations d'un patient existant.....	94
Figure V-9 : Interface des consultations du patient Aitouali Kenza.	95
Figure V-10 : Réaffichage d'un ancien diagnostic de la consultation de AitoualiKenza du 12-09-2020	Figure V-11 : Augmentation de la colonne vertébrale
.....	95
Figure V-12 : Interface de sélection d'un patient.	96
Figure V-13 : Interface mode de récupération de la radiographie.	96
Figure V-14 : Le mode de récupération de la radiographie dans le stockage de l'appareil.....	97

Figure V-15 : Mode de récupération de radiographie par photo	97
Figure V-16 : scanner de la radiographie Figure V-17 : Interface du dessin des marqueurs.	98
Figure V-18 : Augmentation du Rachis avec RachisAR.....	99
Figure V-19 : Diagnostic du Rachis augmentée.....	99
Figure V-20 : Risque affiché du Rachis augmenté	99
Figure V-21 : Suggestions et traitements proposés pour ce patient avec RachisAR	100
Figure V-22 : Interface du Résultat. Figure V-23 :Interface Comparaison des résultats..	102
Figure V-24 : Interface à propos de nous.	103
Figure 0-1 Principe de fonctionnement de ARTToolkit.....	108
Figure 0-2 :binarisation du marqueur [66]	109
Figure 0-3 : Normalisation du marqueur [66]	109
Figure 0-4 : la nomination et la sauvegarde	110
Figure0-5 : fichier par défaut de ARTToolkit.	111
Figure0-6 : Appareil d’acquisition BIOMOD [67].	112
Figure 0-7 :Positionnements des marqueurs cutanés [67].....	113
Figure 0-8 : Déroulement d’une acquisition de surface topographique avec BIOMOD [68].	113
Figure 0-9 : Projection des franges de Moiré [68].	114
Figure 0-10 :Repérages automatiques des marqueurs cutanés, (a) de surface de dos, (b) des marqueurs cutanés, (c) de l’épine [70].	114
Figure 0-11 : Quelques types d’images générées par BIOMOD.	115
Figure 0-12 :Capture de la comparaison des examens du logiciel BIOMOD dos [67].	116
Figure 0-13 : Bilan d’examen généré par BIOMOD dos [67].	116

Liste des tableaux

Tableau 1 Description des tâches du médecin	51
Tableau 2 Dictionnaire de données	62
Tableau 3 Niveau de Risser selon l'Age osseux [1].....	Error! Bookmark not defined.
Tableau 4 Risque de progression de l'angle de Cobb selon le Risser par Lonstein [1]. ...	Error! Bookmark not defined.