



République Tunisienne
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université de Monastir
Faculté des Sciences
Département d'Informatique



Rapport de stage de Fin d'Etudes

Pour l'obtention de la

Licence Fondamentale en Sciences de l'Informatique



**Sujet : Développement d'une plateforme de génération
de compte rendu en échographie thyroïdienne**

Élaboré par :
Soutenu le

Oumayma Mtat
**/07/2020

Jury

Président :

Rapporteur :

Encadrant Universitaire :

Mr. Kalti Karim

Année Universitaire 2019/2020

Remerciements

Je souhaite avant tout remercier mon encadrant Mr. **Kalti Karim**, pour sa patience, ses conseils et pour le temps qu'il a consacré à m'apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de ce projet.

Je désire aussi remercier les professeurs de la faculté des sciences de Monastir, qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires.

Je remercie mes parents, mon frère et toute ma famille pour leurs encouragements.

Je remercie en particulier mon cousin **Oussama Ben Hassen**, pour son soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

Un spécial dédicace à mon cher ami **Mahmoud Boughzela**, futur médecin, pour avoir eu la patience de répondre à mes innombrables questions. Je lui souhaite du courage et du succès dans ses études.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements et ma gratitude.

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Présentation.....	3
Introduction	4
1. Cadre général du projet	4
1.1. La glande Thyroïde	4
1.1.1. Définition	4
1.1.2. Fonction.....	4
1.2. Maladies de la thyroïde	5
1.2.1. Les anomalies fonctionnelles.....	5
1.2.2. Les anomalies morphologiques	5
1.3. Examens pour le diagnostic de la thyroïde	6
1.4. Échographie thyroïdienne.....	8
1.4.1. Patient.....	8
1.4.2. Déroulement d'une échographie thyroïdienne.....	8
1.4.3. Étapes d'une échographie thyroïdienne	9
1.5. Nodules.....	10
1.5.1. Définition	10
1.5.2. Objectif d'analyse.....	10
1.5.3. Caractéristiques échographiques	10
1.6. Score Tirads.....	13
1.6.1. Définition	13
1.6.2. ACR- TIRADS	13
1.6.3. Calcul	13
1.7. Compte Rendu.....	16
1.7.1. Contenu	16
1.7.2. Modèle.....	16
2. Etude de l'existant.....	17
3. Solution proposée.....	17
Conclusion.....	17
Chapitre 2 : Analyse et Conception	18
Introduction	19
1. Expression des besoins fonctionnels	19
2. Besoins non-fonctionnels	19
3. Elaboration de diagramme de cas d'utilisation	20
3.1. Présentation des acteurs.....	20
3.2. Diagramme de cas d'utilisation global	20

3.3. Raffinement de cas d'utilisation « Gérer les examens »	21
3.3.1. Diagramme de raffinement	21
3.3.2. Description textuelle.....	22
3.4. Raffinement de cas d'utilisation « Ajouter un examen »	23
3.4.1. Diagramme de raffinement	23
3.4.2. Description textuelle.....	24
4. Diagrammes de séquence	25
4.1. Diagramme de séquence « Ajouter un examen »	25
4.2. Diagramme de séquence « Ajouter un nodule »	26
5. Diagramme de classes	27
5.1. Classes.....	27
5.1. Relations entre classes.....	29
5.2. Elaboration du diagramme	29
Conclusion.....	29
Chapitre 3 : Réalisation	30
Introduction	31
1. Environnement de développement	31
1.1. Environnement matériel	31
1.2. Environnement logiciel	32
1.2.1. Outils de développement	32
1.2.2. Outils de conception UML	32
1.2.3. Système de gestion de base de données.....	32
1.2.4. Plateforme de développement	32
1.3. Langages de programmation	33
1.3.1. Front-end	33
1.3.2. Back-end.....	33
2. Principales interfaces graphiques	34
Conclusion.....	43
Conclusion générale	44

Liste des figures

Figure 1 : glande thyroïde.....	4
Figure 2 : palpation.....	6
Figure 3 : échographie thyroïdienne	6
Figure 4 : La scintigraphie.....	6
Figure 5 : cytoponction.....	7
Figure 6 : Vascularisation.....	9
Figure 7 : suivi de nodule	10
Figure 8 : Échogénicité.....	11
Figure 9 : Composition (Échostructure)	11
Figure 10 : Calcifications	12
Figure 11 : Cartographie.....	12
Figure 12 : ACR TI-RADS.....	15
Figure 13 : Compte rendu.....	16
Figure 14 : diagramme de cas d'utilisation global	20
Figure 15 : diagramme de raffinement de cas d'utilisation « Gérer les examens »	21
Figure 16 : diagramme de raffinement de cas d'utilisation « Ajouter un examen »	23
Figure 17 : diagramme de séquence de cas d'utilisation « Ajouter un examen »	25
Figure 18 : diagramme de séquence du cas d'utilisation « Ajouter un nodule ».....	26
Figure 19 : diagramme de classes.....	29
Figure 20 : Interface d'accueil.....	34
Figure 21 : recherche par date	35
Figure 22 : recherche par patient	35
Figure 23 : recherche par recommandation	35
Figure 24 : alerte de suppression	36

Figure 25 : ajout d'un examen.....	36
Figure 26 : détails d'un examen	37
Figure 27 : saisie du volume.....	38
Figure 28 : saisie d'un détail (exemple : vascularisation)	38
Figure 29 : détail d'un nodule.....	39
Figure 30 : Modification de taille d'un nodule.....	39
Figure 31 : Modification d'un détail d'un nodule (exemple : évolution).....	40
Figure 32 : Ajout d'un nodule	41
Figure 33 : liste des examens précédents.....	42
Figure 34 : Recommandation	42
Figure 35 : compte rendu.....	43

Introduction générale

La télémédecine est une forme de pratique médicale à distance utilisant les technologies de l'information et de la communication pour mettre en relation des patients ou des professionnels de la santé. C'est une autre manière de soigner qui a fait évoluer la médecine pour répondre à des défis tels que le suivi approfondi des maladies chroniques.

Dans ce contexte, on a pensé de concevoir et mettre en place une plateforme qui automatise le suivi de certaines maladies dangereuses tel que le cancer du sein, de la thyroïde etc. Cette plateforme doit avoir un grand nombre de données sur les patients dans le but de prédiction de ces maladies et donc de lutter contre.

Ce projet s'intègre, en particulier, dans le domaine de la téléradiologie, qui signifie l'exercice à distance de la médecine radiologique. C'est l'une des applications de télémédecine présentant une des solutions au manque de praticiens radiologues dans certains territoires.

La téléradiologie ou téléimagerie médicale comprend principalement le télédiagnostic, qui consiste à organiser à distance et sous contrôle la réalisation d'un examen d'imagerie puis de l'interpréter et de rendre compte de son résultat ; et la téléexpertise, qui permet à un professionnel médical de solliciter à distance l'avis d'un ou de plusieurs professionnels médicaux pour la prise en charge d'un patient.

Pour ce projet de fin d'étude, on va s'intéresser à un type spécifique d'examen, l'examen échographique de la thyroïde appelé aussi échographie thyroïdienne. Le but de ce projet est donc de développer une application web qui permet à un radiologue d'entrer les résultats des examens de l'échographie thyroïdienne d'un patient pour lui générer automatiquement le compte rendu correspondant.

Cette application permet aussi de consulter tous les examens effectués auparavant pour tous les patients, ainsi que la possibilité de modification ou de suppression en cas de besoin.

Le présent rapport synthétise tout le travail effectué durant ce projet. Il sera organisé en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré pour présenter le projet.

Le deuxième chapitre aborde la phase d'analyse qui va dégager les besoins fonctionnelles et non fonctionnelles du projet. Ainsi on propose par rapport à cela une conception de la solution à proposer.

Le troisième chapitre décrit l'environnement de développement et détaille les différentes étapes de la mise en œuvre.

Finalement, on clôture le rapport par une conclusion qui offre une synthèse sur le travail réalisé.

Chapitre 1 : Présentation

Introduction

Ce présent chapitre constitue une étape préliminaire pour l'étude et le développement d'une application web. Cette première partie sera réservée pour présenter une analyse préalable du projet.

1. Cadre général du projet

1.1. La glande Thyroïde

1.1.1. Définition

La thyroïde est une petite glande de quelques dizaines de grammes située à la base du cou, en avant de la trachée, au niveau du larynx. Ce petit organe est formé de deux lobes reliés ensemble par un isthme.

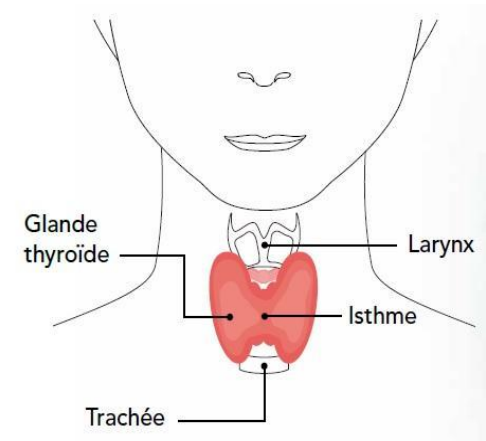


Figure 1 : glande thyroïde

1.1.2. Fonction

La glande thyroïde a pour fonction de sécréter des hormones thyroïdiennes indispensables au bon fonctionnement des métabolismes du corps.

Elle synthétise et sécrète de la thyroxine (ou tétraïodothyronine, T4) et de la triiodothyronine (T3), hormones impliquées dans la régulation de la plupart des métabolismes de l'organisme.

La sécrétion de ces hormones est régulée par une hormone hypophysaire, la thyroïdostimuline (TSH), sécrétée par une glande située à la face inférieure du cerveau.

Mais elle connaît un certain nombre de dysfonctionnements qui ont de multiples répercussions sur la santé : sur la peau, la température du corps, le cœur, l'humeur, le poids, le système digestif.

1.2. Maladies de la thyroïde

Les maladies touchant la thyroïde peuvent être séparées en deux grands groupes :

1.2.1. Les anomalies fonctionnelles

- L'hyperthyroïdie : est définie par la sécrétion d'une trop grande quantité d'hormones thyroïdiennes dans l'organisme. Elle est souvent déclenchée par un stress important.
- L'hypothyroïdie : est moins fréquente. Elle se caractérise par une diminution du fonctionnement de cette glande. Elle touche souvent des gens qui ont plus de 50 ans.

1.2.2. Les anomalies morphologiques

- Le nodule thyroïdien : est une grosseur qui se forme dans la thyroïde.
- Le goitre : est une augmentation du volume de la thyroïde.
- Les cancers de la thyroïde : une tumeur maligne qui prend naissance dans les cellules de la thyroïde

1.3. Examens pour le diagnostic de la thyroïde

- Le premier examen ,le plus simple et le plus direct, pour explorer ce petit organe est la palpation pour dépister un goitre et des nodules . Lors de la palpation du nodule au moment de l'auscultation, le médecin ne peut pas distinguer des nodules bénins ou malins.



Figure 2 : palpation

Différents examens médicaux sont donc nécessaires pour déterminer l'origine du nodule et la prise en charge la plus adaptée :

- L'échographie : réalisée en passant une sonde à ultrasons sur le cou, permet de visualiser la thyroïde, les nodules (kystes). Le médecin peut ainsi évaluer un risque de nodule cancéreux, en se basant sur plusieurs critères : la présence ou non de microcalcifications (dépôts de calcium), des contours réguliers ou irréguliers du nodule, la vascularisation du nodule, l'état des ganglions lymphatiques dans la région cervicale.

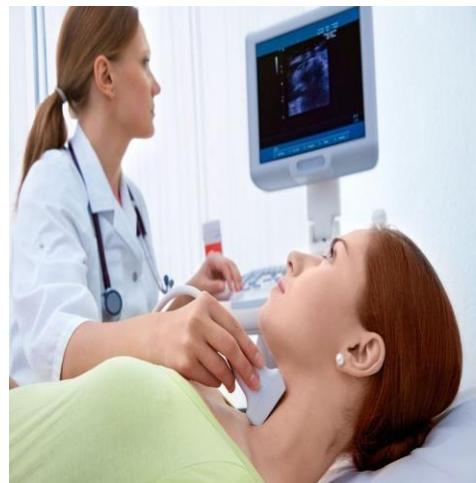


Figure 3 : échographie thyroïdienne

- La scintigraphie : permet, après ingestion d'une très faible dose d'iode radioactive ou de technétium radioactif, de déterminer au moyen d'une caméra si un nodule thyroïdien sécrète (nodule "chaud", presque toujours bénin, qui apparaît foncé à l'image) ou non (nodule "froid") des hormones thyroïdiennes.



Figure 4 : La scintigraphie

- La ponction (cytoponction) à l'aiguille fine, peu douloureuse, qui permettra de prélever quelques cellules de tissu thyroïdien pour en faire l'analyse et de repérer ainsi avec une grande précision les nodules cancéreux, qui devront être opérés.



Figure 5 : cytoponction

- Enfin, les dosages hormonaux sont réalisés chaque fois que l'on suspecte une anomalie de fonctionnement de la thyroïde mais aussi pour surveiller les effets des traitements.

1.4. Échographie thyroïdienne

Pour réaliser une échographie thyroïdienne, le médecin doit avoir certaines informations sur le patient.

1.4.1. Patient

Un patient est une personne qui subit une intervention chirurgicale ou suit un traitement médical. Parmi les informations qu'il faut savoir sur un patient, on trouve le sexe et l'âge vu leurs influences sur les résultats des examens.

En fait, l'hyperthyroïdie touche plus souvent les femmes que les hommes. Ainsi que la fréquence des nodules augmente avec l'âge : Comme tous les organes, la thyroïde vieillit et les troubles deviennent plus fréquents avec l'âge. Après 60 ans, 10 à 15 % de la population sont touchés par l'hypothyroïdie, et 1 à 3 % par une hyperthyroïdie.

1.4.2. Déroulement d'une échographie thyroïdienne

Avant l'examen, le médecin s'informerait du taux de TSH du patient (la TSH est une hormone hypophysaire régulant la thyroïde).

Le patient est invité à se placer en décubitus dorsal (allongé sur le dos). L'examen est assez rapide, il dure une quinzaine de minutes. Le praticien utilise un gel qu'il dépose sur la peau afin de permettre le contact avec la sonde. Il fait ensuite glisser la sonde afin de pouvoir analyser les différentes parties de la glande thyroïde.

Un examen échographique se compose de plusieurs étapes systématiques.

1.4.3. Étapes d'une échographie thyroïdienne

- Il s'agit dans un premier temps d'enregistrer les éléments anatomo-morphologiques standards :
 - Volume thyroïdien : pour chaque lobe le volume V (en cm³) peut être estimé à partir de la hauteur (h), largeur (l) épaisseur (e) selon la formule : $V = h * l * e * 0.5$. Les dimensions normales d'un lobe chez l'adulte sont ~ h=5cm, l=2cm, e=2cm.
 - Echogénicité glandulaire
 - Vascularisation : La thyroïde est un organe richement vascularisé.
 - Absente (avasculaire)
 - Prédominance périphérique : diminue le risque de carcinome folliculaire
 - Mixte
 - Prédominance centrale : augmente un peu le risque de malignité

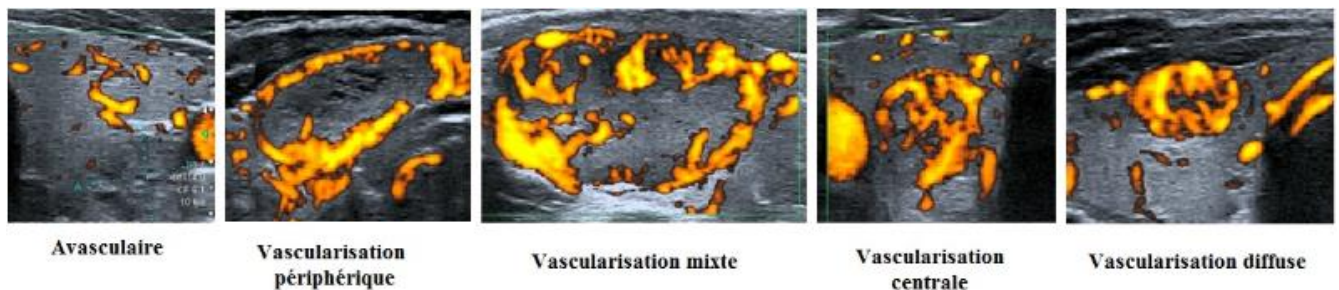


Figure 6 : Vascularisation

- Ensuite, la description d'un nodule requiert une analyse basée sur l'analyse de sa forme, de ses contours et de son contenu et d'autres caractéristiques.
- Enfin, l'examen est complété par une analyse des aires ganglionnaires cervicales bilatérales, qui sera obligatoire dès lors qu'un nodule est détecté, ainsi qu'une étude du tractus thyroïdien.

1.5. Nodules

1.5.1. Définition

Un nodule thyroïdien est une masse de petite taille située au sein de la glande thyroïde, isolée ou multiple, le plus souvent bénin mais pouvant parfois être révélateur d'un cancer de la thyroïde.

1.5.2. Objectif d'analyse

L'analyse des caractéristiques échographiques du nodule a pour objectif de nous orienter tant sur sa nature que sur la nécessité de pratiquer des examens complémentaires (cytoponction, scintigraphie).

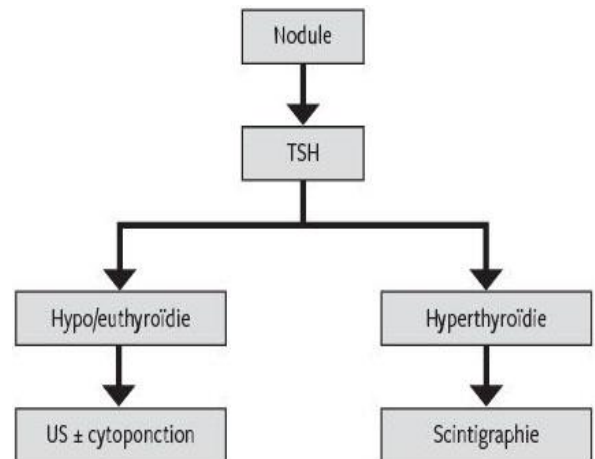


Figure 7 : suivi de nodule

1.5.3. Caractéristiques échographiques

- Taille : mesure des 3 diamètres (antéropostérieur, transversal, longitudinal) sur deux coupes perpendiculaires
- Localisation : l'échographie permet de localiser avec précision la position du nodule dans le lobe ou dans l'isthme
- Forme : classiquement rond ou ovale, il faut signaler si le nodule est plus épais que large (diamètre antéropostérieur supérieur au diamètre transversal).
- Contours : les contours du nodule qui peuvent être nets, flous ou festonnés (nets mais irréguliers).
- Foyer échogène intra cardiaque : se réfère à la présence d'une zone anormale et hyperéchogène intra cardiaque

- Échogénicité : Elle concerne les nodules solides et mixtes. Un nodule peut être hypo, iso ou hyperéchogène.

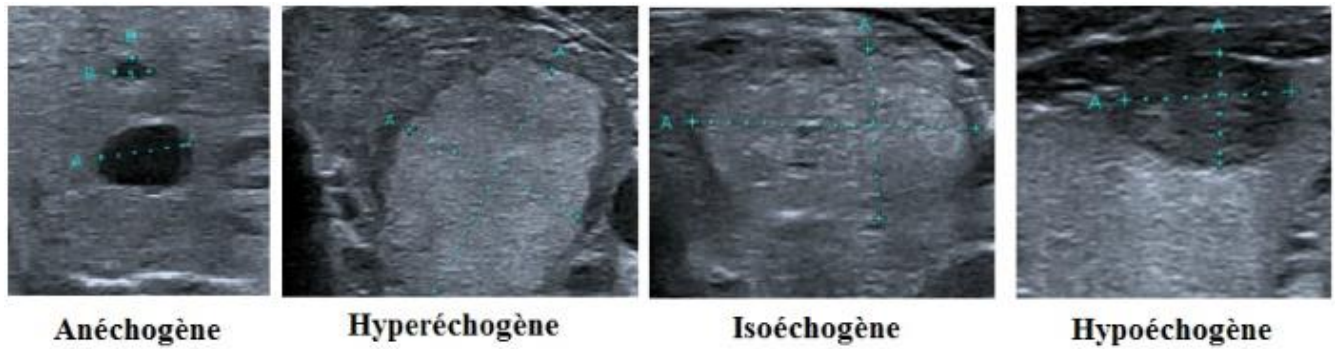


Figure 8 : Échogénicité

- Composition (Échostructure) : Un nodule peut être solide, liquide ou mixte.

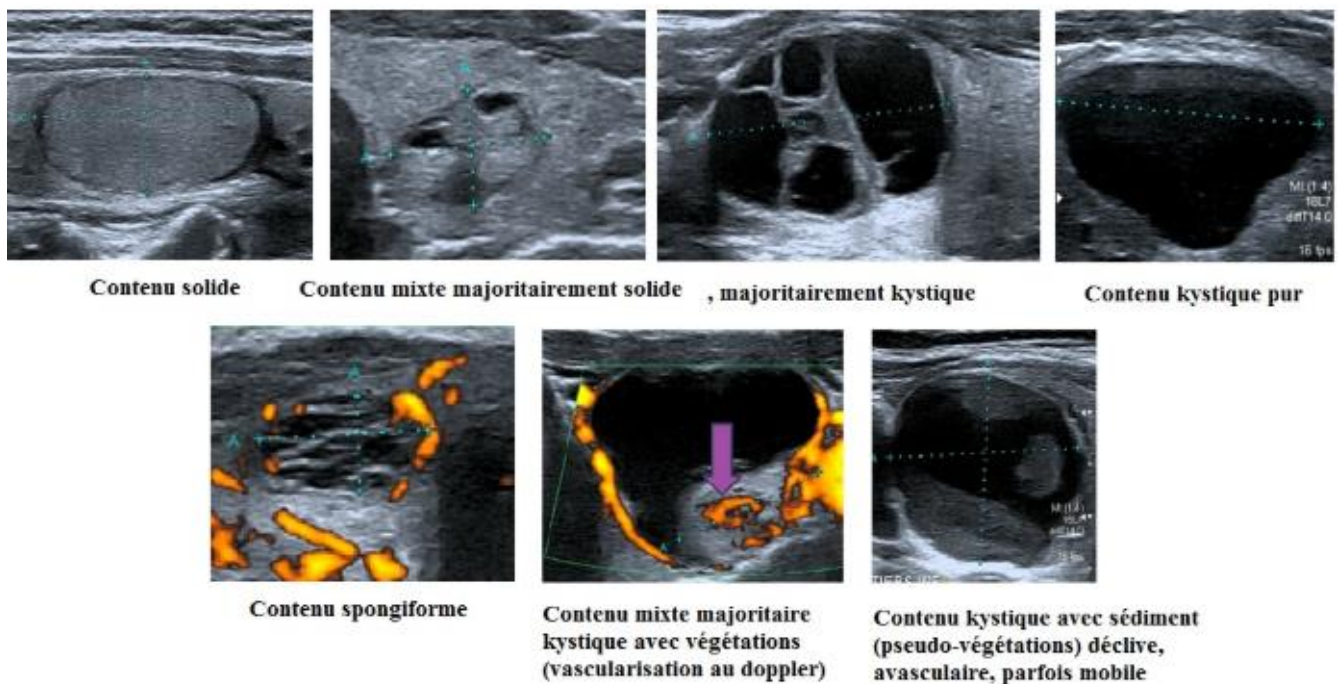


Figure 9 : Composition (Échostructure)

- Calcifications : Elles sont très hyperéchogènes et génèrent lorsqu'elles sont suffisamment volumineuses, un cône d'ombre acoustique postérieur qui peut empêcher la mesure antéro-postérieure du nodule. On distingue :
 - Les macro-calcifications périphériques en « coquille d'œuf ».
 - Les macro-calcifications intra nodulaires.
 - Les microcalcifications plus ou moins diffuses au sein du nodule, et qui n'occasionnent pas de cône d'ombre.

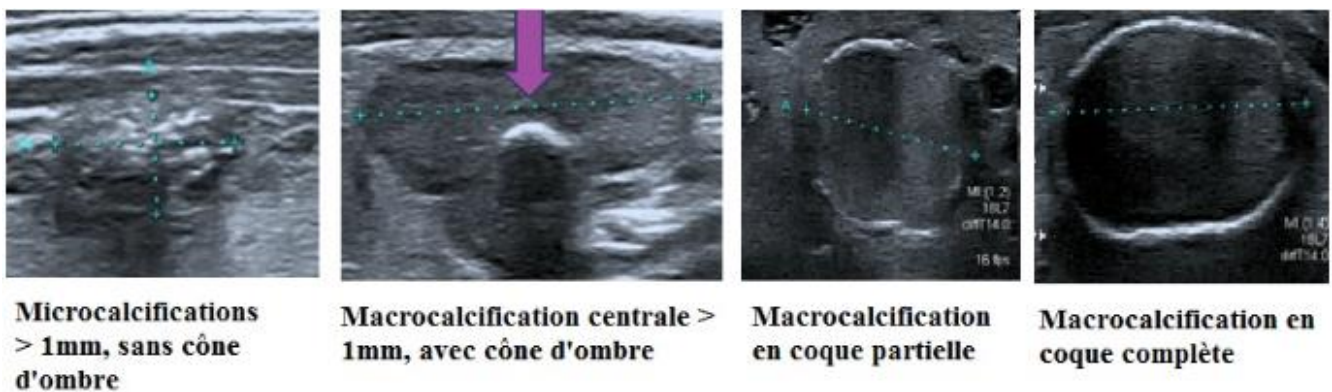


Figure 10 : Calcifications

- Schéma de repérage (Cartographie) :

Le schéma de repérage est obligatoire. C'est un élément indispensable à la surveillance d'une thyroïde multinodulaire. Le schéma comporte une vue anatomique de face et une de profil de chaque lobe ; il sera modifiable en fonction de l'évolution du nodule et de l'apparition de nouveau nodule. Chaque nodule est numéroté. Ce numéro est repris lors des examens ultérieurs. Son numéro ne doit jamais être changé. Si un nodule disparaît, son numéro n'est pas réattribué.

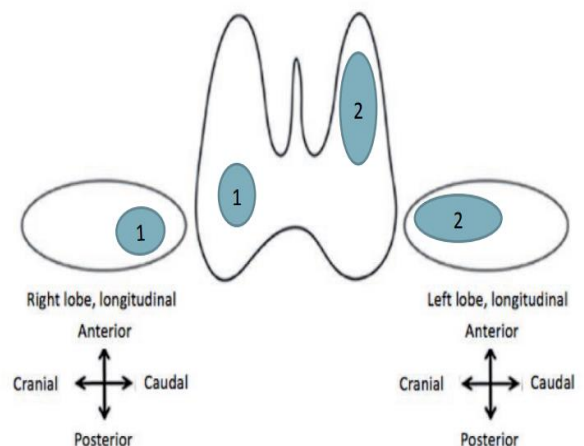


Figure 11 : Cartographie

- Score Tirads : Les nodules sont actuellement classés à l'échographie selon la classification TIRADS en catégories selon le risque de malignité.

1.6. Score Tirads

1.6.1. Définition

TI-RADS (Thyroid Imaging Reporting And Data System) : un système international de classification des nodules thyroïdiens, qui sert à diminuer les biopsies inutiles et homogénéiser les descriptions et conduites à tenir face à un nodule de la thyroïde.

Il comporte un atlas lexical d'imagerie, un vocabulaire standardisé, un modèle de compte rendu et des catégories d'évaluation des nodules permettant ensuite de les classer selon le degré de suspicion (de normal à malin).

1.6.2. ACR- TIRADS

Des études comparatives montrent que le système ACR- TIRADS avait les performances globales les plus élevées, entraînant des taux inférieurs d'aspiration inutile à l'aiguille fine.

ACR- TIRADS (American College of Radiology) a été publié en 2017- précédé de K-TIRADS (Corée du sud,2017) et suivi d'EU-TIRADS (Europe,2017) - se fonde sur l'analyse pondérée des signes.

1.6.3. Calcul

Un score est attribué dans chacune des catégories de résultats d'échographie. Plus le score cumulé est élevé, plus le niveau TI-RADS et la probabilité de malignité sont élevés :

- Composition du nodule
 - Kystique ou majoritairement kystique (0 pt)
 - Spongiforme (0 pt)
 - Mixte (solide et kystique) (1 pt)
 - Solide ou majoritairement solide (2 pt)
 - Indéterminé à cause des macro-calcifications (2 pt)

- Echogénicité du nodule
 - Anéchogène (0 pt)
 - Iso échogène ou hyper (1 pt)
 - Hypoéchogène (2 pt)
 - Très hypoéchogène (3 pt)
 - Indéterminable (1 pt)
- Forme du nodule
 - Plus long qu'épais (0 pt)
 - Plus épais que long (3 pt)
- Contours du nodule
 - Lisses (0 pt)
 - Mal définis (0 pt)
 - Lobulés ou irréguliers (2 pt)
 - Dépassant le plan de la thyroïde (3 pt)
 - Indéterminables (0 pt)
- Autres caractéristiques
 - Microcalcifications (1 pt)
 - Calcifications périphériques (2 pt)
 - Focus hyperéchogène ponctiforme (3 pt)

Le système fournit des recommandations sur le moment d'utiliser l'aspiration à l'aiguille fine (FNA) ou le suivi échographique des nodules suspects, et quand laisser en toute sécurité les nodules bénins / non suspects.

- TR1 (0 point) : bénin, aucun FNA requis
- TR2 (2 points) : pas suspect, aucun FNA requis
- TR3 (3 points) : légèrement suspect, suivi $\geq 1,5$ cm, $\geq 2,5$ cm FNA
- TR4 (4-6 points) : modérément suspect, suivi $\geq 1,0$ cm, $\geq 1,5$ cm FNA
- TR5 (≥ 7 points) : très suspect, suivi $\geq 0,5$ cm, $\geq 1,0$ cm FNA

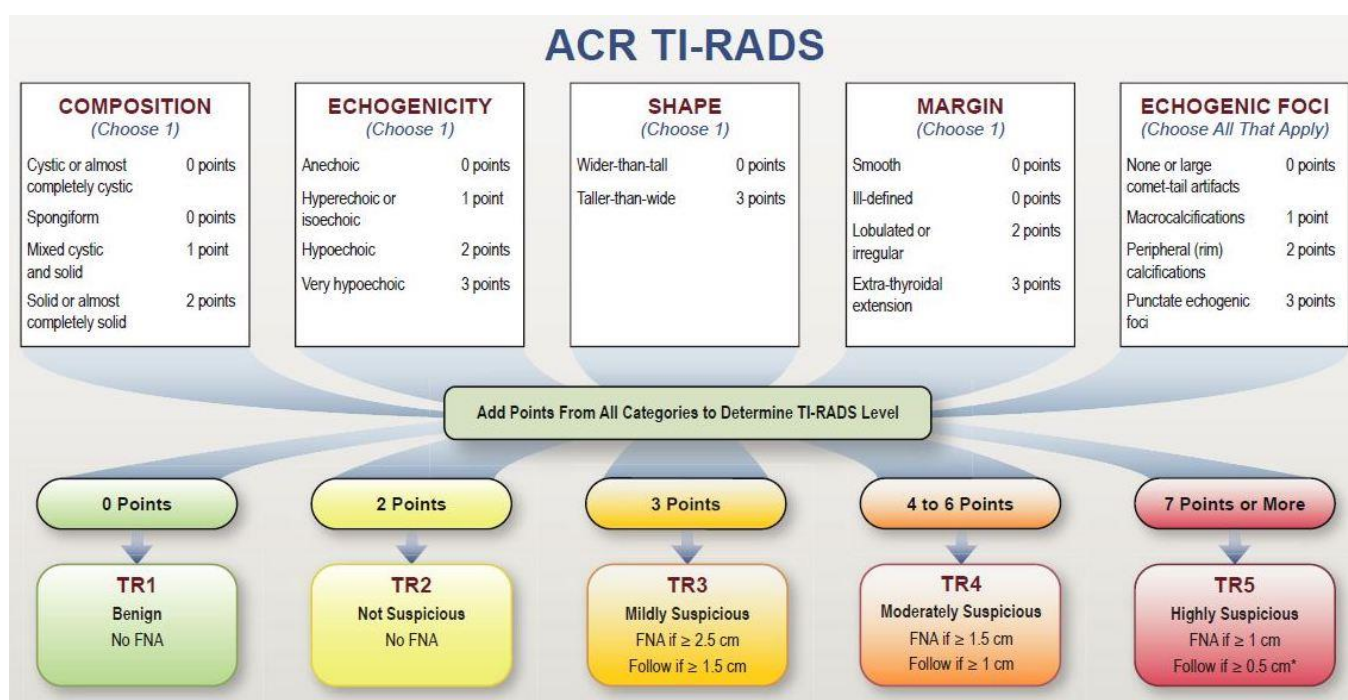


Figure 12 : ACR TI-RADS

La biopsie FNA (l'aspiration à l'aiguille fine) est recommandée pour les lésions suspectes (TR3-TR5) avec les critères de taille ci-dessus. S'il y a plusieurs nodules, les deux avec les scores ACR TI-RADS les plus élevés doivent être échantillonnés (plutôt que les deux plus grands), la plus grande taille étant utilisée comme bris d'égalité s'il existe plusieurs nodules de la même classification.

1.7. Compte Rendu

1.7.1. Contenu

Les informations clés qui doivent figurer dans un compte rendu d'échographie thyroïdienne ont été publiées dans les recommandations de l'ANDEM (Agence nationale pour le développement de l'évaluation médicale, en France).

Les résultats précisent les trois dimensions de chaque lobe et l'épaisseur de l'isthme et décrivent chaque nodule identifié ainsi que l'aspect du parenchyme adjacent, les chaînes ganglionnaires et le retentissement trachéal. Un schéma récapitulatif est indispensable. La conclusion doit être un résumé descriptif synthétique.

1.7.2. Modèle

Le compte rendu est bien structuré et standardisé selon le modèle suivant :

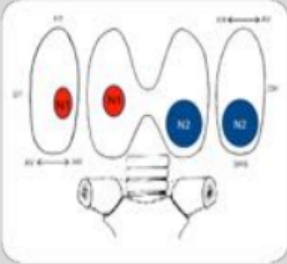
COMPTE-RENDU STANDARDISÉ	
MOTIF DE L'EXAMEN	
	<ul style="list-style-type: none">• Histoire clinique et biologique, dont ancienneté• Résultats des examens précédents• Antécédents familiaux de cancer thyroïdien ou personnel d'irradiation cervicale dans l'enfance
TECHNIQUE	
	<ul style="list-style-type: none">• Equipement : type de sonde et date de mise en service de l'appareil• Difficultés particulières liées au patient
RESULTATS	
<ul style="list-style-type: none">• Volume thyroïdien• Echogénicité glandulaire et vascularisation• Nodules<ul style="list-style-type: none">• Localisation, taille avec 3 diamètres et caractéristiques• Score EU-TIRADS• Numérotés et dessinés sur un schéma• Evolution• Etude des ganglions (secteurs II, III, IV, VI) et du tractus thyroglosse	
CONCLUSION	
	<ul style="list-style-type: none">• Thyroïde de taille normale ou goitre, importance et retentissement• Appréciation du score EU-TIRADS des nodules et de leur évolution• Conseil de conduite à tenir en particulier cytoponction ou rythme de surveillance

Figure 13 : Compte rendu

Il est composé de 4 parties :

- Le paragraphe motif de l'examen est fondamental pour bien comprendre le dossier et le but de l'examen. Par ailleurs il est important d'avoir les données des examens d'imagerie antérieurs (« Résultats des examens précédents ») pour contrôler l'évolution des nodules et des maladies en général ; et aussi car ces données peuvent influencer sur la conduite de l'examen courant.
- Techniques : on indique les sondes et modes utilisés.
- Résultats : le corps du Compte Rendu dont on trouve toutes les informations nécessaires sur la thyroïde et chacune des nodules.
- La conclusion du rapport d'échographie devra faire état des lésions détectées en tentant de leur attribuer un score selon la classification TI-RADS afin de déterminer un score de malignité et l'intérêt de la réalisation d'une cytoponction complémentaire.

2. Etude de l'existant

Actuellement, il n'existe pas une telle plateforme en Tunisie. Tout se déroule d'une manière traditionnelle : le radiologue rédige le compte-rendu, en utilisant des outils comme « Word » ou même manuellement dans certaines régions, après avoir effectué un examen de la thyroïde. Rien n'est automatisé, ni standardisé.

3. Solution proposée

On propose donc de mettre en place un système qui calcule le score ACR-TIRADS et évalue toutes les informations nécessaires tel que les caractéristiques échographiques de la thyroïde et des nodules trouvées, les caractéristiques d'un patient et les résultats des anciens examens afin de prendre la décision de la conduite à tenir et ainsi générer automatiquement le compte rendu correspondant à l'échographie réalisée.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'avoir une vision plus claire sur le sujet. On peut donc aborder l'étape d'analyse et de conception.

Chapitre 2 : Analyse et Conception

Introduction

La spécification des besoins constitue la phase de départ de toute application à développer dans laquelle on identifie les besoins du client. On distingue des besoins fonctionnels et non fonctionnels. Les besoins fonctionnels présentent les services attendues, primordiales de l'application. Les besoins non fonctionnels sont de second lieu. Un classement des besoins permet d'éviter le développement d'une application non satisfaisante, de trouver un accord commun entre les spécialistes et les utilisateurs pour réussir le projet.

1. Expression des besoins fonctionnels

Les besoins fonctionnels listent les opérations à satisfaire dans l'application. Ce sont des besoins spécifiant les comportements du système. On les a identifiés comme suit :

- Consulter la liste des examens : le radiologue peut consulter la liste de tous les examens pour tous ses patients.
- Ajouter un examen : le radiologue peut entrer les données pour un nouvel examen.
- Consulter un examen : le radiologue peut consulter un examen pour voir tous ses détails.
- Afficher le compte rendu : le radiologue peut consulter le compte rendu d'un examen spécifique, le modifier si nécessaire et ensuite l'imprimer
- Supprimer un examen : le radiologue peut supprimer un examen, en cas de besoin.

2. Besoins non-fonctionnels

Ce sont des besoins optionnels qui sont liés à l'implémentation et à l'interopérabilité générale de l'application. Les principaux besoins non fonctionnels se résument dans ces points :

- L'utilisabilité : les interfaces doivent être claires pour faciliter le travail des médecins.
- Le code : doit être clair pour permettre des futures évolutions ou améliorations.
- La sécurité : pour pouvoir accéder aux interfaces du système chaque utilisateur doit saisir son login et son mot de passe.

3. Elaboration de diagramme de cas d'utilisation

3.1. Présentation des acteurs

Un acteur est une entité (personne, système, etc.) qui interagit directement avec le système.

Pour ce système les acteurs sont :

- Le radiologue : qui va utiliser la plateforme (gestion des patients et des examens)
- L'administrateur : qui va s'occuper des visiteurs de la plateforme (gestion des comptes)

3.2. Diagramme de cas d'utilisation global

Ce diagramme regroupe tous les cas d'utilisation de base pour avoir une vue globale du fonctionnement de l'application.

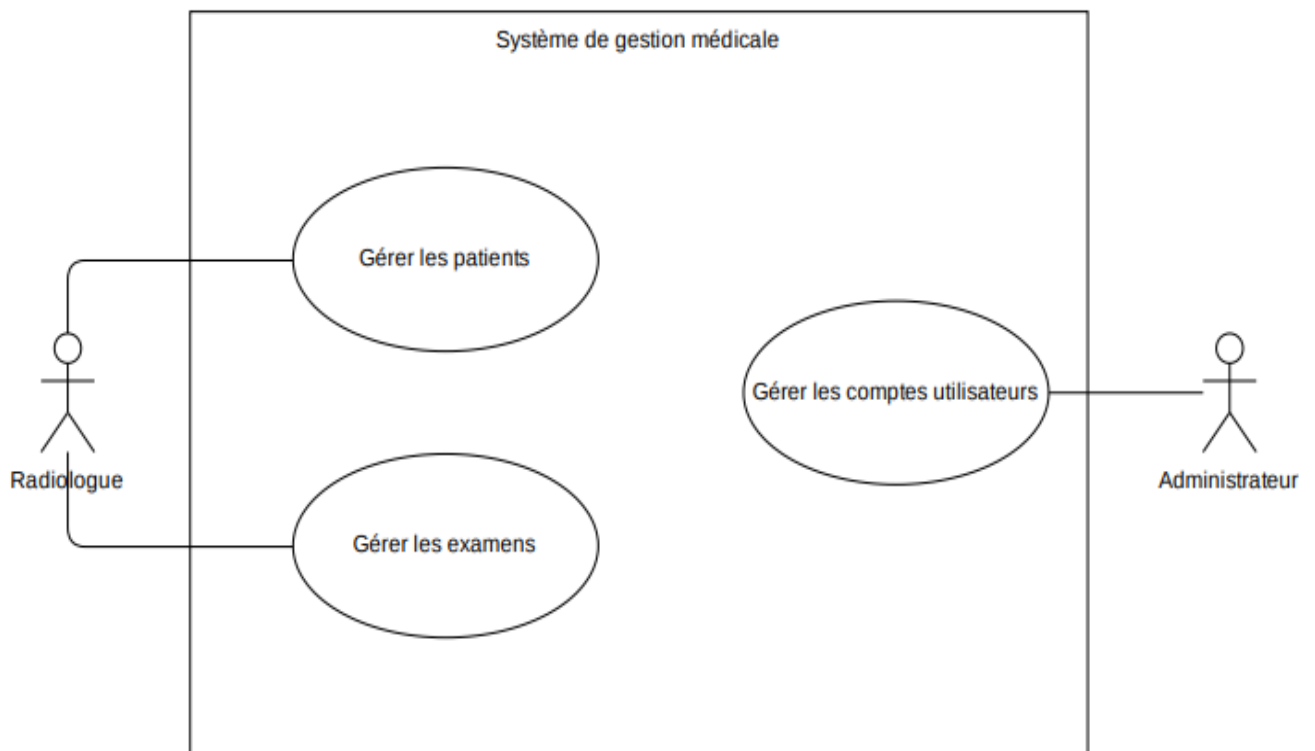


Figure 14 : diagramme de cas d'utilisation global

3.3. Raffinement de cas d'utilisation « Gérer les examens »

Le cas d'utilisation « Gérer les examens » est le cas d'utilisation primordial pour ce projet, pour cela on va l'étudier avec détails.

3.3.1. Diagramme de raffinement

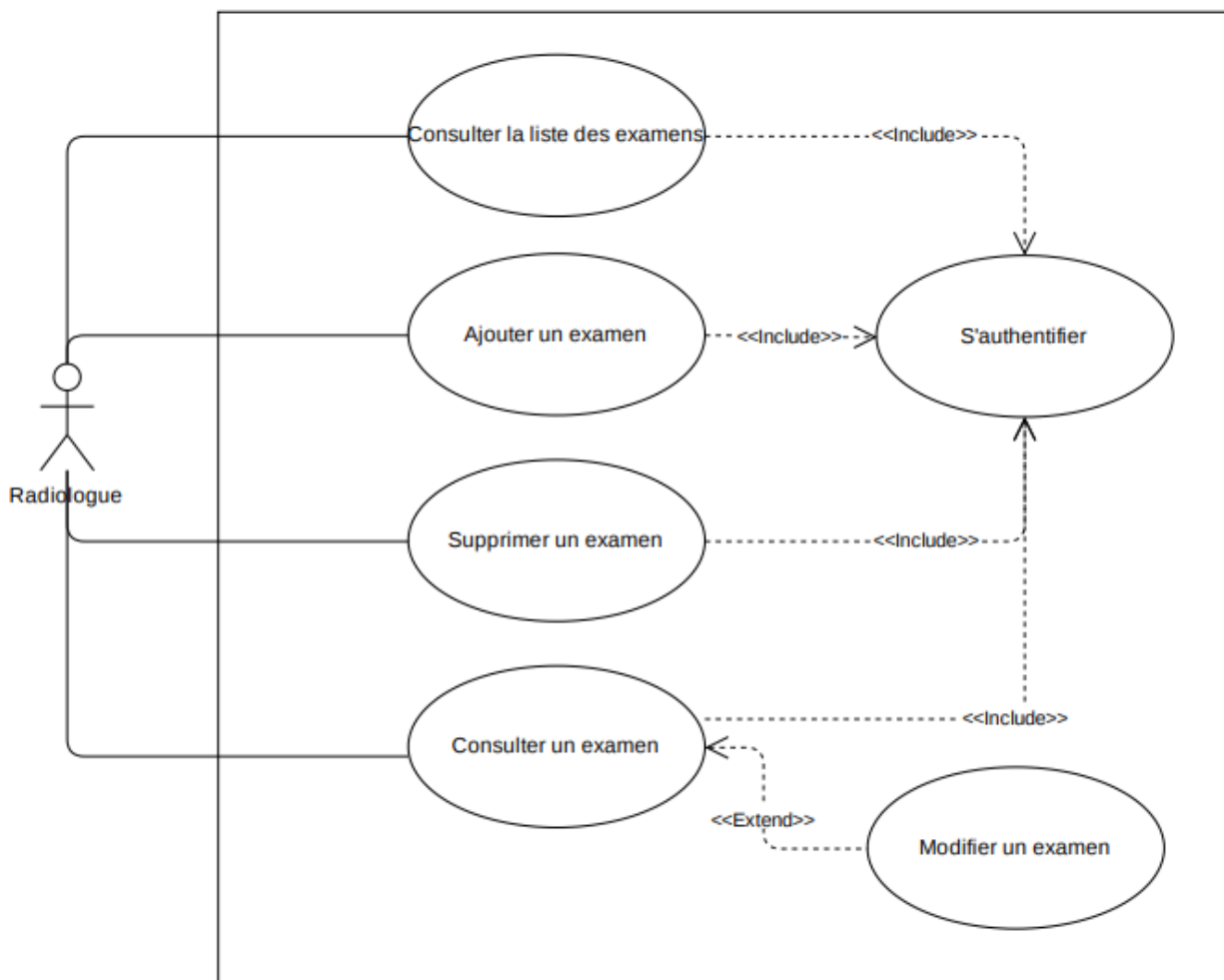


Figure 15 : diagramme de raffinement de cas d'utilisation « Gérer les examens »

3.3.2. Description textuelle

- Acteur : radiologue
- Précondition : le radiologue doit tout d'abord s'authentifier
- Postcondition : S'il y a des modifications concernant les examens elles sont enregistrées dans la base de données
- Scénario nominal :
 - Le système affiche la liste des examens
 - Le radiologue peut ajouter un nouvel examen
 - Le radiologue peut supprimer un examen
 - Le radiologue peut modifier un examen se trouvant dans la liste affichée : il saisit les nouvelles données et le système enregistre les nouvelles données
- Exception : un message d'erreur est affiché le cas échéant

3.4. Raffinement de cas d'utilisation « Ajouter un examen »

Le cas d'utilisation « Ajouter un examen » comporte des fonctionnalités diverses dans l'application, à cet égard on va aller plus dans les détails.

3.4.1. Diagramme de raffinement

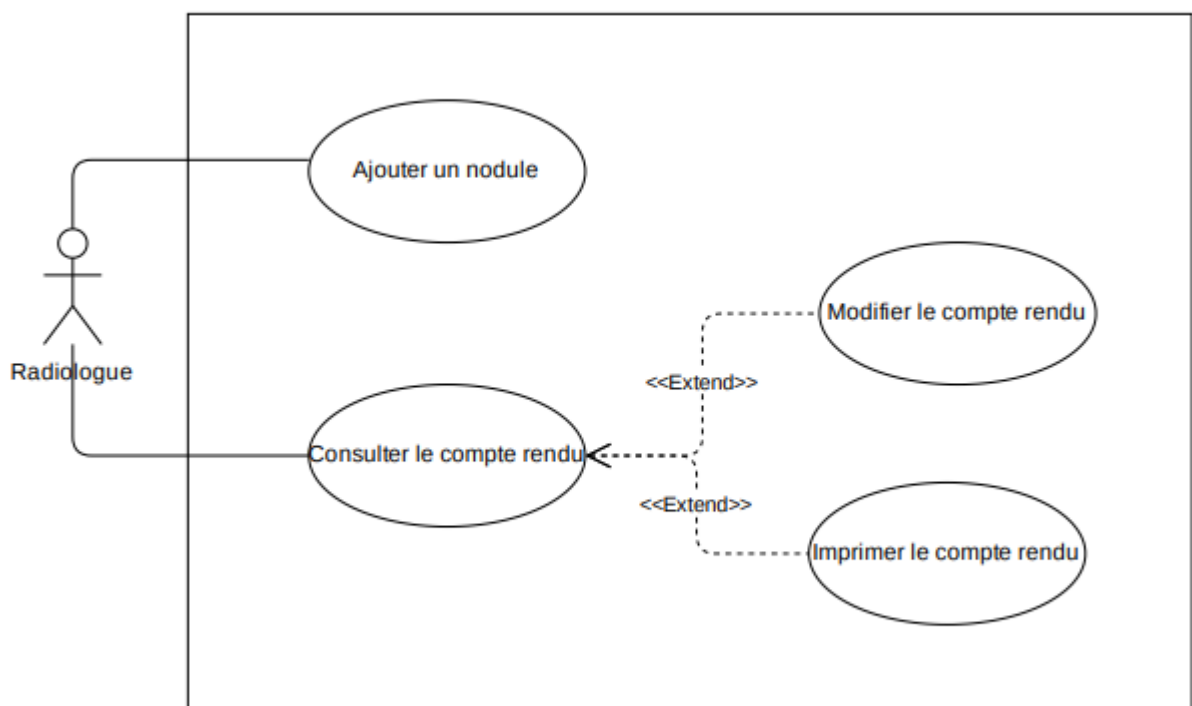


Figure 16 : diagramme de raffinement de cas d'utilisation « Ajouter un examen »

3.4.2. Description textuelle

- Acteur : radiologue
- Précondition : le radiologue doit choisir le patient concerné par l'examen
- Postcondition : les données du nouvel examen et des nodules seront enregistrées dans la base de données
- Scénario nominal :
 - Le radiologue entre les données de l'examen
 - Le radiologue entre les données de chacune des nodules, si trouvé
 - Le radiologue consulte les comptes rendus des examens précédents, s'il y en a
 - Le radiologue rédige la recommandation finale de l'examen
 - Le système génère le compte rendu en tenant compte de toutes les informations entrées
 - Le radiologue consulte le compte rendu, le modifie s'il lui convient
 - Le radiologue peut afficher le compte rendu en format PDF et l'imprimer
- Exception : un message d'erreur est affiché le cas échéant

4. Diagrammes de séquence

Dans cette section, on va présenter le comportement de certains cas d'utilisation par des diagrammes de séquences.

4.1. Diagramme de séquence « Ajouter un examen »

Le radiologue demande d'ajouter un examen, le système lui affiche la liste des patients. Il choisit donc le nom du patient s'il figure dans la liste ou bien il ajoute un nouveau patient. Puis il entre les données de l'examen en détail.

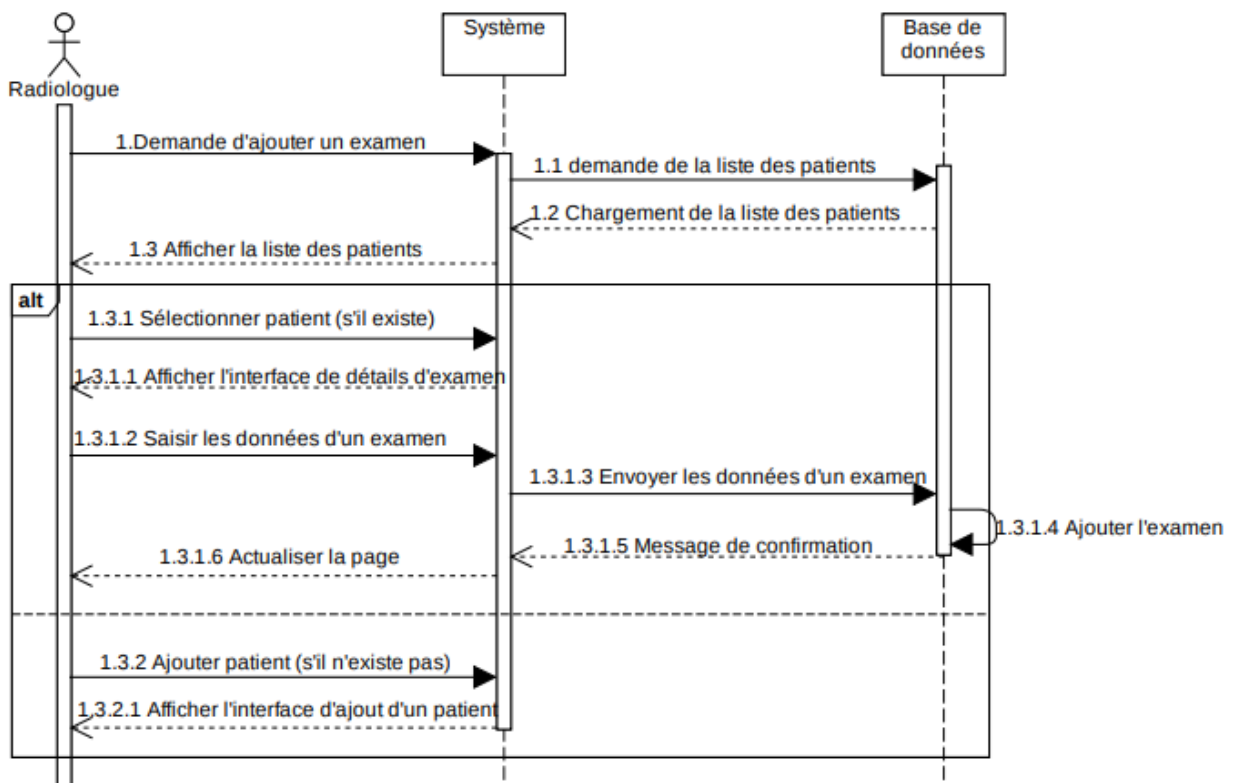


Figure 17 : diagramme de séquence de cas d'utilisation « Ajouter un examen »

4.2. Diagramme de séquence « Ajouter un nodule »

Le radiologue demande d'ajouter un nodule, le système doit vérifier que l'examen associée existe dans la base de données pour effectuer l'insertion du nodule et il envoie un message d'erreur le cas échéant.

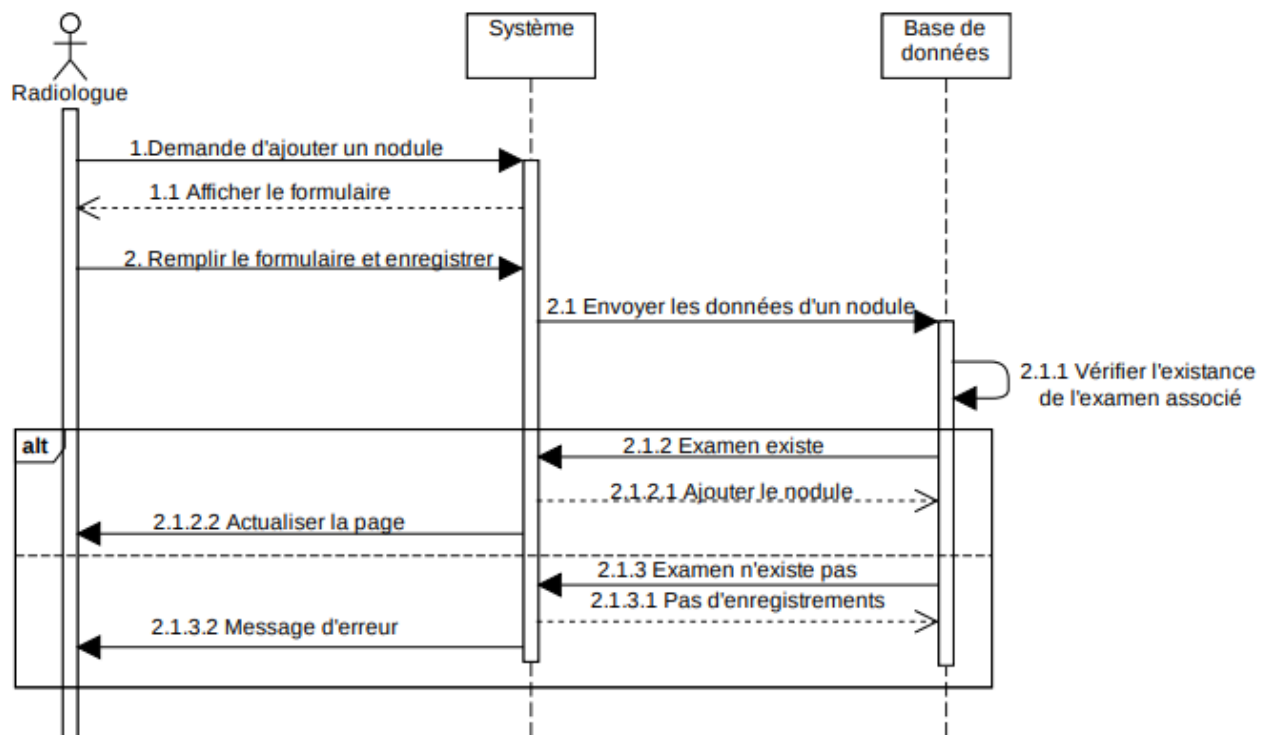


Figure 18 : diagramme de séquence du cas d'utilisation « Ajouter un nodule »

5. Diagramme de classes

Ce diagramme va décrire clairement la structure du système en modélisant chacune des classes avec leurs attributs et opérations et les relations entre eux.

5.1. Classes

- **Patient** : classe qui modélise un patient
 - IdPatient :Identifiant du patient
 - CodePatient : Code du patient
 - FirstNamePatient : Prénom
 - MidennamePatient : Nom de jeune fille
 - LastNamePatient : Nom
 - DateOfBirth : Date de naissance du patient
 - PhonePatient : Téléphone
 - AdressPatient : Adresse du patient
 - CityPatient : Ville du patient
 - CountryPatient : Pays du patient
 - SexPatient : Genre

- **Study** : classe qui modélise un examen médical
 - IdStudy:Identifiant de l'examen
 - IdPatient: Identifiant du patient
 - IdRadiologist:Identifiant du radiologue
 - TypeofStudy:Type d'examen effectué
 - DateStudy : Date de l'examen

- **StudyThyroid** : classe qui modélise un examen de thyroïde
 - IdStudyThyroid : Identifiant de l'examen
 - Volume : Le volume
 - Vascularization: La vascularisation
 - Echogenicity : L'Échogénicité glandulaire
 - LymphNodeUltra: Étude de l'état des ganglions lymphatiques
 - ThyroglossalTractStudy : Étude du tractus thyroïdienne
 - Recommendation: Conseil de conduite à tenir

- **Nodule** : classe qui modélise un nodule
 - IdNodule:Identifiant du nodule
 - IdStudy : Examen associée
 - Size : Taille de nodule
 - Location : Localisation
 - Shape : Forme
 - Margin : Contours
 - Echogenicity : Échogénicité
 - Composition : Échostructure (Composition)
 - EchogenicFoci : Foyer échogène intra cardiaque
 - Calcifications : type de calcifications, pour les nodules calcifiés
 - ExtraThyroidExtension : Extension extra thyroïdienne
 - Cartography : Cartographie nodulaire
 - Evolution : Évolution du nodule d'un examen à l'autre
 - ScoreTIRADS : Score TIRADS

5.1. Relations entre classes

- Un patient peut passer plusieurs examens.
- Un examen est associé à une seule personne.
- Un examen thyroïde est un type d'examen médicale (spécification).
- Un examen thyroïde peut contenir plusieurs nodules.
- Un nodule est associé à un examen unique.

5.2. Elaboration du diagramme

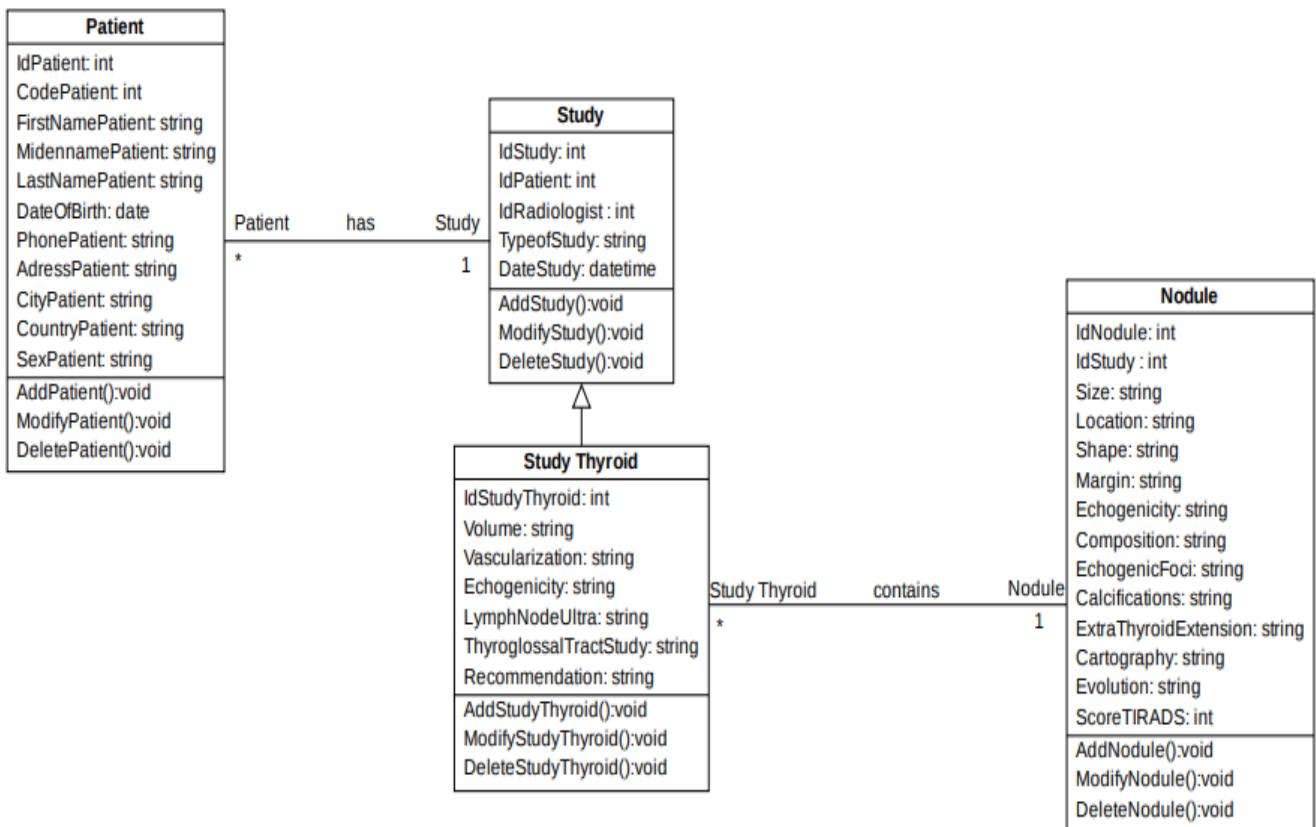


Figure 19 : diagramme de classes

Conclusion

Dans ce chapitre on a mis en évidence les besoins de l'application ce qui a permis de mieux éclaircir les étapes à développer. Cette étape prépare à la phase du développement et réalisation qui fera l'objet du prochain chapitre.

Chapitre 3 : Réalisation

Introduction

Dans ce chapitre on représente le dernier volet de ce rapport, il sera consacré à l'implémentation du système. On commence par la présentation des ressources matérielles et logicielles utilisées. On représentera ensuite des captures d'écran des interfaces développées.

1. Environnement de développement

Dans cette partie, on s'intéresse à l'étude de l'environnement technique qui a été disponible pour la réalisation du projet. Ensuite, on justifie les choix pris en matière d'environnement logiciel pour mener à terme la partie applicative.

1.1. Environnement matériel

Pendant les différentes phases du projet, on a disposé d'un PC ayant ces caractéristiques :

- **Marque** : Asus
- **Processeur** : Intel (R) Core (TM) i5-8265U CPU @ 1.60 GHz, 1.80 GHz
- **RAM** : 8 Go
- **Disque Dur** : 1 To
- **Système d'exploitation** : Windows 10 Edition Famille langue unique

1.2. Environnement logiciel

La mise en œuvre de la plateforme a nécessité l'utilisation d'une multitude de logiciels.

1.2.1. Outils de développement

- **Visual Studio Code** : un éditeur de code multi-plateforme, développé par Microsoft , capable de déboguer les applications directement sur l'éditeur sans même avoir recours aux navigateurs.
- **Visual Studio (2019)** : un ensemble complet d'outils de développement permettant de générer des applications web ASP.NET, des services web XML, des applications bureautiques et des applications mobiles.

1.2.2. Outils de conception UML

- **Visual Paradigm** : un éditeur qui permet d'analyser, de dessiner, de coder, de tester et de déployer. Il permet de dessiner plusieurs types de diagrammes UML, de générer le code source à partir de diagrammes et d'élaborer la documentation.

1.2.3. Système de gestion de base de données

- **MySQL** : un des systèmes de bases de données relationnelles les plus populaires qui fonctionne parfaitement sous Windows, Linux, MacOS et autres. Il se caractérise par une syntaxe simple et complexité faible tandis qu'il est compatible avec le cloud.

1.2.4. Plateforme de développement

- **Angular** : une plateforme de développement côté client, open source, basé sur Type Script ,qui permet de créer des applications web dynamiques.
- **ASP .NET (Web API)** : un Framework Microsoft qui permet de mettre en place des services HTTP pouvant être consommés par une multitude de clients (réseaux sociaux, navigateurs, mobiles, etc.), indépendamment de la plateforme. C'est la plateforme idéale pour développer des applications Restful (REpresentational State Transfer) dans le Framework .net

1.3. Langages de programmation

1.3.1. Front-end

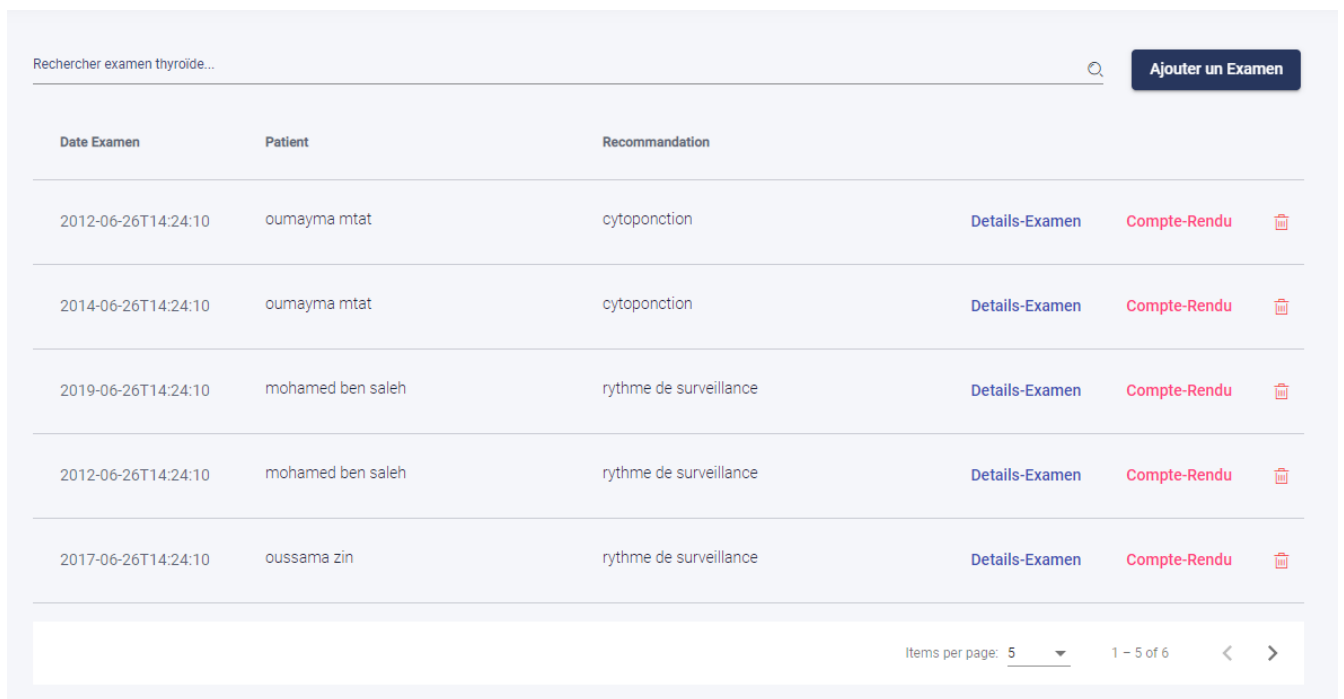
- **HTML** (HyperText Markup Language) : langage de balises utilisé afin de créer et de représenter le contenu d'une page web et sa structure.
- **CSS** (Cascading Style Sheets) : langage de feuille de style utilisé pour décrire la présentation d'un document écrit en HTML ou en XML.
- **TypeScript** : un langage de programmation libre et open source développé par Microsoft qui a pour but d'améliorer et de sécuriser la production de code JavaScript.

1.3.2. Back-end

- **C#** : un langage de programmation orientée objet destiné à développer sur la plateforme Microsoft .NET. Il est utilisé notamment pour développer des applications web sur la plateforme ASP.NET.

2. Principales interfaces graphiques

Au lancement de l'application, l'interface d'accueil s'affiche. Il contient la liste des tous les examens pour tous les patients avec la date et la recommandation de chaque examen, qui représentent les informations les plus utiles qu'un radiologue doit les consulter en premier.



The screenshot displays the home interface of a medical application. At the top, there is a search bar with the placeholder text 'Rechercher examen thyroïde...' and a magnifying glass icon. To the right of the search bar is a dark blue button labeled 'Ajouter un Examen'. Below the search bar is a table with three main columns: 'Date Examen', 'Patient', and 'Recommandation'. Each row in the table represents a thyroid exam. To the right of the 'Recommandation' column, there are two links: 'Details-Examen' (in blue) and 'Compte-Rendu' (in red), followed by a trash icon. At the bottom right of the table, there is a pagination control showing 'Items per page: 5' with a dropdown arrow, and '1 - 5 of 6' with left and right navigation arrows.

Date Examen	Patient	Recommandation			
2012-06-26T14:24:10	oumayma mtat	cytoponction	Details-Examen	Compte-Rendu	
2014-06-26T14:24:10	oumayma mtat	cytoponction	Details-Examen	Compte-Rendu	
2019-06-26T14:24:10	mohamed ben saleh	rythme de surveillance	Details-Examen	Compte-Rendu	
2012-06-26T14:24:10	mohamed ben saleh	rythme de surveillance	Details-Examen	Compte-Rendu	
2017-06-26T14:24:10	oussama zin	rythme de surveillance	Details-Examen	Compte-Rendu	

Items per page: 5 1 - 5 of 6 < >

Figure 20 : Interface d'accueil

Le radiologue peut trier la liste et il peut aussi faire une recherche selon l'un des critères qui figurent dans cette liste (patient, date, recommandation) en tapant l'information qu'il souhaite chercher dans la barre de recherche (en haut de page à gauche sous le titre « Rechercher examen thyroïde... »)


Rechercher examen thyroïde...					
2012			Ajouter un Examen		
Date Examen	Patient	Recommandation			
2012-06-26T14:24:10	oumayma mtat	cytoponction	Details-Examen	Compte-Rendu	
2012-06-26T14:24:10	mohamed ben saleh	rythme de surveillance	Details-Examen	Compte-Rendu	
Items per page: 5 1 - 2 of 2 < >					

Figure 21 : recherche par date



Rechercher examen thyroïde...					
oumayma			Ajouter un Examen		
Date Examen	Patient	Recommandation			
2012-06-26T14:24:10	oumayma mtat	cytoponction	Details-Examen	Compte-Rendu	
2014-06-26T14:24:10	oumayma mtat	cytoponction	Details-Examen	Compte-Rendu	
Items per page: 5 1 - 2 of 2 < >					

Figure 22 : recherche par patient

Rechercher examen thyroïde...					
cytoponction			Ajouter un Examen		
Date Examen	Patient	Recommandation			
2012-06-26T14:24:10	oumayma mtat	cytoponction	Details-Examen	Compte-Rendu	
2014-06-26T14:24:10	oumayma mtat	cytoponction	Details-Examen	Compte-Rendu	
2013-06-26T14:24:10	oussama zin	cytoponction	Details-Examen	Compte-Rendu	
Items per page: 5 1 - 3 of 3 < >					

Figure 23 : recherche par recommandation

L'interface d'accueil contient un bouton sous forme d'icone pour supprimer un examen, avec une alerte pour confirmer cette action, en cas d'une clique par erreur.

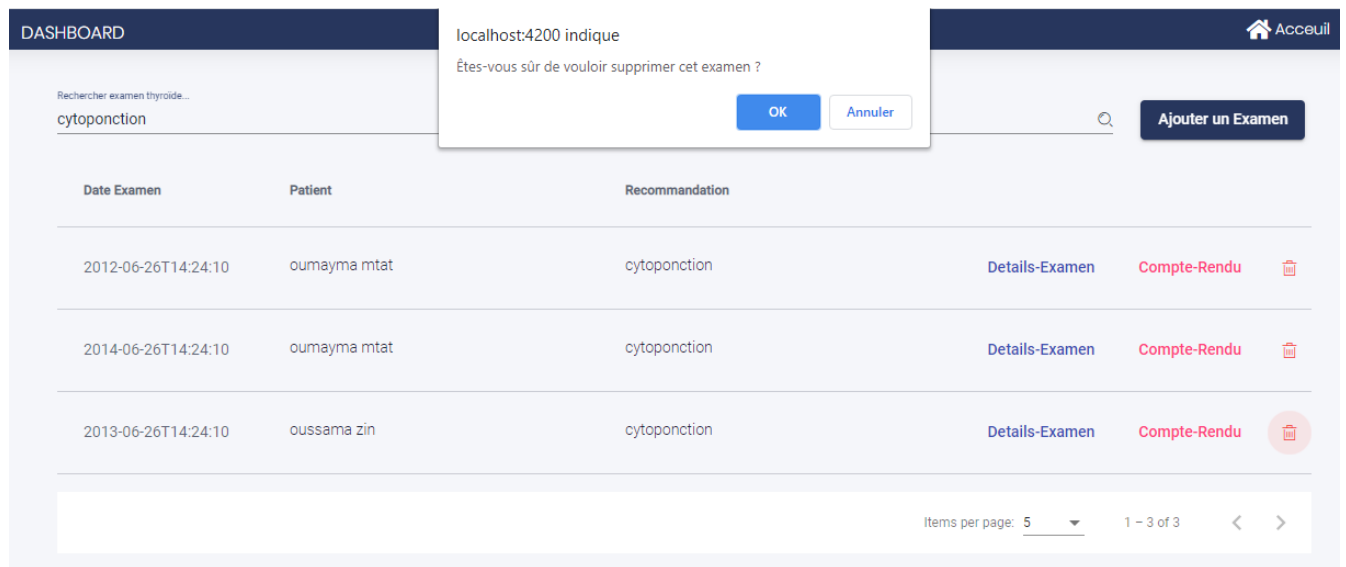


Figure 24 : alerte de suppression

Le bouton « Ajouter un examen » permet d'entrer un nouvel examen, en choisissant le nom du patient désiré ou en y ajoutant un nouveau, en cas d'un nouveau patient.

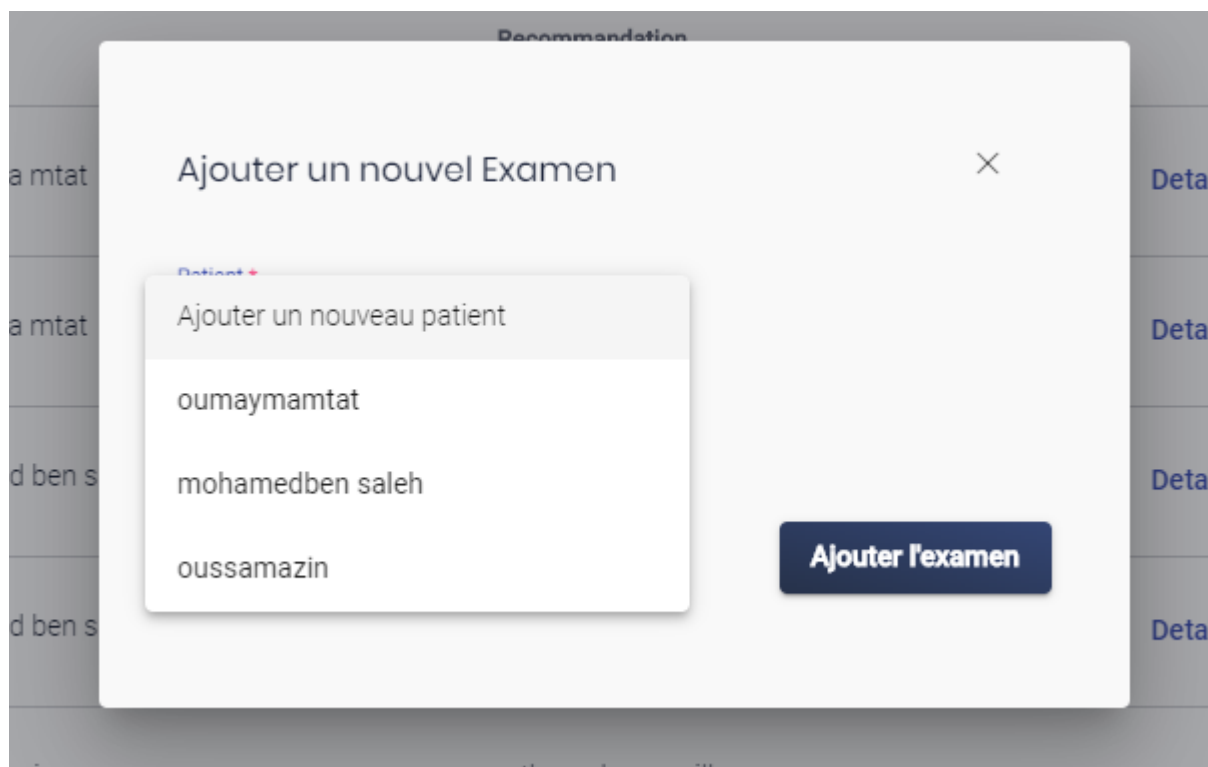


Figure 25 : ajout d'un examen

En cliquant sur « Ajouter l'examen », on sera ramené à l'interface qui permet d'ajouter les détails de l'examen. Cette même interface permet de consulter les détails d'un examen existant dans la liste en cliquant sur le bouton « Détails -Examen », ou de consulter directement le rapport de l'échographie thyroïdienne à travers le bouton « Compte-Rendu ».

Dans cet interface les informations sont regroupés dans un « sidebar » (barre latérale), pour faciliter et éclaircir le travail du radiologue : il trouve en premier lieu les détails généraux de l'examen tel que le volume de la thyroïde, la vascularisation, l'échogénicité, etc.

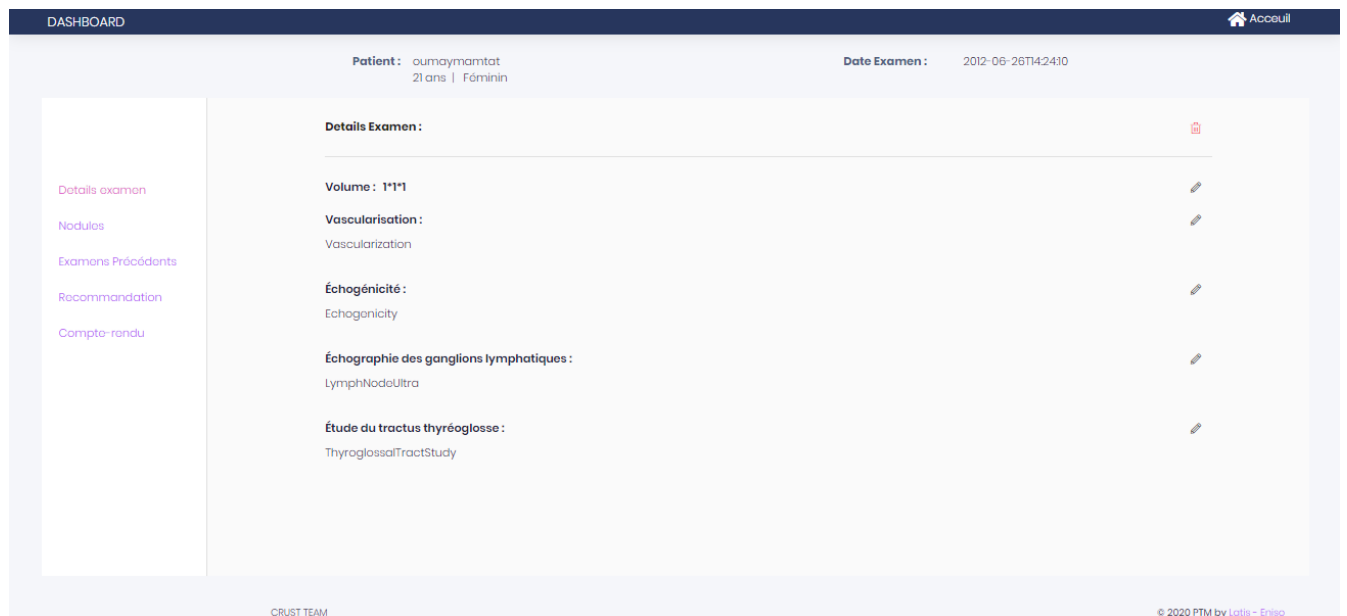


Figure 26 : détails d'un examen

Le radiologue peut modifier chacune de ces détails en cliquant sur l'icône du crayon se trouvant à l'extrémité droite de chaque détail.

Pour le volume, on demande de le recalculer :

A screenshot of a web application modal titled "Volume :". The modal has a close button (X) in the top right corner. It contains three rows of input fields. The first row is for "Lobe gauche" and includes three buttons labeled "depth", "width", and "length", followed by a "Volume (cm3)" label and a text input field containing the number "0". The second row is for "Lobe droit" and follows the same layout with "depth", "width", "length" buttons and a "Volume (cm3)" input field containing "0". The third row is for "Taille de l'isthme" and has a single empty text input field. At the bottom right of the modal is a dark blue button labeled "Enregistrer".

Figure 27 : saisie du volume

Et pour les autres détails qui sont sous forme de texte, il peut les modifier selon le besoin :

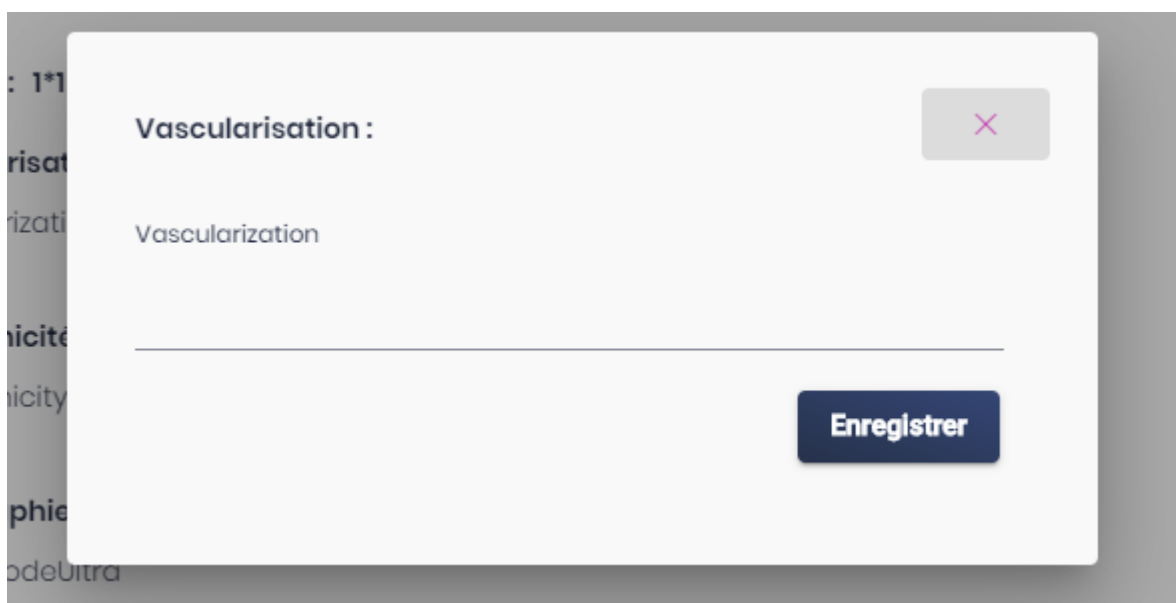
A screenshot of a web application modal titled "Vascularisation :". The modal has a close button (X) in the top right corner. It contains a single text input field with the placeholder text "Vascularization". At the bottom right of the modal is a dark blue button labeled "Enregistrer".

Figure 28 : saisie d'un détail (exemple : vascularisation)

Ensuite, il peut consulter les détails sur les nodules, s'ils existent, en cliquant sur « Nodules » (dans la barre latérale).

Tous les détails qui concernent un nodule se trouvent dans cette interface : en premier lieu le score Tirads, qui est l'information la plus importante que cherche le radiologue ; et ensuite sa localisation illustrée dans l'image « cartographie » qui peut être modifiée à tout moment en cliquant sur « Insérer cartographie » ; suivi de toutes les autres informations caractérisant le nodule avec possibilité de modification de chacune d'eux.

DASHBOARD

Patient : oumaymamat
21 ans | Féminin

Date Examen : 2012-06-26T14:24:10

Ajouter un nodule

Nodules :

Score TIRADS : 4

Cartographie :

Cartographie

Insérer cartographie

Extension extrathyroïdienne :
Extension extrathyroïdienne

Évolution :
Évolution

Taille : 1*1*1

Localisation : right lobe

Forme : Taller-than-wide

Contours : Smooth

Échogénéicité : Hyperechogène

Composition : Kystique Pur

Echogenic Foci : None

Calcifications : Microcalcifications

Supprimer

Figure 29 : détail d'un nodule

Score TIRADS : 4

Taille :

Taille

Anteroposterior

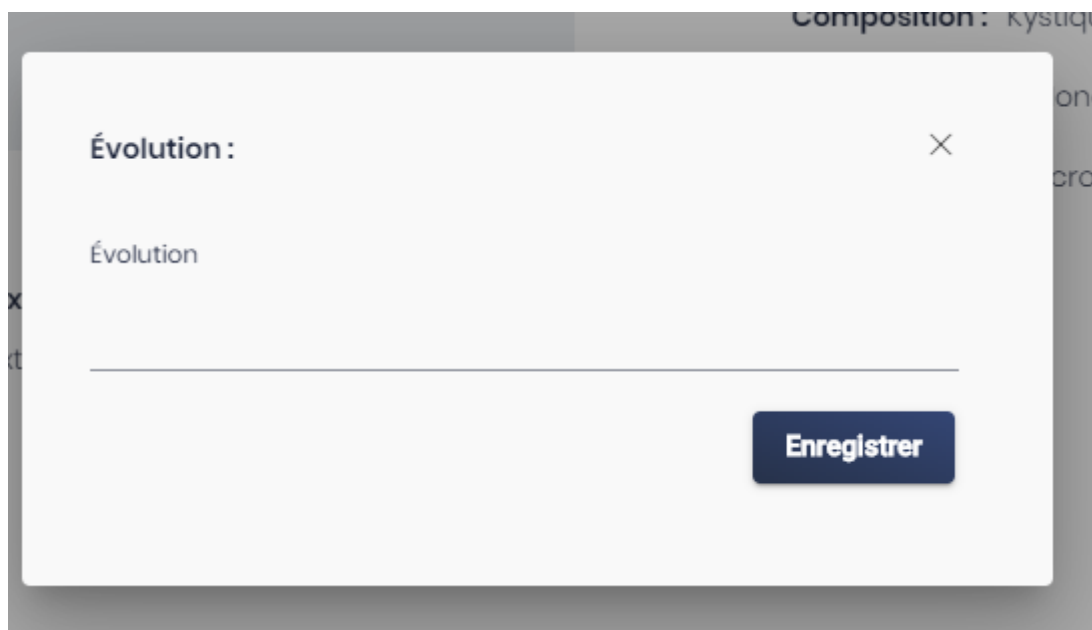
Transverse

Longitudinal

Enregistrer

Échogénéicité : Hyperechogène

Figure 30 : Modification de taille d'un nodule



A modal dialog box titled "Évolution :" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains a text input field labeled "Évolution" and a dark blue button labeled "Enregistrer" (Save) at the bottom right. The background is a blurred screenshot of a web application showing a "Composition" section with the text "Kystique".

Figure 31 : Modification d'un détail d'un nodule (exemple : évolution)

On peut supprimer un nodule en cliquant sur le bouton en rouge « supprimer » (en bas à droite) ou au contraire l'en ajouter un, en cliquant sur « Ajouter un nodule » (en haut à droite) :

Dans l'interface d'ajout d'un nodule, le radiologue va saisir les caractéristiques d'un nodule. Le système va analyser les données saisies et calculer le score Tirads automatiquement.

Notons que même si ce score est calculé automatiquement, le radiologue peut toujours le modifier.

Ajouter un nodule

Taille: Anteroposterior, Transverse, Longitudinal

Localisation:

Forme *
Contours *
Échogénicité *
Composition *
Echogenic Foci *

Calcifications *
Extension extrathyroïdienne
Évolution

Cartographie

Score TIRADS:

Ajouter un nodule

Figure 32 : Ajout d'un nodule

Avant de prendre une décision, le radiologue peut demander de se renseigner des résultats des examens précédents, il peut trouver les comptes rendus correspondants en cliquant sur « Examens Précédents » (dans la barre latérale) qui lui fait apparaître l'interface suivant :

<

Figure 33 : liste des examens précédents

Maintenant, le radiologue a une vue globale sur l'état de la thyroïde et il peut donc prendre une décision en cliquant sur « Recommandation » (dans la barre latérale) pour rédiger la recommandation de l'examen.

Details examen Nodules Examens Précédents Recommandation Compte-rendu	Recommandation :
	cytoponction

Figure 34 : Recommandation

Finalement, le radiologue peut consulter le compte rendu généré automatiquement et il peut l’afficher en PDF ainsi l’imprimer.

[Afficher PDF](#)

Détails examen

Nodules

Examens Précédents

Recommandation

Compte-rendu

Echographie thyroïdienne

oumaymamotat | 21 ans
2012-09-26T14:24:30

MOTIF DE L'EXAMEN
 Histoire clinique (gène ?) et biologique, dont ancienneté, Pathologie immunitaire traitée.
 Résultats des examens précédents en particulier des cytoponctions
 Antécédents familiaux de cancer thyroïdien ou personnel d'irradiation cervicale dans l'enfance

Technique
 Equipement : type de sonde et date de mise en service de l'appareil
 Difficultés particulières liées au patient

Résultats:
 Le volume de cet thyroïde est estimé à 1*1*1
 L'échogénicité glandulaire est décrite comme suit, Echogenicity
 La vascularisation pour cet examen, Vascularization
 Les nodules trouvés dans cet examen :
 On retrouve un nodule right lobe , Hyperechogène ; sa taille(1 * 1 * 1) . Elle a pour forme
 Taller-than-wide , de contours Smooth; sa composition Kystique Pur et son Echogenic
 Foci est None
 Les calcifications de cet nodule sont des Microcalcifications
 Concernant l'extension extrathyroïdienne , Extension extrathyroïdienne
 L'évolution de ce nodule, Évolution avec un score-Tirads égale à 4

L'échographie des ganglions lymphatiques nous donne, LymphNodeUltra
 L'étude du tractus thyroïdienne résulte comme suit, ThyroglossalTractStudy

Conclusion:
 * Thyroïde de taille normale ou goitre, importance et retentissement
 * Appréciation du score EU-TIRADS des nodules et de leur évolution
 * Conseil de conduite à tenir en particulier cytoponction ou rythme de surveillance : cytoponction

Cartographie :

Cartographie

Figure 35 : compte rendu

Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté les plateformes matérielles et logicielles utilisées, ainsi que les technologies employées. Et enfin on a exposé les interfaces de l’application.

Conclusion générale

Ce projet de fin d'étude a consisté de concevoir et de réaliser une plateforme de génération automatique de compte rendu à partir des données saisies par le médecin radiologue afin de standardiser ce processus pour tous les médecins dans le territoire tunisien.

Nous avons parcouru les différentes étapes de réalisation d'une plateforme informatique, de la compréhension du sujet au développement en passant par les étapes d'analyse et de conception.

En conclusion, cette plateforme est conçue dans le but de prédire et donc de lutter contre certaines maladies chroniques et dangereuses au moyen d'analyse prédictive et des algorithmes d'intelligence artificielle qui seront utilisés pour détecter les nodules et les anomalies dans les images de l'échographie.