



République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abou Bekr Belkaïd - Tlemcen

Faculté des Sciences

Département d'Informatique

Mémoire de fin d'étude Pour l'obtention du diplôme de Master en  
informatique sous l'arrêté ministériel N°1275

Options : Génie Logiciel (G.L) / Réseaux et Systèmes Distribués (R.S.D)

## Thème

**E-HEALTH REVOLUTION :  
CONCEPTION ET IMPLEMENTATION D'UN  
SYSTEME D'HOPITAL INTELLIGENT**

Réalisé par :

- BOUREK Mohammed El Amine
- BOUCHAOUR Mohammed Amine

Présenté le : 24 Juin 2025 devant le jury composé de :

- Dr. ILES Nawel (Présidente de jury)
- Dr. BENAÏSSA Mohamed (Examineur)
- Dr. MERZOUG Mohammed (Expert I2E)
- Dr. ETCHIALI Abdelhak (Encadrant)
- Dr. FEKAR Riyadh (Co-Encadrant)

﴿وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللَّهِ عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ وَإِلَيْهِ أُنِيبُ﴾

## REMERCIEMENTS

---

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers nos encadreurs, **Dr. Abdelhak ETCHIALI** et **Dr. Mohammed MERZOUG**, pour leur accompagnement exemplaire tout au long de ce projet. Leurs précieux conseils, leur patience infinie et leur expertise inestimable ont été les piliers sur lesquels nous avons pu construire ce travail. Leur dévouement à la recherche et leur passion pour l'innovation ont été une source d'inspiration constante, nous poussant à dépasser nos limites et à viser l'excellence dans chaque aspect de notre mémoire.*

*Nos plus sincères remerciements vont également à nos familles, et tout particulièrement à nos chers parents, dont le soutien inconditionnel a constitué notre plus grande force durant tout notre parcours académique. Leur amour, leurs sacrifices et leur confiance en nos capacités nous ont donné le courage de persévérer malgré les obstacles. Les mots ne sauraient exprimer toute notre reconnaissance pour leur présence à nos côtés à chaque étape de cette aventure.*

*À tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire et à notre réussite, nous vous adressons notre gratitude la plus profonde.*

## DÉDICACE

---

الحمد لله حمداً يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه، الذي تتمُّ به الصالحات وتُحقق به الأمنيات، ويسر في البدايات وأحكم في النهايات فبلَّغنا غايتنا بعونه وتوفيقه. وسبحان من أنعم علينا اليوم بإتمام هذا المشروع، فجعل من كلِّ عائقٍ درباً للتعلم والنماء.

*À ma très chère famille, le socle de ma vie et la source de ma force,  
À mes parents bien-aimés, dont l'amour inconditionnel et les sacrifices sans fin ont illuminé mon chemin. Votre soutien indéfectible a été mon plus grand trésor durant ce parcours académique. Chaque ligne de ce mémoire reflète votre dévouement et votre foi en moi.*

*À mes sœurs, compagnons de route et confidents, qui ont toujours su m'apporter joie. Votre présence dans ma vie est un don inestimable.*

*Ce travail, fruit de nombreuses heures d'effort et de persévérance, vous est entièrement dédié. Puisse-t-il être à la hauteur de vos attentes et rendre hommage à tout ce que vous m'avez offert.*

*Avec tout mon amour et ma reconnaissance éternelle.*

**BOUCHAOUR Mohammed Amine**

## DÉDICACE

---

**À la mémoire de mon cher grand-père, Bourek Ahmed,**

*Tu n'es plus là, mais ton souvenir reste vivant en moi, chaque jour. Tu as été un exemple de force tranquille, de sagesse et de bonté. Ta vie, tes valeurs, et les souvenirs partagés ont été une source d'inspiration constante tout au long de mes études. Dans les moments de doute, je pensais à ta détermination. Dans les moments de fatigue, à ton courage. Et aujourd'hui, alors que je termine ce chapitre de ma vie, c'est vers toi que vont mes pensées. Ce mémoire est dédié à toi, avec tout mon amour, Pour te remercier, à ma manière, de m'avoir aidé à devenir la personne que je suis.*

*Que ton âme repose en paix. Tu vis à jamais dans mon cœur.*

اللهم ارحمه رحمةً تسع السماوات والارض اللهم اجعل قبره في نور دائم لا ينقطع  
واجعله في جنتك آمناً مطمئناً يارب العالمين

**À mes très chers parents,**

*Aujourd'hui symbolise la concrétisation de vos efforts dévoués. Il n'y aura jamais assez de mots pour exprimer tout ce que je ressens pour vous. Ce mémoire, cette étape importante de ma vie, je vous la dois. Elle porte en elle tous les sacrifices que vous avez faits, tous les encouragements murmurés quand je n'en pouvais plus, toutes les forces que vous m'avez transmises. Vous avez été mes racines et mon envol. C'est grâce à votre amour inconditionnel, votre patience infinie et votre confiance indéfectible que j'ai pu avancer, même dans les moments les plus sombres. Vous m'avez appris que la réussite ne se mesure pas seulement en diplômes, mais aussi en valeurs, en dignité, en résilience.*

**Papa,** ta discrétion cache une force que j'admire profondément. Ta manière de soutenir sans bruit, de veiller sans rien dire, de croire en moi sans condition, a été une lumière constante sur mon chemin.

***Maman**, ton amour est ma boussole. Tes mots, tes gestes, ton regard, tout en toi m'a porté. Tu es mon courage quand je vacille, mon refuge quand le monde devient trop dur.*

*Je ne suis pas arrivé ici seul. Je suis le fruit de votre amour, de votre courage, de votre dévouement.*

*Chaque page de ce mémoire est une preuve de ce que vous m'avez donné. Ce diplôme porte votre nom, autant que le mien. Merci chers parents.*

***À Ma unique sœur et chère docteur,***

*À ma sœur, docteur et modèle d'inspiration,*

*Merci pour ton exemple, ton soutien et ta force. Tu as ouvert le chemin avec force et humilité, et tu m'as montré, sans jamais l'imposer, que la réussite est possible, que les rêves sont accessibles à ceux qui y croient vraiment. Tu as gravé le mot "possible" dans mes doutes. Ce mémoire porte aussi ton empreinte.*

***À toute la famille BOUREK**, et exceptionnellement à mes grands parents paternel et maternel,*

*En reconnaissance pour la grande affection que vous me témoignez et Pour la gratitude ainsi que l'amour sincère que je vous porte. Que Dieu vous accorde santé, longue vie et beaucoup de bonheur.*

***À Mon CHER AMI ET BINOME DE MEMOIRE, AMINE,***

*Merci pour votre soutien et votre génie. Ce travail porte l'empreinte de notre collaboration unique.*

***BOUREK Mohammed El Amine***

---

# Table des matières

<b>Table des matières</b>	<b>i</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>iv</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>vi</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>2</b>
<b>I Étude et analyse de l'existant</b>	<b>6</b>
I.1 Présentation générale . . . . .	7
I.2 Étude de marché . . . . .	7
I.3 Analyse comparative des systèmes concurrents . . . . .	9
I.3.1 Systèmes nationaux (Algérie) . . . . .	9
I.3.2 Systèmes internationaux . . . . .	11
I.4 Tableau comparatif des systèmes . . . . .	14
I.5 Impact du projet . . . . .	16
I.5.1 Impacts sociaux . . . . .	16
I.5.2 Impacts économiques . . . . .	16
I.6 Synthèse de l'existant . . . . .	17
I.7 Conclusion . . . . .	18
<b>II Conception et modélisation du système</b>	<b>19</b>
II.1 Introduction . . . . .	20
II.2 SEHATECH . . . . .	21
II.3 Identification des acteurs . . . . .	22
II.3.1 Administration hospitalière . . . . .	22
II.3.2 Médecins . . . . .	23
II.3.3 Équipes de soins (infirmiers & aides-soignants) . . . . .	24
II.3.4 Patients . . . . .	25
II.3.5 Techniciens biomédicaux . . . . .	25
II.4 Exigences . . . . .	26
II.4.1 Fonctionnelles . . . . .	27
Côté interfaces web . . . . .	27

	Côté applications mobiles . . . . .	29
II.4.2	Non-fonctionnelles . . . . .	29
II.5	Modélisation UML . . . . .	31
II.5.1	Diagrammes de cas d'utilisation . . . . .	31
	Administrateur . . . . .	32
	Médecin . . . . .	33
	Équipe de soins . . . . .	34
	Patient . . . . .	34
	Technicien biomédical . . . . .	35
II.5.2	Diagrammes de séquence (par profil utilisateur) . . . . .	35
	Administration Hospitalière . . . . .	35
	Médecin . . . . .	40
	Patient . . . . .	50
	Équipe de soins . . . . .	56
	Technicien biomédical . . . . .	59
II.5.3	Diagramme de classes . . . . .	60
II.6	Outils et technologies utilisés . . . . .	61
II.6.1	Outils de conception . . . . .	61
II.6.2	Outils de développement et collaboration . . . . .	62
II.6.3	Outils de développement IoT et serveur . . . . .	63
II.6.4	Outils de développement web . . . . .	64
II.6.5	Outils de développement mobile . . . . .	65
II.7	Conclusion . . . . .	65
<b>III</b>	<b>Réalisation et implémentation</b>	<b>66</b>
III.1	Introduction . . . . .	67
III.2	Vue globale du système . . . . .	67
III.2.1	Couches capteurs & actionneurs . . . . .	67
III.2.2	Réseau local (LAN) . . . . .	69
III.2.3	Serveur local . . . . .	71
III.2.4	Base de données fractionnée & déploiement Docker . . . . .	73
III.2.5	Application clients (web & mobile) . . . . .	74
III.3	Architecture technique détaillée . . . . .	75
III.3.1	Supervision IoT (Arduino) et communication temps réel . . . . .	76
III.3.2	Matériel utilisé . . . . .	77
	Composants IoT partagés . . . . .	78
	Capteurs médicaux . . . . .	79
	Capteurs environnementaux . . . . .	79
	Dispositif de surveillance vidéo . . . . .	80

III.4	Implémentation des interfaces . . . . .	80
III.4.1	Administration . . . . .	80
III.4.2	Médecin . . . . .	86
III.4.3	Équipe de soins . . . . .	89
III.4.4	Patient . . . . .	91
III.4.5	Technicien biomédical . . . . .	93
III.5	Prototypes réalisés du Smart Hospital . . . . .	96
III.6	Conclusion de la réalisation . . . . .	97
<b>IV</b>	<b>Business Model Canvas</b>	<b>98</b>
IV.1	Introduction au BMC . . . . .	99
IV.2	Proposition de valeur . . . . .	99
IV.3	Segments de clients . . . . .	100
IV.4	Relations clients . . . . .	101
IV.5	Canaux de distribution . . . . .	102
IV.6	Partenaires clés . . . . .	103
IV.7	Activités clés . . . . .	104
IV.8	Ressources clés . . . . .	105
IV.9	Structure des coûts . . . . .	106
IV.10	Sources de revenus . . . . .	107
IV.11	Tableau récapitulatif du Business Model Canvas . . . . .	108
IV.12	Conclusion du BMC . . . . .	109
	<b>Conclusion générale et perspectives</b>	<b>111</b>
	<b>Références bibliographiques</b>	<b>115</b>

## Liste des figures

I.1	Résultats du sondage - Question 1 (gauche) et Question 2 (droite) . . . . .	8
I.2	Vue sur le Système "DEM DZ" . . . . .	10
I.3	Vues sur l'application "Dr.add" . . . . .	11
I.4	Vues de l'application mobile "Emias" - Écrans principaux du système . . .	12
I.5	Vues sur l'Hôpital Casa Sollievo della Sofferenza et ses services . . . . .	13
I.6	Interface du système "Seha Virtual Hospital" - Plateforme de télémédecine	14
II.1	Acteurs principaux du système . . . . .	22
II.2	Rôles des administrateurs dans le système . . . . .	23
II.3	Rôles des médecins dans le système . . . . .	24
II.4	Rôles des équipes de soins dans le système . . . . .	24
II.5	Rôles des patients dans le système . . . . .	25
II.6	Rôles des techniciens biomédicaux dans le système . . . . .	26
II.7	Diagramme de cas d'utilisation pour l'administrateur . . . . .	32
II.8	Diagramme de cas d'utilisation pour le médecin . . . . .	33
II.9	Diagramme de cas d'utilisation pour l'équipe de soins . . . . .	34
II.10	Diagramme de cas d'utilisation pour le patient . . . . .	34
II.11	Diagramme de cas d'utilisation pour le technicien biomédical . . . . .	35
II.12	Diagramme de séquence : Administrateur assignant une chambre à un patient . . . . .	37
II.13	Diagramme de séquence : Administrateur archivant un dossier médical . . .	38
II.14	Diagramme de séquence : Administrateur gérant les droits d'accès des utilisateurs . . . . .	40
II.15	Diagramme de séquence : Médecin consultant les données vitales d'un patient . . . . .	42
II.16	Diagramme de séquence : Médecin mettant à jour un dossier médical . . .	44
II.17	Diagramme de séquence : Médecin planifiant une consultation . . . . .	46
II.18	Diagramme de séquence : Médecin créant un billet de salle . . . . .	49
II.19	Diagramme de séquence : Patient consultant les informations de son hospitalisation . . . . .	52
II.20	Diagramme de séquence : Patient saisissant ses données vitales . . . . .	55
II.21	Diagramme de séquence : Équipe de soins recevant des alertes . . . . .	58

II.22 Diagramme de séquence : Technicien biomédical . . . . .	59
II.23 Diagramme de classes du système SEHATECH . . . . .	60
III.1 L'architecture complète de notre système SEHATECH . . . . .	68
III.2 Architecture du réseau dans l'hôpital . . . . .	70
III.3 Exemples des services exécutés sous Linux sur notre serveur . . . . .	72
III.4 Structure de synchronisation entre la bdd principale et fractionnée . . . . .	73
III.5 Services de base de données et synchronisation . . . . .	74
III.6 Architecture interne d'Arduino . . . . .	76
III.7 Fonctionnement global du système de supervision IoT . . . . .	77
III.8 Tableau de bord administrateur . . . . .	81
III.9 Gestion des chambres . . . . .	81
III.10Gestion des dossiers médicaux . . . . .	82
III.11Gestion des hospitalisations . . . . .	83
III.12Système de facturation . . . . .	84
III.13Gestion des utilisateurs . . . . .	84
III.14Gestion des rendez-vous . . . . .	85
III.15Gestion des blocs opératoires . . . . .	85
III.16Carte SEHATECH-patient . . . . .	86
III.17Dashboard médecin . . . . .	86
III.18Interface de connexion médecin . . . . .	87
III.19Gestion des patients . . . . .	87
III.20Gestion des dossiers médicaux . . . . .	88
III.21Liste de prescriptions médicales . . . . .	88
III.22Planification chirurgicale . . . . .	89
III.23Interface de connexion et vue d'équipe . . . . .	90
III.24Gestion des tâches et suivi des patients . . . . .	90
III.25Système de notifications et profil utilisateur . . . . .	91
III.26Accueil et dossier médical . . . . .	92
III.27Suivi médical et gestion des factures . . . . .	92
III.28Carte patient et profil personnel . . . . .	93
III.29Dashboard technicien biomédical . . . . .	94
III.30Gestion des équipements médicaux . . . . .	94
III.31Monitoring des équipements . . . . .	95
III.32Gestion des dispositifs IoT . . . . .	95
III.33Vues multiples du prototype SEHATECH . . . . .	96
IV.1 Évolution des revenus annuels de SEHATECH . . . . .	107
IV.2 Business Model Canvas de SEHATECH . . . . .	108

# Liste des tableaux

I.1	Résultats détaillés du sondage . . . . .	8
I.2	Comparaison des systèmes hospitaliers - Avantages de SEHATECH . . . . .	15
II.1	Exigences fonctionnelles - Interfaces web . . . . .	28
II.2	Exigences fonctionnelles - Applications mobiles . . . . .	29
II.3	Exigences non-fonctionnelles du système SEHATECH . . . . .	30
II.4	Outils de conception utilisés pour le système SEHATECH . . . . .	61
II.5	Outils de développement et collaboration utilisés . . . . .	62
II.6	Outils de développement IoT et serveur utilisés . . . . .	63
II.7	Outils de développement web utilisés . . . . .	64
II.8	Outils de développement mobile utilisés . . . . .	65
III.1	Composants IoT partagés entre les capteurs médicaux et environnementaux . . . . .	78
III.2	Capteurs médicaux utilisés . . . . .	79
III.3	Capteurs environnementaux utilisés . . . . .	79
III.4	Dispositif de surveillance vidéo utilisé . . . . .	80
IV.1	Structure détaillée des coûts de SEHATECH sur trois ans . . . . .	106
IV.2	Structure détaillée des revenus de SEHATECH sur trois ans . . . . .	107

# **Introduction générale**

# Contexte du projet

Depuis toujours, les hôpitaux occupent une place essentielle dans la vie humaine : ils réunissent expertise médicale, technologies avancées et dévouement humain pour assurer la santé des populations. Des véritables pivots du système de santé, ils reçoivent, soignent et soutiennent des patients aux profils et besoins divers, assurant ainsi la continuité entre prévention, diagnostic et traitement.

Dans une nation comptant plus de 46 millions d’habitants, où l’accès aux soins hospitaliers publics reste universel et sans frais, les hôpitaux occupent une place essentielle dans le quotidien des Algériens<sup>1</sup>. Bien que des efforts continus soient déployés pour développer les infrastructures et accroître les effectifs — avec actuellement environ un médecin pour 300 habitants et 19 lits pour 10 000 personnes — ces établissements restent confrontés à des problèmes organisationnels récurrents. La gestion numérique est presque absente, ce qui fait que de nombreux processus s’appuient encore sur des documents papier ; les services opèrent fréquemment de manière cloisonnée, pouvant entraîner des interruptions dans le suivi des patients au cours de leur prise en charge, et les divers systèmes informatiques n’arrivent pas à échanger entre eux. En outre, le poids des tâches administratives, qu’elles relèvent des équipes soignantes ou d’équipe administratif, impacte considérablement la qualité du service. À la fin du processus, ces rigidités engendrent des délais superflus, augmentent le risque d’erreurs et réduisent l’efficacité globale par rapport aux attentes.

Face à ces défis, l’objectif principal de notre projet « SEHATECH<sup>2</sup> » est de fournir une solution globale pour moderniser et digitaliser<sup>3</sup> les hôpitaux algériens, afin d’améliorer de manière significative la qualité et la sécurité des soins tout en optimisant l’organisation des équipes médicales.

## Problématique

Le système hospitalier algérien rencontre de nombreux défis qui affectent directement la qualité des soins et l’efficacité de la gestion des établissements. Parmi les principales problématiques :

---

1. *Structures hospitalières en Algérie*, Algérie Presse Service (APS), <https://www.aps.dz/sante-science-technologie/186758-structures-hospitalieres-environ-10-000-lits-supplementaires-grace-aux-nouvelles-infrastructures>

2. *SEHATECH est l’acronyme de notre système, combinant la "Santé" et "Technologie"*.

3. *La digitalisation fait référence à la transformation des processus analogiques en processus numériques*. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitalization>

- o **Suivi médical insuffisant** : L'absence d'outils adaptés pour le suivi en temps réel des patients entraîne des retards dans les interventions et compromet leur sécurité.
- o **Gestion archaïque des dossiers médicaux** : Le recours aux documents papier ralentit l'accès aux informations essentielles, complique le travail des soignants et accroît le risque d'erreurs.
- o **Manque de coordination entre les équipes médicales** : L'absence d'une communication fluide entre les différents acteurs de soin entraîne des erreurs, des conflits et une prise en charge fragmentée.
- o **Lourdeur des processus administratifs** : De nombreuses tâches restent manuelles et chronophages, surchargeant le personnel et limitant le temps dédié aux soins.

Ces obstacles réduisent l'efficacité du système de santé et altèrent l'expérience des patients. C'est pourquoi notre projet, SEHATECH, propose une approche innovante visant à moderniser la surveillance médicale, digitaliser la gestion des dossiers, fluidifier la coordination des soins et automatiser les tâches administratives. Grâce aux technologies avancées, nous ambitionnons d'améliorer le fonctionnement des hôpitaux algériens et de garantir une meilleure qualité des services de santé.

## Objectifs du projet

Notre projet SEHATECH vise à moderniser profondément le système hospitalier algérien en intégrant des technologies innovantes pour améliorer l'efficacité des soins et la gestion des établissements. Ses principaux objectifs sont :

- o **Améliorer la qualité des soins** : Assurer un suivi médical personnalisé et en temps réel grâce à la surveillance intelligente des paramètres vitaux<sup>4</sup> des patients (fréquence cardiaque, saturation en oxygène, température, etc.), permettant des interventions rapides en cas d'anomalie et garantissant une meilleure sécurité des patients.
- o **Digitaliser la gestion des dossiers médicaux** : Remplacer les supports papier par un système numérique sécurisé, facilitant l'accès aux informations essentielles des patients, leur partage entre professionnels et réduisant le risque d'erreurs.

---

4. *Signes vitaux* : Indicateurs physiologiques essentiels qui reflètent les fonctions corporelles vitales, comprenant notamment la température, le pouls, la respiration et la pression artérielle. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553213/>

- o **Optimiser la coordination entre les équipes médicales** : Mettre en place des canaux de communication efficaces et un système d’alertes intelligentes pour une collaboration plus fluide entre les intervenants médicaux.
- o **Automatiser les processus administratifs** : Réduire la charge administrative par l’automatisation des tâches répétitives, permettant au personnel soignant et administratif de se concentrer sur les soins aux patients.
- o **Intégrer les technologies IoT<sup>5</sup> en milieu médical** : Déployer un réseau de capteurs intelligents pour collecter automatiquement les données vitales et environnementales, contribuant à une prise en charge proactive des patients.

Pour atteindre ces objectifs, notre système repose sur une architecture modulaire<sup>6</sup> intégrant cinq fonctionnalités principales : la surveillance médicale intelligente, la gestion des alertes et notifications, le suivi à distance, la gestion administrative, et la maintenance prédictive<sup>7</sup> des équipements. La conception centrée sur l’utilisateur prend en compte les besoins spécifiques de chaque acteur du système hospitalier, garantissant ainsi une adoption optimale par l’ensemble des parties prenantes.

## Organisation du mémoire

Ce mémoire est organisé en quatre chapitres qui présentent notre démarche complète, de l’introduction à la conclusion :

- o **Introduction générale** : Présentation du contexte du projet, de la problématique, et des objectifs principaux de notre système SEHATECH, ainsi que l’organisation du présent mémoire.
- o **Chapitre I : Étude et analyse de l’existant** : Analyse approfondie du contexte actuel des systèmes hospitaliers, à travers une étude de marché et une comparaison des solutions existantes, tant au niveau national qu’international, pour identifier les lacunes et les opportunités.

---

5. *IoT (Internet of Things) : Réseau d’objets physiques connectés à Internet, capables de collecter et d’échanger des données via des capteurs intégrés.* <https://www.oracle.com/fr/internet-of-things/>

6. *Architecture modulaire : approche de conception qui divise un système en composants distincts pouvant être développés, testés et maintenus indépendamment.* <https://naoconcept.com/qu-est-ce-que-l-architecture-modulaire-en-informatique>

7. *Maintenance prédictive : stratégie de maintenance qui utilise l’analyse de données pour prédire quand les équipements nécessiteront une maintenance.* <https://aws.amazon.com/fr/what-is/predictive-maintenance/>

- o **Chapitre II : Conception et modélisation du système** : Identification des différents acteurs du système (administration hospitalière, médecins, équipes de soins, patients, techniciens), détail des exigences fonctionnelles et non-fonctionnelles, exposition de l'architecture globale de notre solution incluant les différentes couches technologiques, la modélisation UML<sup>8</sup> complète (cas d'utilisation, séquences, classes) et les technologies retenues pour la réalisation.
- o **Chapitre III : Réalisation et implémentation** : Présentation des détails techniques de l'implémentation, de l'architecture IoT, du matériel utilisé et des différentes interfaces développées pour chaque profil d'utilisateur.
- o **Chapitre IV : Business Model Canvas**<sup>9</sup> : Exploration du modèle économique de notre solution à travers l'outil Business Model Canvas, détaillant la proposition de valeur, les segments de clients, les ressources clés et la structure financière.
- o **Conclusion générale et perspectives** : Bilan du projet, contributions principales, défis rencontrés et perspectives d'évolution du système SEHATECH.

Le mémoire inclut également les références bibliographiques qui ont été consultées tout au long de la réalisation de ce projet.

---

8. UML (Unified Modeling Language) : langage de modélisation graphique utilisé en développement logiciel pour visualiser la conception d'un système. <https://www.lucidchart.com/pages/fr/langage-uml>

9. BMC (Business Model Canvas) est une méthode qui permet de construire son business model en toute simplicité. <https://www.researchgate.net/publication/339222590>

## **Chapitre I**

# **Étude et analyse de l'existant**

## I.1 Présentation générale

Aujourd'hui, nous voyons que les technologies changent beaucoup les systèmes de santé partout dans le monde.<sup>10</sup> L'Algérie est aussi dans cette situation de changement pour son système médical. Nos hôpitaux ont fait des progrès, c'est vrai, mais ils ont encore beaucoup de problèmes. Ces problèmes sont surtout dans l'organisation et dans l'utilisation des technologies, ce qui rend difficile de donner des bons soins aux patients.

Dans ce chapitre, nous allons montrer la réalité des hôpitaux en Algérie et aussi dans d'autres pays. Nous avons trouvé qu'il y a des grands problèmes dans nos systèmes actuels, mais aussi des bonnes occasions pour faire des améliorations. Notre travail est basé sur des vraies informations que nous avons collectées avec les personnes qui travaillent dans les hôpitaux. Ces informations nous montrent qu'il faut créer une solution complète pour les hôpitaux algériens, en prenant aussi des idées qui marchent bien dans d'autres pays.

Pour effectuer ce travail, nous avons beaucoup écouté les médecins, les infirmiers et les patients de notre système de santé. Nous avons aussi regardé les nouvelles technologies qui existent maintenant<sup>11</sup>. Notre but est de créer les bases d'un système hospitalier qui est à la fois intelligent et humain.<sup>12</sup> En comprenant bien ce qui marche et ce qui ne marche pas dans notre système actuel, nous pouvons faire quelque chose qui va vraiment améliorer les soins de santé en Algérie et les rendre meilleurs pour tout le monde.

## I.2 Étude de marché

Dans cette partie, nous avons ciblé le marché par le lancement d'un sondage destiné aux patients, médecins et à nos proches, pour recueillir leur avis sur les problèmes actuels rencontrés dans les hôpitaux algériens. Ce questionnaire a été réalisé via **TYPEFORM**<sup>13</sup>.

---

10. *Transforming healthcare with technology*, World Health Organization, 2023. <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/health-technologies>

11. *Étude sur les "Technologies de santé et innovations médicales"*, McKinsey, 2024. <https://www.mckinsey.com/industries/healthcare/our-insights/the-future-of-healthcare-value-creation-through-next-generation-business-models>

12. *Human-Centered AI in Healthcare*, Stanford University Human-Centered AI Institute, 2022. <https://hai.stanford.edu>

13. *Typeform est une société de logiciels en tant que service (SaaS) spécialisée dans la création de formulaires en ligne et d'enquêtes en ligne, fondée en 2012.* <https://www.typeform.com/>

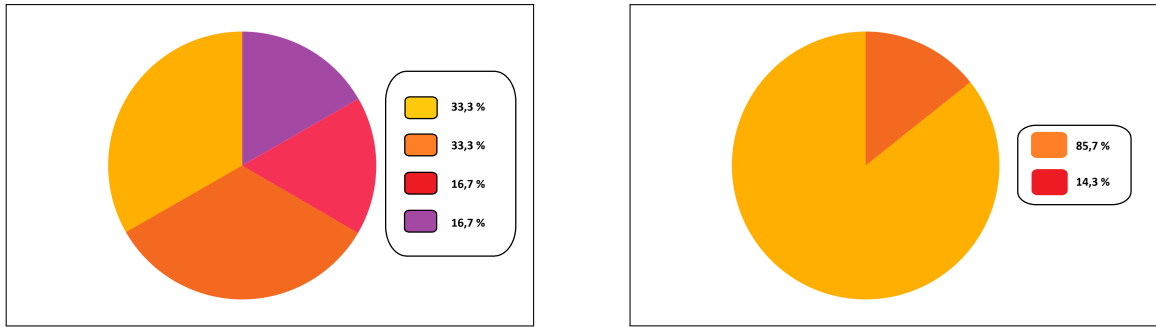


FIGURE I.1 – Résultats du sondage - Question 1 (gauche) et Question 2 (droite)

Question	Résultats
Quels sont selon vous les principaux problèmes qui impactent la qualité des soins dans les hôpitaux algériens ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manque de personnel – 33,3 % des répondants. Cette situation creuse une insuffisance de la main-d’œuvre pour chaque soignant en raison de la charge de travail par soignant, ce qui est susceptible de nuire à la qualité du suivi et la prise en charge des urgences.</li> <li>• Surveillance insuffisante des patients – 33,3 %. Elle est souvent la conséquence du point précédent et met en relief l’absence de suffisantes d’effectifs, et le manque de solutions de monitoring automatiques, rendant l’observation continue du statut des patients impossible.</li> <li>• Lenteur dans la transmission des informations – 16,7 %. Les échanges continuent d’être réalisés sur des documents papiers ou des logiciels non interopérables, ce qui fait que la circulation des données est entravée et pareillement la coordination inter-services est entravée.</li> <li>• Équipements obsolètes – 16,7 %. Le manque d’intervention sur le matériel médical pour les traiter comme modernes restreint la possibilité de faire un diagnostic et un traitement c’est un manque d’investissement sur un chronomètre des infrastructures.</li> </ul>
Pensez-vous que la communication et la coordination entre médecins, infirmiers et administration pourraient être améliorées grâce à un système numérique intégré ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oui – 85,7 % des participants. Une large majorité estime qu’un portail ou une plateforme commune permettrait de centraliser les informations patient, d’accélérer les échanges et de réduire les erreurs liées aux ruptures de transmission.</li> <li>• Non – 14,3 %. Certains jugent que les contraintes techniques (pannes, manque de formation) ou organisationnelles (résistance au changement, coûts de déploiement) pourraient limiter l’efficacité d’un tel système.</li> </ul>

TABLEAU I.1 – Résultats détaillés du sondage

L'analyse des résultats du sondage révèle que le système hospitalier actuel fait face à des défis importants en termes de ressources humaines, de surveillance des patients et de transmission d'informations. La grande majorité des participants considère qu'une solution numérique intégrée pourrait résoudre efficacement ces problématiques.

### **I.3 Analyse comparative des systèmes concurrents**

Notre objectif est de réaliser une étude comparative entre notre système **SEHATECH** et ceux des autres systèmes qui existent en Algérie et dans le secteur mondial, dans le but de :

- o Identifier les points forts et faibles de chaque système.
- o Optimiser notre système en intégrant les meilleures pratiques pour le domaine de la santé.
- o Améliorer l'efficacité et la satisfaction des patients et du staff médical.
- o Évaluer l'impact de notre système par rapport aux standards existants dans le marché.

#### **I.3.1 Systèmes nationaux (Algérie)**

D'après nos recherches approfondies, nous constatons qu'il n'existe pas de systèmes hospitaliers véritablement intelligents et complets sur le marché algérien. Bien que quelques solutions numériques de gestion hospitalière soient disponibles, comme DEM DZ qui est utilisé dans quelques hôpitaux publics, elles ne proposent pas des fonctionnalités suffisamment intégrées pour répondre aux besoins complexes comme la surveillance des patients en temps réel dans les établissements de santé.

Nous avons choisi les deux systèmes suivants pour notre étude :

- o **Nom du système** : DEM DZ<sup>14</sup>
- o **Pays** : Algérie
- o **Date de sortie** : 2012
- o **URL** : Accessible via les plateformes des hôpitaux ou du Ministère de la Santé par une adresse IP locale
- o **Présentation du système** : DEM DZ est un système de gestion des dossiers médicaux électroniques créé en Algérie qui est déjà utilisé par plusieurs hôpitaux publics.

---

14. *CORRESPONDANTS INFORMATIQUES DE SANTE TISSEMSILT. (2023, 5 janvier). Guide d'utilisation du DEM-DZ [Vidéo]. YouTube. <https://youtu.be/G-13aJXDwUE>*

Son but principal est de remplacer les vieux dossiers en papier par des versions digitales. Grâce à ce système, les médecins et infirmiers peuvent plus facilement trouver et partager les informations des patients. DEM DZ aide aussi à mieux organiser le travail entre les différents services dans l'hôpital, ce qui peut réduire les erreurs dans les traitements et améliorer la qualité des soins. Cependant, ce système reste assez simple et ne peut pas faire certaines choses importantes comme surveiller les patients en temps réel ou envoyer des alertes automatiques quand l'état d'un patient change.

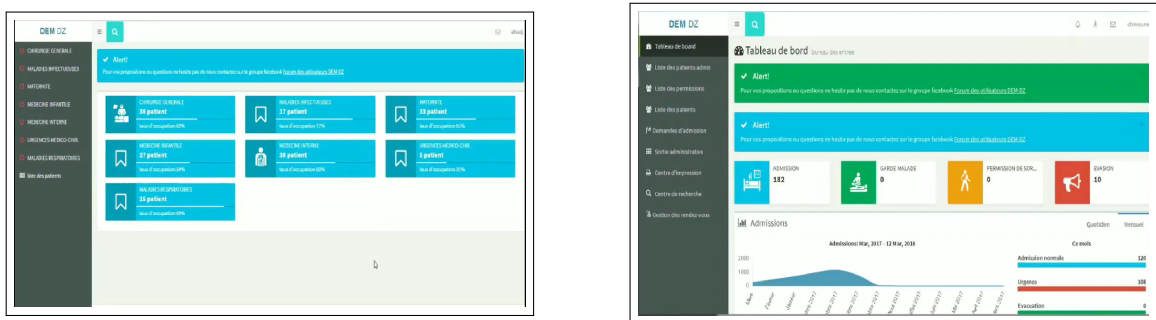


FIGURE I.2 – Vue sur le Système "DEM DZ"

Après avoir étudié le système DEM DZ, qui est principalement orienté vers la gestion des dossiers médicaux, nous avons analysé une deuxième solution algérienne qui se concentre davantage sur la relation directe avec les patients. Cette solution mobile offre une approche différente mais complémentaire.

- o **Nom de l'application** : Dr.add<sup>15</sup>
- o **Pays** : Algérie
- o **Date de sortie** : 2019
- o **URL** : Non disponible
- o **Présentation de l'application** : Dr.add est une application mobile développée par une startup algérienne qui facilite la gestion des rendez-vous médicaux. Pour les médecins, elle permet d'organiser leur agenda et de suivre les dossiers patients. Pour les utilisateurs, elle offre la prise de rendez-vous en ligne, des rappels automatiques et l'accès à leurs informations médicales. Bien que cette solution représente une avancée dans la numérisation des services de santé en Algérie, elle ne propose pas le suivi en temps réel des patients ni la communication entre services hospitaliers.

15. *Projet de fin d'étude Dr.ADD - Daroua Assia.* <https://www.esm-tlemcen.dz>

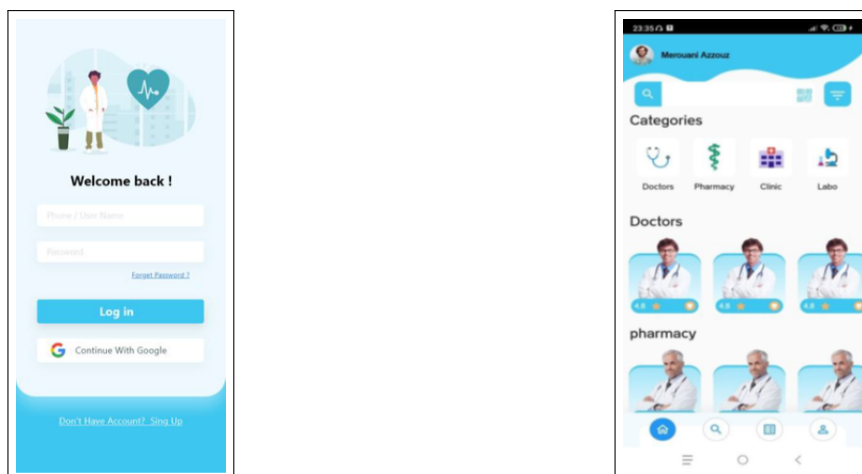


FIGURE I.3 – Vues sur l'application "Dr.add"

### I.3.2 Systèmes internationaux

Suite à l'analyse des systèmes actuels utilisés en Algérie, notre étude a élargi son champ d'application pour inclure des stratégies internationales qui pourraient être utilisées pour développer notre système.<sup>16</sup> De telles meilleures pratiques illustrent les méthodes que d'autres pays utilisent pour atteindre des objectifs similaires dans le domaine de la santé numérique.

- o **Nom de l'application** : Emias<sup>17</sup>
- o **Pays** : Russie
- o **Date de sortie** : 2014
- o **URL** : <https://emias.info/>
- o **Présentation de l'application** : Emias est une plateforme numérique complète développée à Moscou, devenue l'un des systèmes de santé les plus avancés en Europe de l'Est. Elle connecte patients, médecins et administrations pour simplifier toutes les démarches médicales. Ses fonctionnalités principales sont : la prise de rendez-vous en ligne, le suivi électronique des dossiers patients, les prescriptions numériques et les rappels automatiques. Particulièrement efficace, ce système permet aux citoyens russes d'accéder à leurs données médicales depuis leur smartphone et de gérer plusieurs polices d'assurance santé dans une seule interface.

16. *Global Digital Health Strategies*, World Health Organization, 2020. <https://www.who.int/health-topics/digital-health>

17. *Application Emias, Système d'information médicale de Moscou*, 2021. <https://emias.info>

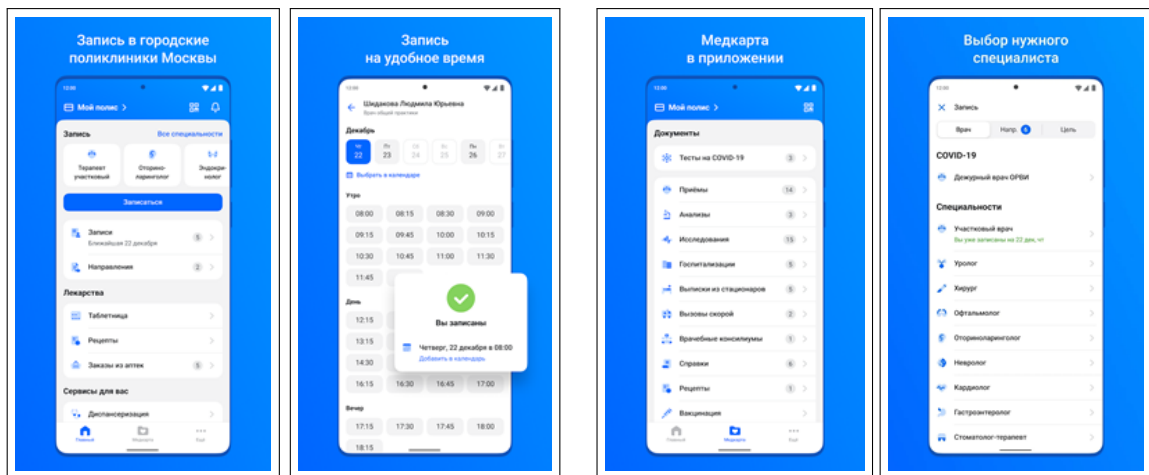


FIGURE I.4 – Vues de l'application mobile "Emias" - Écrans principaux du système

Aussi, parmi les systèmes avancés que nous avons identifiés, le modèle italien offre également une approche intéressante, avec une intégration plus poussée entre recherche et soins médicaux :

- o **Nom du système** : Casa Sollievo della Sofferenza<sup>18</sup>
- o **Pays** : Italie
- o **Date de sortie** : 1956
- o **URL** : <https://www.operapadrepio.it/>
- o **Présentation** : Cet hôpital a été créé par Saint Pio et c'est un endroit très spécial où les médecins font à la fois des soins et de la recherche. Ils ont un système informatique qui permet de suivre tout le parcours du patient : les dossiers électroniques, les consultations à distance, et même des robots qui aident les médecins. Ce qui est intéressant, c'est qu'ils utilisent beaucoup de technologies gratuites (open source) pour leur travail. Ils font aussi des recherches très avancées sur les nouvelles thérapies avec les cellules du corps humain. Cet exemple est important pour nous car il montre comment on peut combiner les soins aux patients avec la recherche scientifique.

18. Centre hospitalier Casa Sollievo della Sofferenza, Fondation de recherche et de soins, 2023. <https://www.operapadrepio.it>

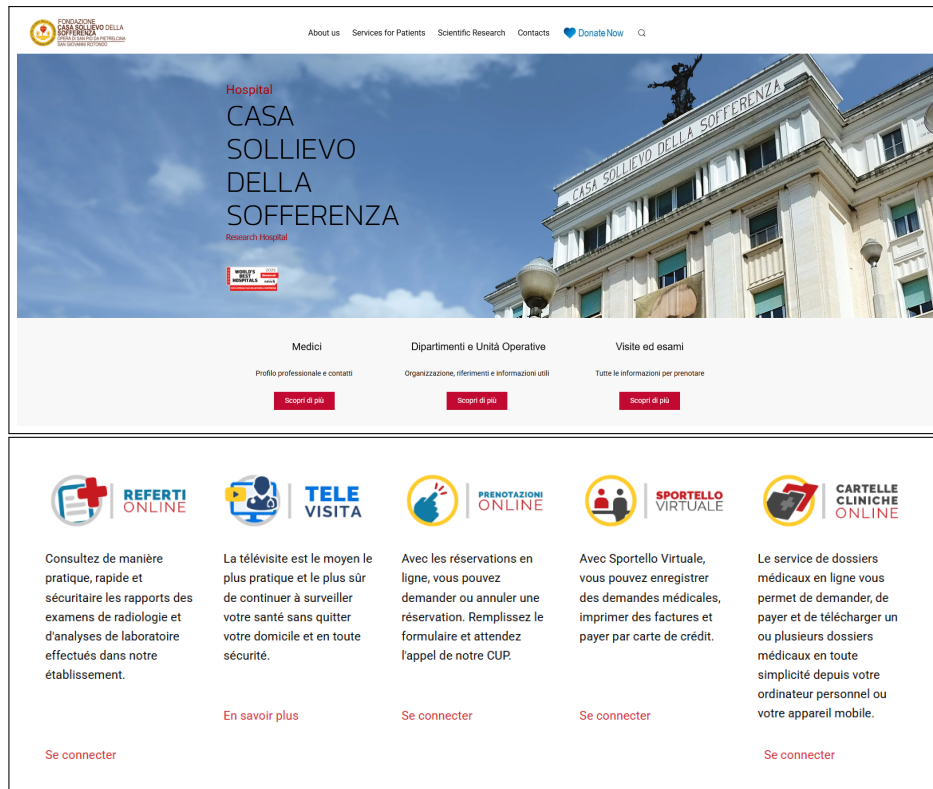


FIGURE I.5 – Vues sur l’Hôpital Casa Sollievo della Sofferenza et ses services

Pour finir notre étude des systèmes étrangers, on a trouvé un exemple très moderne en Arabie Saoudite. Ce pays a fait beaucoup d’efforts pour améliorer ses hôpitaux ces dernières années :

- o **Nom du système** : Seha Virtual Hospital <sup>19</sup>
- o **Pays** : Arabie Saoudite
- o **Date de sortie** : 2020
- o **URL** : <https://www.moh.gov.sa/en/eServices/Pages/cassystem.aspx>
- o **Présentation** : Seha Virtual Hospital fait partie du grand projet "Vision 2030" de l’Arabie Saoudite pour moderniser le pays. C’est comme un hôpital, mais qui existe seulement sur internet ! Les patients peuvent voir des médecins spécialistes sans quitter leur maison, ce qui est très pratique quand on habite loin des grandes villes. Les médecins peuvent parler avec les patients par vidéo, envoyer et recevoir des documents médicaux de façon sécurisée, et même faire des ordonnances électroniques.

19. Ministère de la Santé d’Arabie Saoudite, Plateforme de télémédecine Seha, 2022. <https://www.moh.gov.sa>

Ce qui est vraiment nouveau dans ce système, c'est que certains patients reçoivent des petits appareils qui mesurent leur tension, leur cœur ou leur sucre dans le sang, et ces appareils envoient directement les résultats au médecin. Comme ça, les personnes malades n'ont pas besoin de se déplacer tout le temps à l'hôpital.



FIGURE I.6 – Interface du système "Seha Virtual Hospital" - Plateforme de télémédecine

## I.4 Tableau comparatif des systèmes

Maintenant qu'on a vu tous ces différents systèmes, on peut les comparer pour voir ce que chacun fait de bien. Dans le tableau suivant, on a mis tous les systèmes côte à côte avec leurs fonctions. Comme ça, on peut voir facilement ce que notre système SEHATECH apporte de nouveau par rapport aux autres.

Cette comparaison nous aide à montrer que notre projet est vraiment utile et répond à des besoins qui ne sont pas encore satisfaits par les systèmes existants.







Fonctionnalités						
	DEM	Dr.add	Emias	Sollievo	Seha	SEHATECH
Surveillance vidéo avec reconnaissance faciale	×	×	×	×	×	✓*
Intégration capteurs IoT	×	×	×	×	×	✓*
Suivi paramètres vitaux à distance	×	×	×	×	✓	✓
Suivi des patients en temps réel	×	×	✓	✓	✓	✓
Prescription électronique	×	×	✓	✓	✓	✓
Alertes et notifications	×	✓	✓	×	✓	✓
Application mobile patients	×	✓	✓	×	✓	✓
Gestion dossiers médicaux	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rendez-vous en ligne	×	✓	✓	✓	✓	✓
Télémédecine	×	×	×	✓	✓	×

TABLEAU I.2 – Comparaison des systèmes hospitaliers - Avantages de SEHATECH

✓ : Fonctionnalité optimisée SEHATECH

✓ : Fonctionnalité présente

×

\* : Exclusivité SEHATECH

## **I.5 Impact du projet**

Le système SEHATECH représente bien plus qu'une simple innovation technologique ; il constitue une transformation fondamentale de l'écosystème de santé algérien. Notre analyse prospective démontre que son implémentation générera des avantages significatifs et mesurables à court, moyen et long termes, tant pour les patients que pour les professionnels de santé et les institutions hospitalières.

### **I.5.1 Impacts sociaux**

La dimension sociale constitue le cœur de notre projet, avec des répercussions directes sur la qualité des soins et la satisfaction des patients :

- o **Amélioration de la qualité des soins :**
  - Surveillance continue des patients
  - Transmission rapide des informations médicales
  - Identification anticipée des complications
- o **Transformation de l'expérience du personnel médical :**
  - Automatisation des tâches de surveillance
  - Meilleure organisation du travail
  - Diminution des erreurs médicales
- o **Accessibilité des soins :**
  - Gestion optimisée des ressources hospitalières
  - Réduction des temps d'attente
  - Suivi à distance des patients
- o **Renforcement de la confiance dans le système de santé :**
  - Utilisation de technologies avancées
  - Transparence des informations médicales
  - Amélioration de la communication patient-médecin

### **I.5.2 Impacts économiques**

L'analyse économique révèle que notre système, au-delà de ses bénéfices sociaux, présente un modèle financièrement viable et générateur de valeur pour l'ensemble du secteur :

- o **Réduction des coûts hospitaliers :**
  - Prévention des incidents médicaux
  - Diminution des hospitalisations prolongées
  - Optimisation des ressources matérielles
- o **Optimisation des ressources humaines :**
  - Allocation efficace du personnel médical
  - Réduction des besoins en recrutement
  - Amélioration de la productivité
- o **Création d'emplois dans le secteur technologique :**
  - Développement de solutions IoT médicales
  - Maintenance des systèmes
  - Formation et support technique
- o **Réduction des erreurs médicales :**
  - Diminution des coûts liés aux complications
  - Amélioration de la réputation des établissements de santé

## I.6 Synthèse de l'existant

Notre analyse approfondie des systèmes hospitaliers existants, tant en Algérie qu'à l'international, révèle plusieurs constats fondamentaux qui orientent le développement de notre solution SEHATECH :

- o **Un écart technologique significatif :** Les solutions nationales actuelles (DEM DZ, Dr.add) restent limitées aux fonctionnalités de base comme la gestion des dossiers médicaux et la prise de rendez-vous, sans intégration de technologies avancées comme l'IoT ou l'intelligence artificielle.<sup>20</sup>
- o **Des solutions fragmentées :** Aucun système existant n'offre une solution globale intégrant la surveillance en temps réel, la communication entre acteurs hospitaliers, et l'analyse prédictive dans une plateforme unique.<sup>21</sup>
- o **Des besoins utilisateurs non satisfaits :** Notre sondage révèle des attentes fortes en matière de surveillance des patients (33,3%), de coordination entre services (16,7%) et d'équipements modernisés (16,7%), auxquelles les systèmes actuels ne répondent pas adéquatement.

---

20. *Digital Health in Developing Countries : Challenges and Opportunities, Journal of Medical Internet Research, 2019.* <https://www.jmir.org>

21. *The Challenge of Health System Fragmentation, World Bank, 2018.* <https://www.worldbank.org>

- o **Des opportunités d'innovation claires** : L'intégration de la surveillance vidéo et des dispositifs IoT représente une avancée majeure que notre système est le seul à proposer parmi tous ceux étudiés.<sup>22</sup>

Cette synthèse confirme l'importance de notre approche qui vise à combler ces lacunes en proposant un système intégré, intelligent et adapté au contexte algérien. SEHATECH se positionne ainsi comme une solution novatrice qui, en s'inspirant des meilleures pratiques internationales tout en répondant aux défis spécifiques locaux, a le potentiel de transformer radicalement l'écosystème hospitalier national.

## **I.7 Conclusion**

Pour finir ce chapitre, nous avons remarqué que les hôpitaux en Algérie ont vraiment besoin de changer leurs façons de travailler. Nos recherches ont montré que les systèmes actuels ne sont pas assez bons pour aider les médecins et les patients. Notre projet veut régler ces problèmes en créant quelque chose de nouveau qui sera plus utile pour tout le monde dans les hôpitaux de notre pays.

---

22. *Innovation in Healthcare : The Role of Technology*, Harvard Business Review, 2021. <https://hbr.org>

## **Chapitre II**

# **Conception et modélisation du système**

## II.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons explorer les besoins essentiels pour notre système. Comprendre ces besoins représente la fondation de notre projet, car sans cette base solide, nous risquons de développer un système qui ne répond pas aux attentes réelles. C'est pourquoi on a pris le temps d'interroger et d'écouter attentivement les professionnels du domaine médical, pour être sûrs que notre solution répondra vraiment à leurs problèmes quotidiens.<sup>23</sup>

Cette démarche d'écoute et d'observation n'est pas nouvelle dans le domaine médical. En fait, elle s'inscrit dans une tradition ancienne et respectée. Depuis des siècles, les grands médecins arabes ont compris l'importance d'adapter les soins aux besoins spécifiques de chaque patient, comme le rappelle cette sagesse ancienne :<sup>24</sup>

*“Le médecin habile est celui qui observe attentivement avant de prescrire, qui écoute avec soin avant de diagnostiquer. Un système de soins parfait est comme un jardin bien entretenu où chaque plante reçoit exactement ce dont elle a besoin pour s'épanouir.”*

– Ibn Sina (Avicenne), *Canon de la médecine*, 1025.

S'inspirant de cette philosophie millénaire, notre approche pour concevoir un bon système hospitalier intelligent commence par identifier précisément qui va l'utiliser et quelles sont leurs attentes. C'est comme quand on prépare un repas pour des amis, il faut savoir ce qu'ils aiment manger ! Dans notre cas, les utilisateurs sont variés : médecins, infirmiers, patients et personnel administratif. Chacun a des besoins différents que notre système doit satisfaire harmonieusement.

Pour collecter ces informations précieuses, on a utilisé plusieurs méthodes complémentaires. L'observation sur le terrain dans les cliniques et les hôpitaux nous a montré les défis concrets auxquels ils font face chaque jour. Malgré quelques difficultés, notamment la disponibilité limitée des médecins très occupés, nous avons réussi à recueillir des données essentielles. En parallèle, l'analyse des systèmes existants nous a aidés à identifier les fonctionnalités indispensables et les lacunes à combler.

Dans les pages qui suivent, nous présenterons d'abord notre entreprise, ses acteurs principaux, puis nous détaillerons méthodiquement toutes les exigences fonctionnelles (ce que le système doit faire) et non-fonctionnelles (comment il doit le faire). Ensuite, nous allons présenter une vue globale comment le tout va fonctionner, après nous allons présenter la modélisation du système suivant les normes UML, et enfin nous allons mentionner tous les outils utilisés pour la réalisation du projet.

---

23. *User-Centered Design in Healthcare IT*, National Library of Medicine, 2019. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6687264/>

24. *Avicenna, The Canon of Medicine, 1025. English translation : Laleh Bakhtiar, Great Books of the Islamic World, 1999.*

## II.2 SEHATECH



De nos jours, on voit bien que la technologie est partout et change plein de choses. Le secteur médical n'échappe pas à cette règle et doit aussi s'adapter aux nouvelles technologies. C'est pour ça que la transformation numérique dans les hôpitaux est devenue super importante pour rendre les soins meilleurs et plus efficaces.

Notre système qu'on a appelé SEHATECH est une sorte de solution innovante qui essaie de changer la façon dont les hôpitaux algériens fonctionnent. En gros, on veut passer d'une gestion plutôt classique à quelque chose de plus moderne et intelligent. Notre but principal, c'est vraiment d'améliorer comment les patients sont pris en charge et comment le personnel médical travaille au quotidien.

SEHATECH est en fait le nom qu'on a donné à notre entreprise qui travaille sur la transformation numérique dans le domaine de la Santé. On a essayé d'intégrer différentes technologies modernes pour que les soins soient meilleurs, que la gestion des hôpitaux soit plus simple, et que les patients aient une meilleure expérience quand ils viennent se faire soigner.

Au fur et à mesure de notre développement, on s'est rendu compte que SEHATECH pouvait devenir un partenaire important pour les cliniques privées et même les hôpitaux publics en Algérie. Ce qu'on fait, c'est qu'on les aide à constamment améliorer leurs services et leurs équipements grâce à des technologies qui marchent bien et un support technique qui est toujours disponible quand ils en ont besoin.

## II.3 Identification des acteurs

Dans cette partie, on va identifier les personnes principales qui vont utiliser notre système SEHATECH. Ces personnes sont appelées "acteurs" parce qu'ils jouent un rôle important dans l'utilisation du système. Chaque acteur a des responsabilités différentes et va utiliser des parties différentes de notre application.

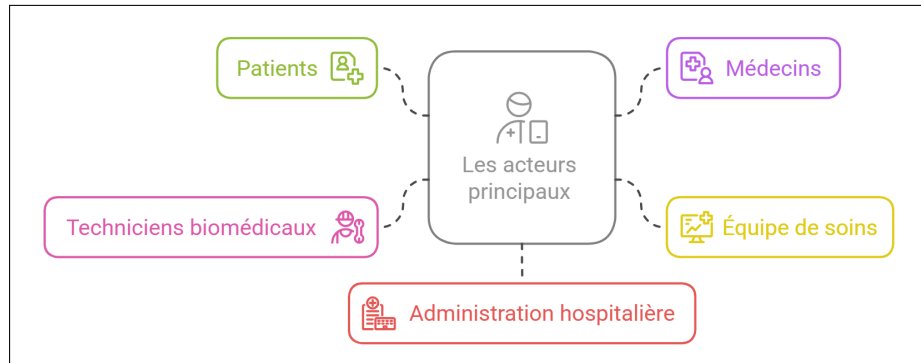


FIGURE II.1 – Acteurs principaux du système

Comme on peut voir dans la Figure II.1, notre système a cinq types d'utilisateurs principaux. Dans les sections suivantes, nous allons détailler le rôle de chacun et expliquer comment ils vont interagir avec notre système SEHATECH.

### II.3.1 Administration hospitalière

L'administration hospitalière représente les personnes qui gèrent l'hôpital au quotidien. Leur rôle est essentiel pour assurer le bon fonctionnement de l'établissement et la coordination entre tous les services.

Avec notre système SEHATECH, l'administration hospitalière peut :

- Gérer les chambres et voir en temps réel lesquelles sont libres ou occupées
- Effectuer les tâches administratives comme l'admission des patients de manière plus efficace
- Créer des comptes pour les différents utilisateurs et définir leurs niveaux d'accès dans le système
- Gérer les dossiers médicaux électroniques à la demande des médecins
- Avoir une vue d'ensemble sur l'occupation et les ressources de l'hôpital
- Gérer les factures des patients et les paiements
- Surveiller les droits d'accès et les notifications
- Gérer les hospitalisations et les billets de salle

Cette digitalisation des processus administratifs permet de réduire considérablement le temps consacré aux tâches bureaucratiques et d'optimiser l'utilisation des ressources hospitalières.

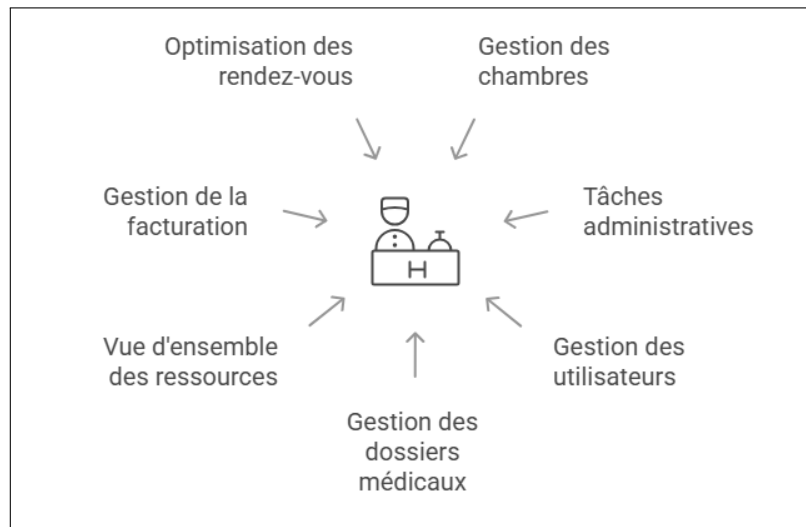


FIGURE II.2 – Rôles des administrateurs dans le système

### II.3.2 Médecins

Les médecins sont au cœur du système de soins. Ce sont eux qui diagnostiquent les patients, prescrivent les traitements et suivent l'évolution de leur état de santé. Leur temps est précieux et souvent limité face au nombre de patients à traiter.

Notre système leur permet de :

- Surveiller et consulter en temps réel les informations de santé des patients hospitalisés
- Utiliser des caméras avec reconnaissance faciale pour surveiller l'état des patients sans avoir à les déranger
- Recevoir des alertes automatiques si l'état d'un patient est critique
- Rédiger des prescriptions et demander des examens directement sur l'ordinateur
- Programmer l'hospitalisation d'un patient quand son état le nécessite
- Accéder à l'historique médical complet du patient pour prendre des décisions plus éclairées
- Gérer les dossiers médicaux des patients avec toutes les informations cliniques importantes
- Gérer leurs rendez-vous avec les patients en fonction de leurs disponibilités
- Pour les chirurgiens : planifier les interventions chirurgicales et suivre les patients avant, pendant et après l'opération

- Pour les chirurgiens : consulter l'historique des interventions et enregistrer les détails des opérations réalisées

Grâce à ces fonctionnalités, les médecins peuvent consacrer plus de temps au soin direct des patients et moins aux tâches administratives, tout en bénéficiant d'outils d'aide à la décision plus performants.

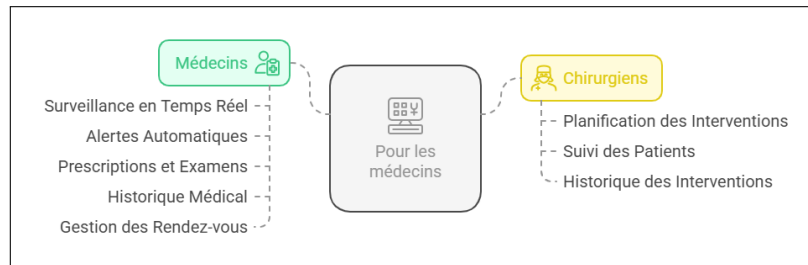


FIGURE II.3 – Rôles des médecins dans le système

### II.3.3 Équipes de soins (infirmiers & aides-soignants)

Les équipes de soins, composées d'infirmiers et d'aides-soignants, sont en contact permanent avec les patients. Ce sont elles qui assurent les soins quotidiens, administrent les traitements prescrits par les médecins et surveillent l'évolution de l'état des patients.

Avec SEHATECH, les équipes de soins peuvent :

- Consulter facilement les informations de santé et les paramètres vitaux des patients
- Accéder au plan de soins détaillé pour organiser efficacement leur travail
- Enregistrer l'administration des tâches soignantes aux patients pour éviter les erreurs
- Recevoir des notifications sur leur smartphone quand une action urgente est nécessaire
- Communiquer plus efficacement avec les autres membres de l'équipe de même service

Ces fonctionnalités permettent aux équipes de soins de travailler de manière plus organisée et de réduire les risques d'erreurs, tout en améliorant la qualité des soins prodigués aux patients.

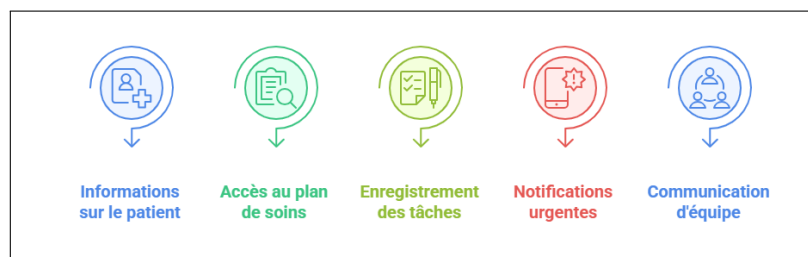


FIGURE II.4 – Rôles des équipes de soins dans le système

### II.3.4 Patients

Les patients sont la raison d'être de tout système hospitalier. Ce sont les personnes qui viennent à l'hôpital pour recevoir des soins médicaux. Leur expérience et leur satisfaction sont des indicateurs importants de la qualité des services hospitaliers.

Notre système offre aux patients :

- Un accès à leur dossier médical personnel à tout moment
- Une carte d'identité électronique attribuée et accessible depuis l'application mobile
- La possibilité de suivre leurs rendez-vous médicaux et de recevoir des rappels automatiques
- Une transparence sur les factures et les remboursements possibles
- La capacité d'envoyer des informations sur leur état de santé (température, tension, etc.) directement aux médecins via une application mobile dédiée
- Un meilleur suivi de leurs traitements et de leur évolution médicale

En impliquant davantage les patients dans leur parcours de soins, SEHATECH contribue à une meilleure adhésion aux traitements et à une relation patient-médecin plus collaborative.

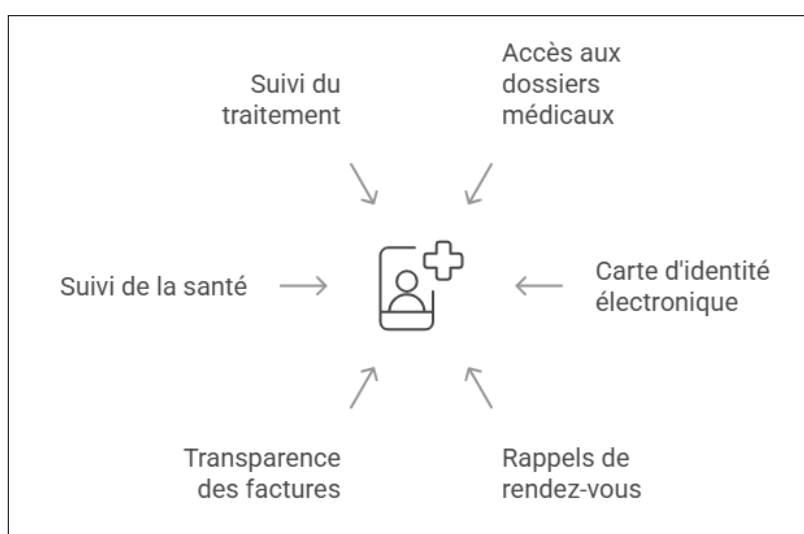


FIGURE II.5 – Rôles des patients dans le système

### II.3.5 Techniciens biomédicaux

Les techniciens biomédicaux jouent un rôle crucial mais souvent moins visible dans le fonctionnement d'un hôpital moderne. Ils sont responsables de la maintenance et du bon fonctionnement de tous les équipements médicaux, dont certains sont vitaux pour les patients.

Avec le système, les techniciens biomédicaux peuvent :

- Surveiller et monitorer en continu l'état de fonctionnement des machines et équipements médicaux
- Recevoir des alertes précoces en cas de dysfonctionnement
- Planifier et documenter la maintenance préventive des équipements
- Optimiser la durée de vie et la fiabilité du matériel médical

Cette gestion proactive des équipements permet de réduire les pannes inattendues, d'optimiser les coûts de maintenance et d'assurer une disponibilité maximale des appareils médicaux essentiels aux soins des patients.

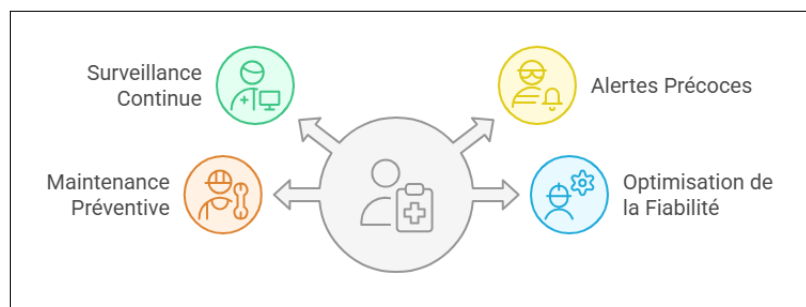


FIGURE II.6 – Rôles des techniciens biomédicaux dans le système

## II.4 Exigences

Maintenant qu'on a vu qui va utiliser notre système, on va parler de ce que SEHATECH doit faire exactement. Les exigences, c'est comme une liste de tout ce que notre système doit pouvoir faire pour être vraiment utile dans un hôpital. On les divise en deux types : les exigences fonctionnelles (ce que le système fait) et les exigences non-fonctionnelles (comment il le fait).<sup>25</sup>

Notre projet veut résoudre les problèmes qu'on a trouvés dans les hôpitaux algériens en créant un système intelligent qui combine plusieurs solutions technologiques. Pour pallier ces problèmes, SEHATECH intègre six solutions technologiques clés :

1. **Surveillance en temps réel des patients via capteurs IoT** : notre système collecte en continu les signes vitaux des patients (fréquence cardiaque, saturation en oxygène, température, etc.) et détecte automatiquement les anomalies, générant des alertes immédiates pour notifier les équipes médicales.<sup>26</sup>

---

25. *Functional and Non-Functional Requirements in Software Engineering*, IEEE, 2018. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8359422>

26. *Internet of Things in Healthcare : Applications, Benefits and Challenges*, National Library of Medicine, 2020. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7761994/>

2. **Surveillance vidéo dans les chambres** : des caméras dans les chambres permettent d'identifier automatiquement les patients hospitalisés et facilitent l'accès instantané à leurs données médicales, sans perturber leur repos.<sup>27</sup>
3. **Gestion numérique et centralisée des dossiers médicaux** : stockage sécurisé des antécédents, prescriptions et examens, avec synchronisation pour un accès distant par les médecins et les patients.<sup>28</sup>
4. **Coordination automatisée des soins et planification** : organisation des consultations et interventions, avec suivi à domicile pour assurer une surveillance continue.<sup>29</sup>
5. **Alertes intelligentes** : notifications en cas d'anomalies vitales, rappels de soins, et surveillance des équipements médicaux et conditions environnementales.<sup>30</sup>
6. **Interface utilisateur adaptée** : interfaces intuitives et accessibles pour tous les types d'utilisateurs, sur différents appareils.<sup>31</sup>

Ces solutions apportent de nombreux avantages : amélioration de la sécurité des patients, réduction des délais d'intervention, diminution des risques d'erreurs médicales, optimisation de la charge de travail des équipes, meilleure coordination entre professionnels, et réduction des tâches administratives.

## II.4.1 Fonctionnelles

Les exigences fonctionnelles représentent toutes les actions que notre système doit pouvoir réaliser pour répondre aux besoins des différents utilisateurs. Basé sur notre analyse des cas d'utilisation, voici les fonctionnalités essentielles pour chaque interface.

### Côté interfaces web

Pour la partie web de notre système, on a mis en place plusieurs fonctions super importantes. En fait, sur un ordinateur, c'est plus pratique de voir beaucoup d'informations en même temps, donc on a fait des pages spéciales pour chaque type d'utilisateur.

---

27. *Continuous patient monitoring with AI : real-time analysis of video in hospital care settings : An Article*, Research Gate, 2025. [https://www.researchgate.net/publication/389710618\\_Continuous\\_patient\\_monitoring\\_with\\_AI\\_real-time\\_analysis\\_of\\_video\\_in\\_hospital\\_care\\_settings](https://www.researchgate.net/publication/389710618_Continuous_patient_monitoring_with_AI_real-time_analysis_of_video_in_hospital_care_settings)

28. *Electronic Health Records and Personal Health Records*, ScienceDirect, 2011. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0749208111000350>

29. *Care Coordination in Healthcare*, Agency for Healthcare Research and Quality, 2018. <https://www.ahrq.gov/ncepcr/care/coordination.html>

30. *Clinical Decision Support Systems : State of the Art*, Agency for Healthcare Research and Quality, 2020. <https://digital.ahrq.gov/ahrq-funded-projects/clinical-decision-support-systems>

31. *Digital Health Accessibility*, World Health Organization, 2021. <https://www.who.int/health-topics/digital-health>

On a fait attention à garder l'interface simple à comprendre même si y a beaucoup de choses à faire avec. Cette partie du système est vraiment centrale, car elle connecte toutes les autres parties entre elles !

<b>Acteur</b>	<b>Exigences fonctionnelles</b>
<b>Administration hospitalière</b>	- Gérer les chambres et voir lesquelles sont libres ou occupées
	- Faire toutes les tâches administratives comme la facturation et les rendez-vous
	- Superviser comment le système fonctionne en temps réel
	- Gérer qui peut accéder à quoi dans le système
	- Créer et gérer les dossiers médicaux quand les médecins le demandent
	- Gérer les factures des patients et les paiements
	- Surveiller les droits d'accès et les notifications
	- Gérer les hospitalisations et les billets de salle
<b>Médecins</b>	- Accéder aux données en temps réel des patients hospitalisés
	- Consulter l'historique des mesures et les dossiers des patients
	- Utiliser la surveillance vidéo dans les chambres
	- Créer des demandes d'hospitalisation (billets de salle)
	- Gérer les opérations chirurgicales et les rendez-vous
	- Suivre l'évolution des patients même à domicile
	- Recevoir des alertes automatiques en cas d'anomalies
	- Créer et modifier des prescriptions médicales
	- Analyser les résultats des examens médicaux
- Planifier des consultations et des opérations	
<b>Techniciens biomédicaux</b>	- Surveiller tous les appareils et capteurs de l'hôpital en temps réel
	- Recevoir des alertes en cas de dysfonctionnement
	- Planifier et documenter la maintenance préventive des équipements
	- Suivre l'état des équipements et leur performance
	- Collecter des données techniques sur les équipements
	- Générer des rapports de maintenance et d'analyse

TABLEAU II.1 – Exigences fonctionnelles - Interfaces web

## Côté applications mobiles

Notre application mobile est conçue pour être facile à utiliser, même pour les personnes qui ne sont pas très à l'aise avec la technologie. Elle permet un accès sécurisé et instantané aux informations importantes, même en déplacement.

Acteur	Exigences fonctionnelles
<b>Équipe de soins</b>	- S'authentifier de façon sécurisée
	- Mesurer et consulter les paramètres vitaux des patients en temps réel
	- Recevoir et prioriser les alertes médicales selon leur gravité
	- Confirmer la prise en charge des alertes et notifier en cas d'urgence
	- Gérer les soins programmés et consulter les tâches planifiées
	- Planifier les soins à venir et modifier leur horaire si nécessaire
	- Administrer les traitements et gérer les tâches soins médicales
	- Signaler les effets indésirables et coordonner le suivi des patients
<b>Patients</b>	- Accéder à leur dossier médical personnel
	- Consulter leurs antécédents médicaux
	- Peut visualiser la carte ID associée
	- Gérer leurs rendez-vous (consulter, modifier, annuler)
	- Recevoir des notifications et des rappels
	- Consulter et télécharger leurs factures et reçus
	- Saisir leurs données vitales à domicile
	- Suivre leur évolution médicale et leurs hospitalisations
	- Recevoir des alertes pour résultats médicaux
	- Accéder à des ressources supplémentaires et informations sur leur séjour

TABLEAU II.2 – Exigences fonctionnelles - Applications mobiles

### II.4.2 Non-fonctionnelles

Les exigences non-fonctionnelles, c'est comment notre système doit fonctionner pour être vraiment bon. C'est comme les qualités qu'il doit avoir en plus de ce qu'il fait.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> *Non-Functional Requirements In Health Information Systems, IEEE, 2019. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8760720>*

Si les exigences fonctionnelles nous disent ce que le système fait, les non-fonctionnelles expliquent comment il le fait bien. C'est un peu comme une voiture : les fonctionnalités c'est qu'elle roule, mais la qualité c'est qu'elle soit confortable, sécurisée et économique. Pour SEHATECH, on a identifié plusieurs catégories d'exigences non-fonctionnelles importantes.

<b>Catégorie</b>	<b>Exigences non-fonctionnelles</b>
<b>Sécurité des données</b>	- Protéger toutes les informations personnelles et médicales des patients
	- Crypter les données quand on les stocke et quand on les envoie
	- Limiter ce que chaque personne peut voir selon son rôle
	- Avoir un système de connexion très sécurisé
<b>Performance</b>	- Répondre en moins de 3 secondes quand on lui demande quelque chose
	- Fonctionner tout le temps, 24h sur 24 et 7 jours sur 7
	- Pouvoir gérer des centaines de patients en même temps sans ralentir
<b>Fiabilité technique</b>	- Avoir des systèmes de secours pour les parties importantes
	- Faire des sauvegardes automatiques tous les jours
	- Continuer à fonctionner même si certains capteurs tombent en panne
<b>Accessibilité</b>	- Avoir une interface simple que tout le monde peut comprendre
	- Fonctionner sur différents appareils (ordinateurs, tablettes, téléphones)
	- Être adapté aux besoins de chaque type d'utilisateur
<b>Évolution future</b>	- Pouvoir intégrer facilement de nouvelles technologies
	- S'adapter si l'hôpital grandit et a plus de patients
	- Être facile à mettre à jour sans tout arrêter
	- Avoir des outils pour trouver rapidement les problèmes
<b>Interopérabilité</b>	- Utiliser des formats de données standards dans le domaine médical
	- Supporter les protocoles de communication standards pour les appareils médicaux connectés
<b>Contraintes techniques</b>	- Il doit fonctionner sur des serveurs très sécurisés
	- Tous les capteurs IoT doivent être certifiés pour l'usage médical
	- Il doit respecter toutes les normes médicales en vigueur en Algérie

TABLEAU II.3 – Exigences non-fonctionnelles du système SEHATECH

## **II.5 Modélisation UML**

Pour bien organiser notre système et s'assurer que tout fonctionne correctement ensemble, on a utilisé la modélisation UML. C'est une méthode qui utilise des schémas pour représenter comment les différentes parties du système interagissent entre elles. On a choisi d'utiliser plusieurs types de diagrammes pour montrer différents aspects de notre système.

On a utilisé l'outil Modelio et Draw IO (des outils qu'on va voir plus en détail dans la section des outils et technologies utilisés) pour créer tous nos diagrammes parce qu'il est assez simple à utiliser mais quand même puissant. Ça nous a permis de planifier notre système avant de commencer à programmer.

### **II.5.1 Diagrammes de cas d'utilisation**

Les diagrammes de cas d'utilisation nous ont aidés à comprendre comment les différents utilisateurs vont interagir avec notre système. Ils montrent les principales actions que chaque type d'utilisateur peut faire.

# Administrateur

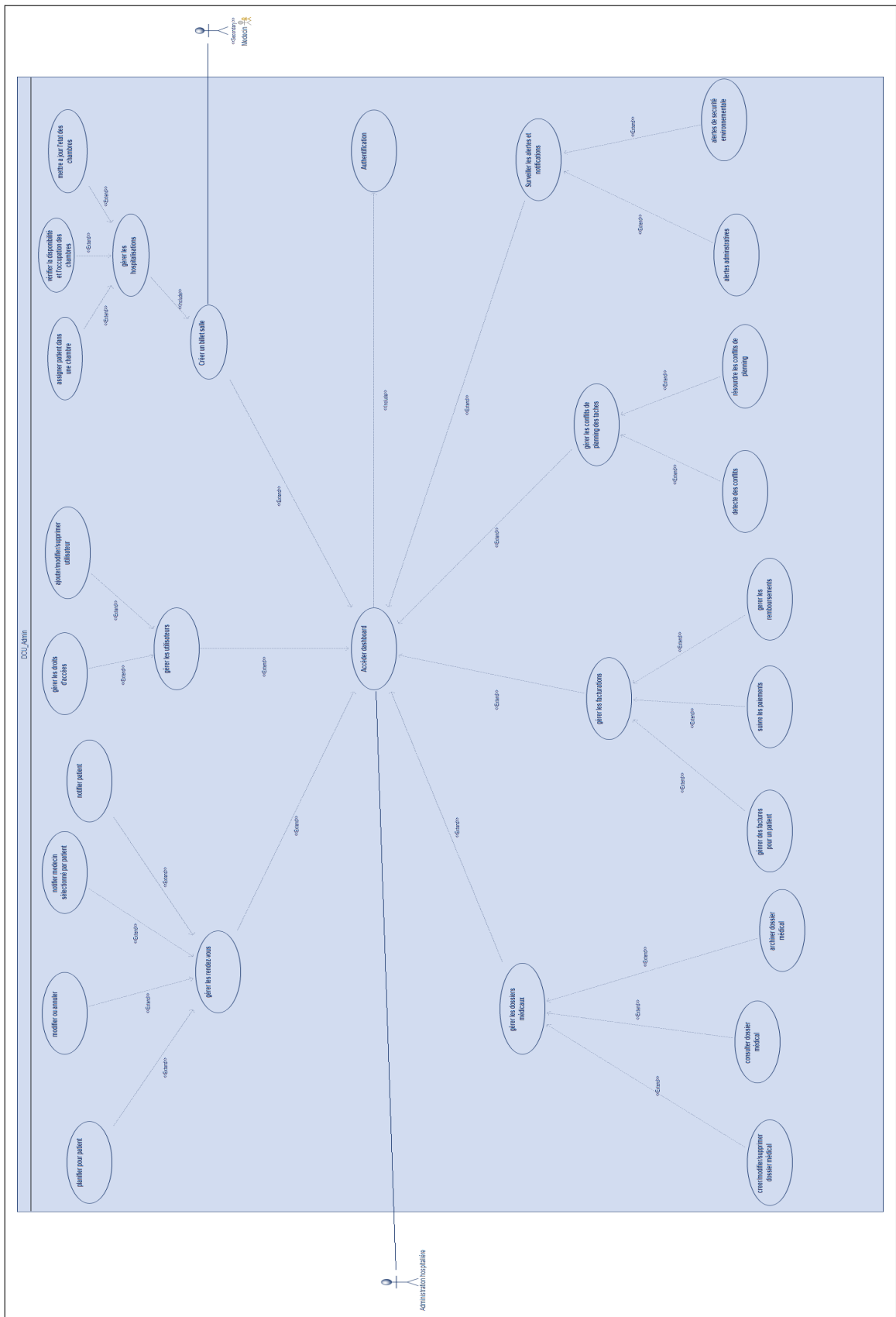


FIGURE II.7 – Diagramme de cas d'utilisation pour l'administrateur

# Médecin

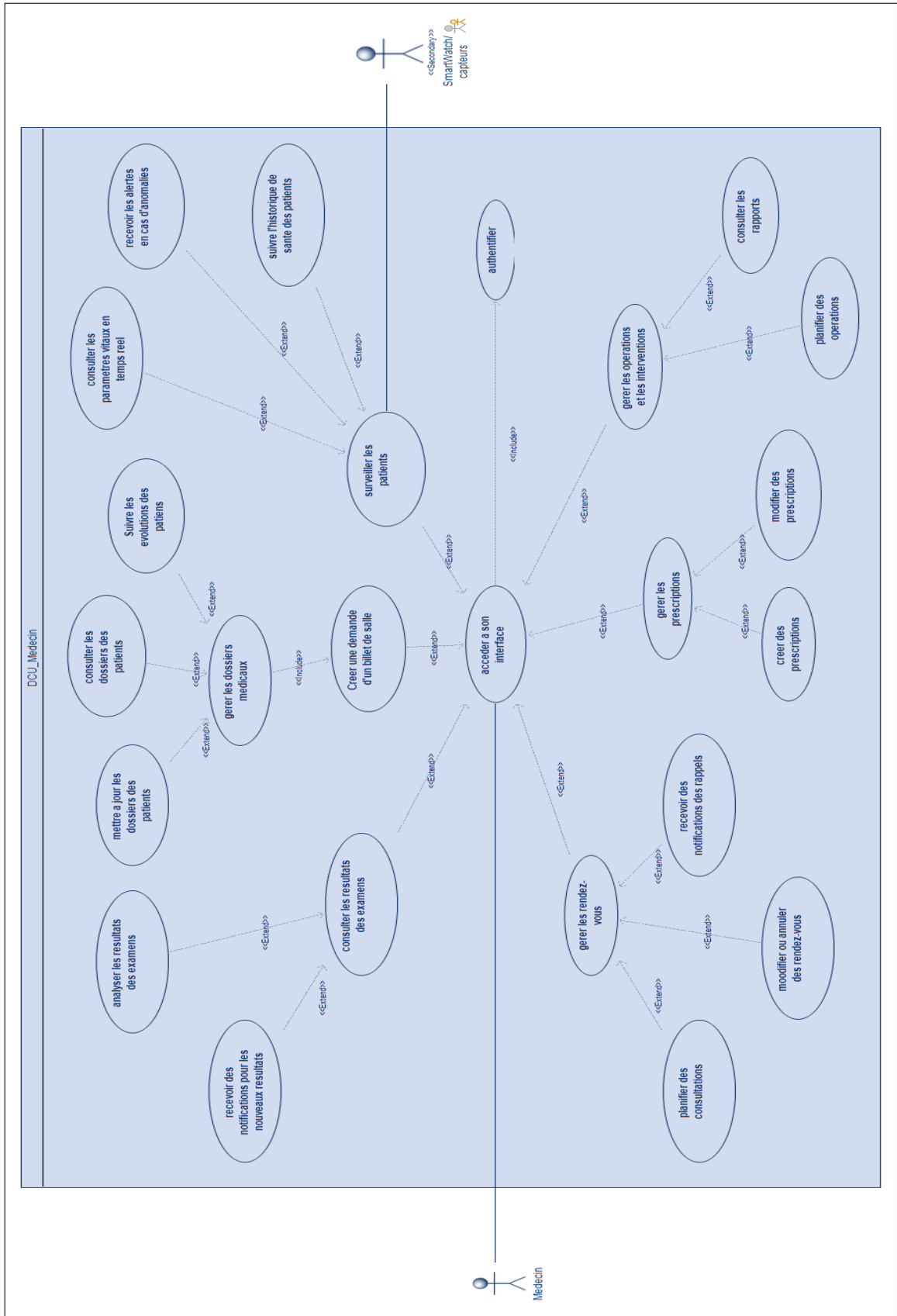


FIGURE II.8 – Diagramme de cas d'utilisation pour le médecin

## Équipe de soins

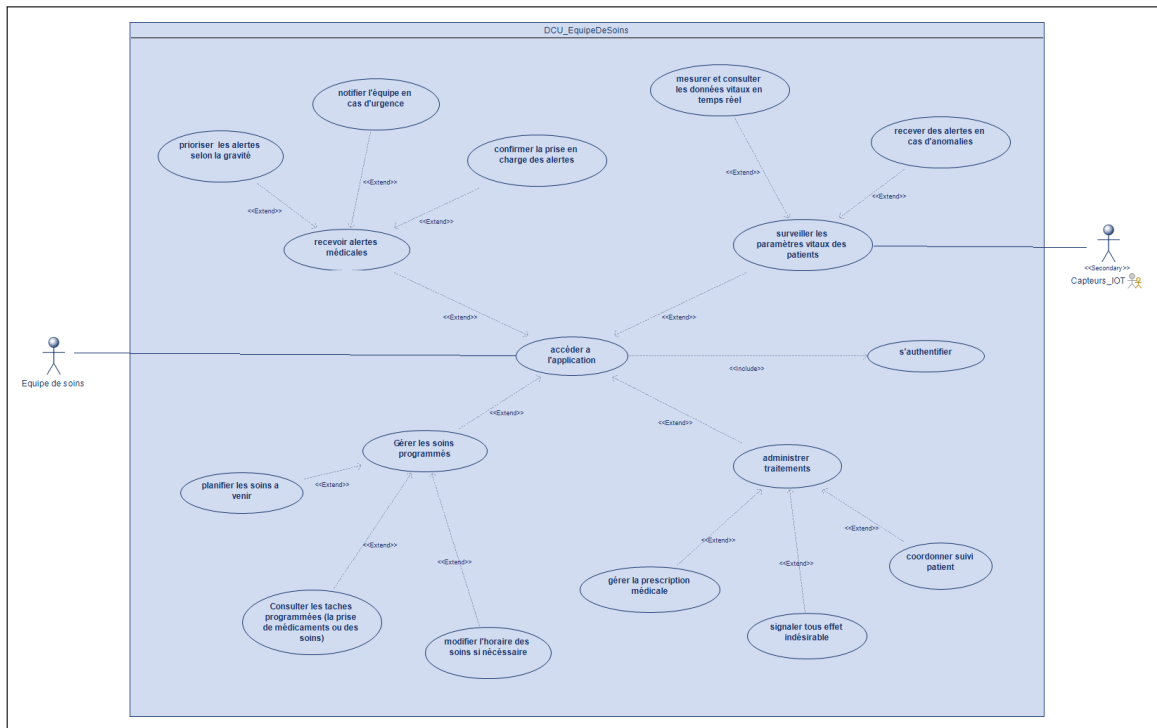


FIGURE II.9 – Diagramme de cas d'utilisation pour l'équipe de soins

## Patient

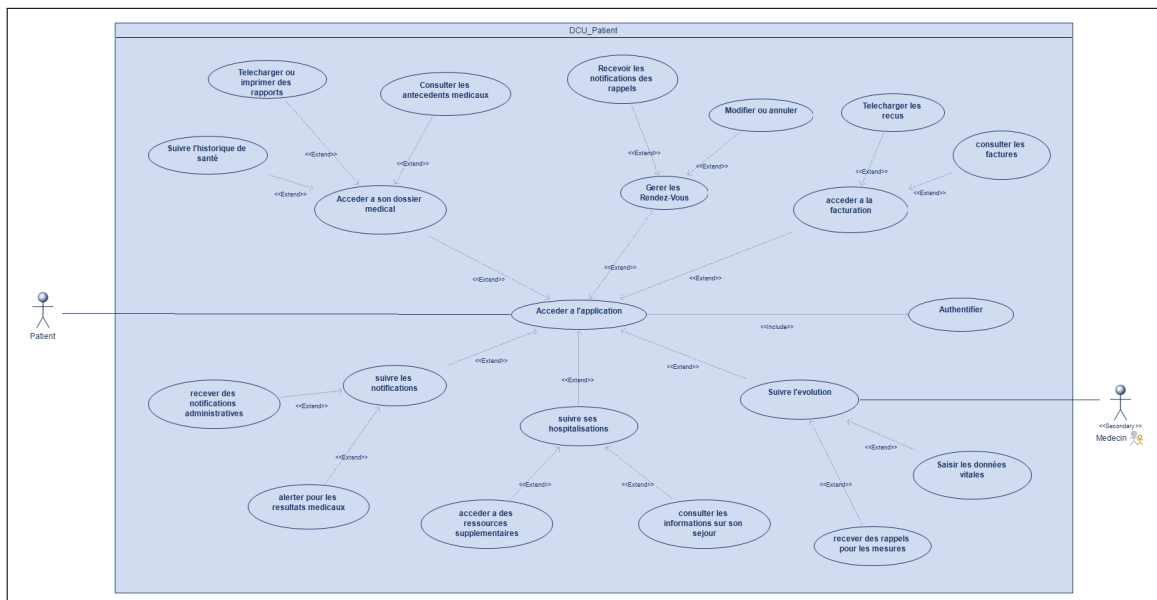


FIGURE II.10 – Diagramme de cas d'utilisation pour le patient

## Technicien biomédical

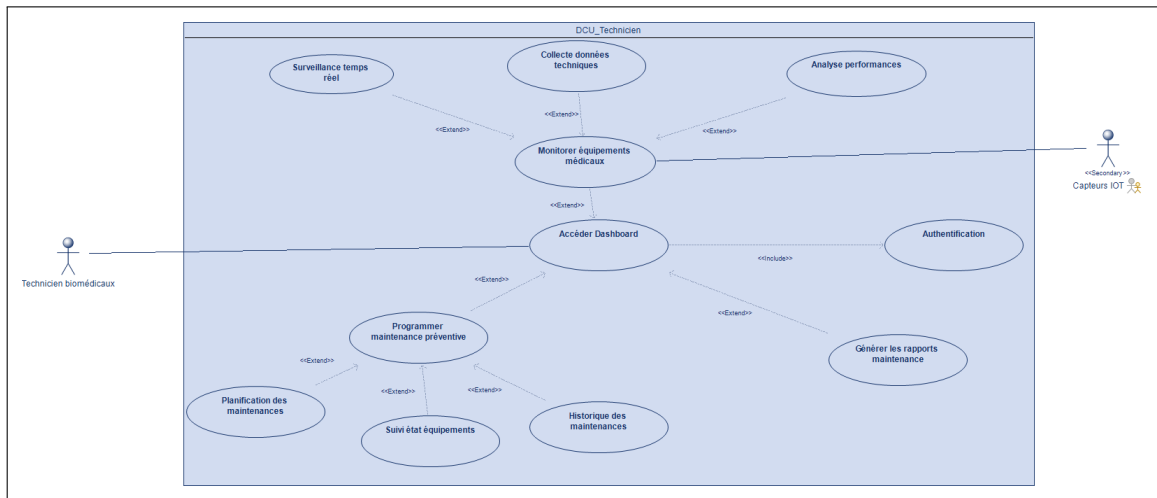


FIGURE II.11 – Diagramme de cas d'utilisation pour le technicien biomédical

### II.5.2 Diagrammes de séquence (par profil utilisateur)

Les diagrammes de séquence montrent comment les différentes parties du système interagissent dans le temps pour accomplir une tâche spécifique. On a créé plusieurs diagrammes pour illustrer les scénarios les plus importants.

#### Administration Hospitalière

**Cas d'utilisation d'admin 1 : Assigner des chambres aux patients** Ce cas d'utilisation permet au personnel administratif d'assigner une chambre disponible à un patient hospitalisé en vérifiant la disponibilité des chambres et en mettant à jour le statut de la chambre dans le système.

##### Volet 1 : Identification

- **Numéro du cas d'utilisation :** UC-01
- **Nom du cas d'utilisation :** Assigner des chambres aux patients
- **Acteur(s) :** Administration Hospitalière
- **Description :** Ce cas d'utilisation permet au personnel administratif d'assigner une chambre disponible à un patient hospitalisé en vérifiant la disponibilité des chambres et en mettant à jour le statut de la chambre dans le système.
- **Pré-conditions :**
  - Le patient doit être enregistré dans le système.
  - Il doit y avoir des chambres disponibles dans l'établissement.
  - L'utilisateur doit être authentifié en tant qu'administration.

- **Démarrage** : Un administrateur demande l'assignation d'une chambre à un patient.

## **Volet 2 : Description des scénarios**

### *Scénario nominal (cas idéal)*

- Le personnel administratif demande l'assignation d'une chambre via l'interface du tableau de bord.
- Le système vérifie la disponibilité des chambres en interrogeant la base de données.
- La liste des chambres disponibles est affichée à l'administrateur.
- L'administrateur sélectionne une chambre pour le patient.
- Le système met à jour l'état de la chambre comme « occupée » et assigne la chambre au patient.
- Une confirmation est affichée et une notification est envoyée au patient.

### *Scénarios alternatifs*

- **Chambres indisponibles** : Le système informe l'administrateur qu'aucune chambre n'est disponible et propose de placer le patient sur une liste d'attente.
- **Chambre déjà attribuée entre-temps** : Le système détecte qu'une autre assignation a eu lieu et demande à l'administrateur de choisir une autre chambre.

### *Scénarios d'exception*

- **Erreur de connexion à la base de données** : Le système affiche un message d'erreur et invite l'administrateur à réessayer plus tard.
- **Droits insuffisants** : Si l'utilisateur n'a pas les autorisations nécessaires, le système bloque l'accès à cette fonctionnalité.

## **Volet 3 : Fin et post-condition**

- **Fin du cas d'utilisation** : L'assignation de la chambre est confirmée et la chambre est mise à jour comme « occupée ».
- **Post-conditions** :
  - Le patient est informé de sa chambre assignée.
  - La chambre est enregistrée comme occupée dans la base de données.

## **Volet 4 : Compléments**

- **Ergonomie** : Affichage clair des chambres disponibles avec filtres par type, étage, et capacité.
- **Performance attendue** : La recherche des chambres disponibles doit s'effectuer en moins de 5 secondes.
- **Contraintes** : Connexion sécurisée et mise à jour en temps réel pour éviter les doublons d'assignation.

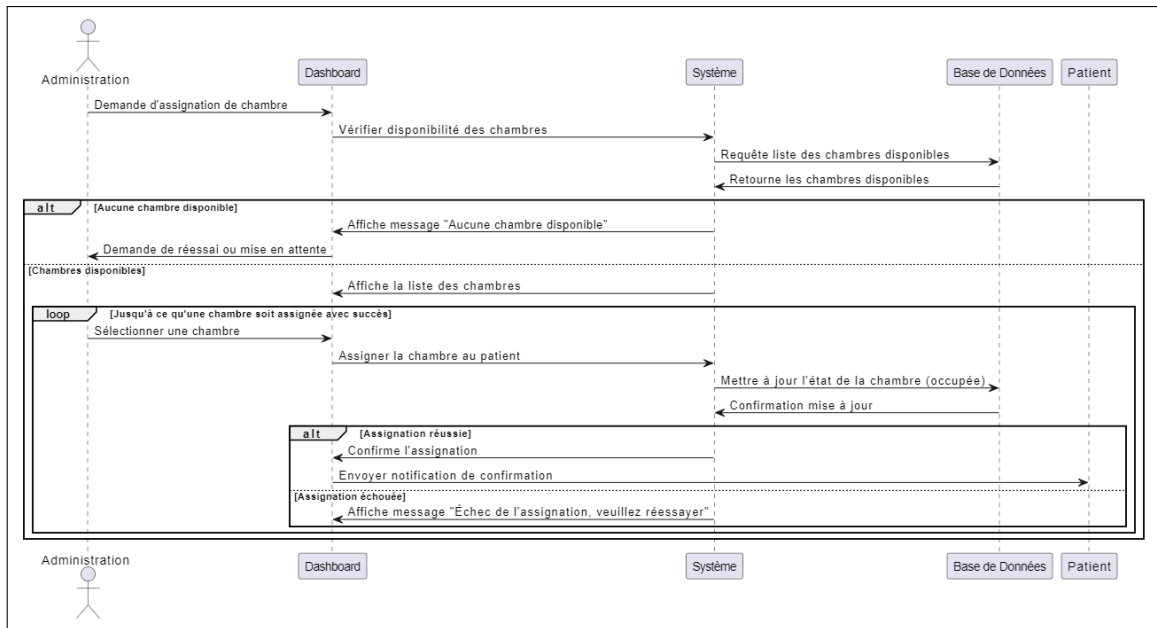


FIGURE II.12 – Diagramme de séquence : Administrateur assignant une chambre à un patient

**Cas d'utilisation d'admin 2 : Archiver un dossier médical** Ce cas d'utilisation permet à l'administration d'archiver un dossier médical après la fin du suivi médical d'un patient.

#### Volet 1 : Identification

- **Numéro du cas d'utilisation** : UC-02
- **Nom du cas d'utilisation** : Archiver un dossier médical
- **Acteur(s)** : Administration Hospitalière
- **Description** : Ce cas d'utilisation permet à l'administration d'archiver un dossier médical après la fin du suivi médical d'un patient.
- **Pré-conditions** :
  - Le dossier médical du patient doit être complet.
  - L'utilisateur doit être authentifié et autorisé à archiver un dossier.
- **Démarrage** : L'utilisateur demande l'archivage d'un dossier médical.

#### Volet 2 : Description des scénarios

##### Scénario nominal

- L'utilisateur accède au dossier médical du patient via l'interface du tableau de bord.
- Il sélectionne l'option « Archiver le dossier ».
- Le système vérifie si le dossier médical est complet.
- Si le dossier est éligible, il est déplacé dans la section des archives.
- Une confirmation est affichée et une notification est envoyée à l'administration concernée.

### Scénarios alternatifs

- **Dossier incomplet** : Le système informe l'utilisateur que le dossier médical ne peut pas être archivé car certaines informations sont manquantes.
- **Demande d'archivage différée** : L'utilisateur peut programmer l'archivage pour une date ultérieure.

### Scénarios d'exception

- **Erreur de connexion au serveur** : Le système affiche un message d'erreur et propose une nouvelle tentative.
- **Droits insuffisants** : L'utilisateur n'a pas les droits nécessaires et reçoit un message d'interdiction.

### Volet 3 : Fin et post-condition

- **Fin du cas d'utilisation** : Le dossier médical est archivé avec succès.
- **Post-conditions** : Le dossier médical est marqué comme archivé et n'est plus modifiable.

### Volet 4 : Compléments

- **Ergonomie** : Interface simple avec un bouton clair pour l'archivage.
- **Performance attendue** : Archivage en moins de 3 secondes.
- **Contraintes** : Archivage sécurisé et crypté pour éviter toute modification ultérieure.

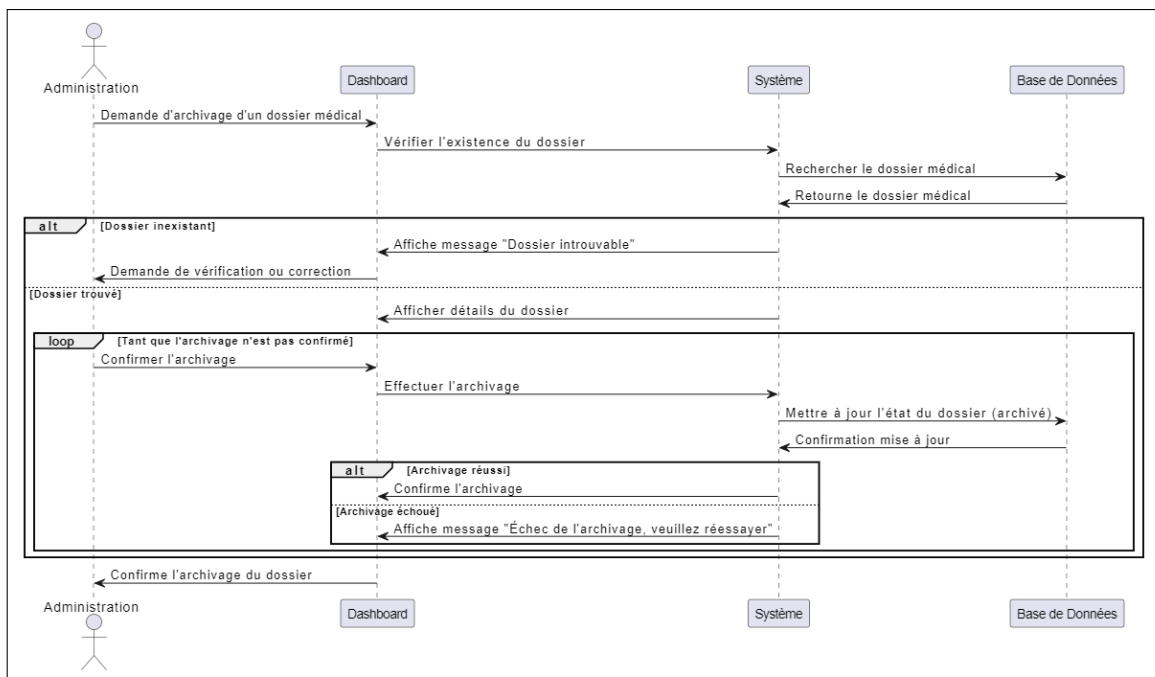


FIGURE II.13 – Diagramme de séquence : Administrateur archivant un dossier médical

**Cas d'utilisation d'admin 3 : Gérer les droits d'accès des utilisateurs** Ce cas permet à l'administrateur système de gérer les permissions des utilisateurs (patients, médecins, infirmiers) en modifiant leurs rôles et en définissant leurs accès.

**Volet 1 : Identification**

- **Numéro du cas d'utilisation** : UC-03
- **Nom du cas d'utilisation** : Gérer les droits d'accès des utilisateurs
- **Acteur(s)** : Administration Hospitalière
- **Description** : Ce cas permet à l'administrateur système de gérer les permissions des utilisateurs (patients, médecins, infirmiers) en modifiant leurs rôles et en définissant leurs accès.
- **Pré-conditions** : L'utilisateur doit être authentifié en tant qu'administrateur.
- **Démarrage** : L'administrateur accède au module de gestion des droits.

**Volet 2 : Description des scénarios**

*Scénario nominal*

- L'administrateur accède à la gestion des utilisateurs.
- Il sélectionne un utilisateur et visualise ses droits actuels.
- Il modifie les droits d'accès en activant ou désactivant certaines permissions.
- Le système met à jour la base de données.
- Une confirmation est affichée et une notification est envoyée à l'utilisateur concerné.

*Scénarios alternatifs*

- **Modification refusée** : Le système empêche la modification si elle viole des règles de sécurité (ex. retirer tous les accès à un utilisateur actif).

*Scénarios d'exception*

- **Base de données inaccessible** : Le système affiche un message d'erreur et empêche la modification.
- **Utilisateur inexistant** : L'administrateur tente de modifier un utilisateur qui n'existe plus.

**Volet 3 : Fin et post-condition**

- **Fin du cas d'utilisation** : Les droits de l'utilisateur sont mis à jour.
- **Post-conditions** : L'utilisateur peut accéder uniquement aux modules autorisés.

**Volet 4 : Compléments**

- **Sécurité** : Logs des modifications pour traçabilité.
- **Performance attendue** : Modification en moins de 5 secondes.

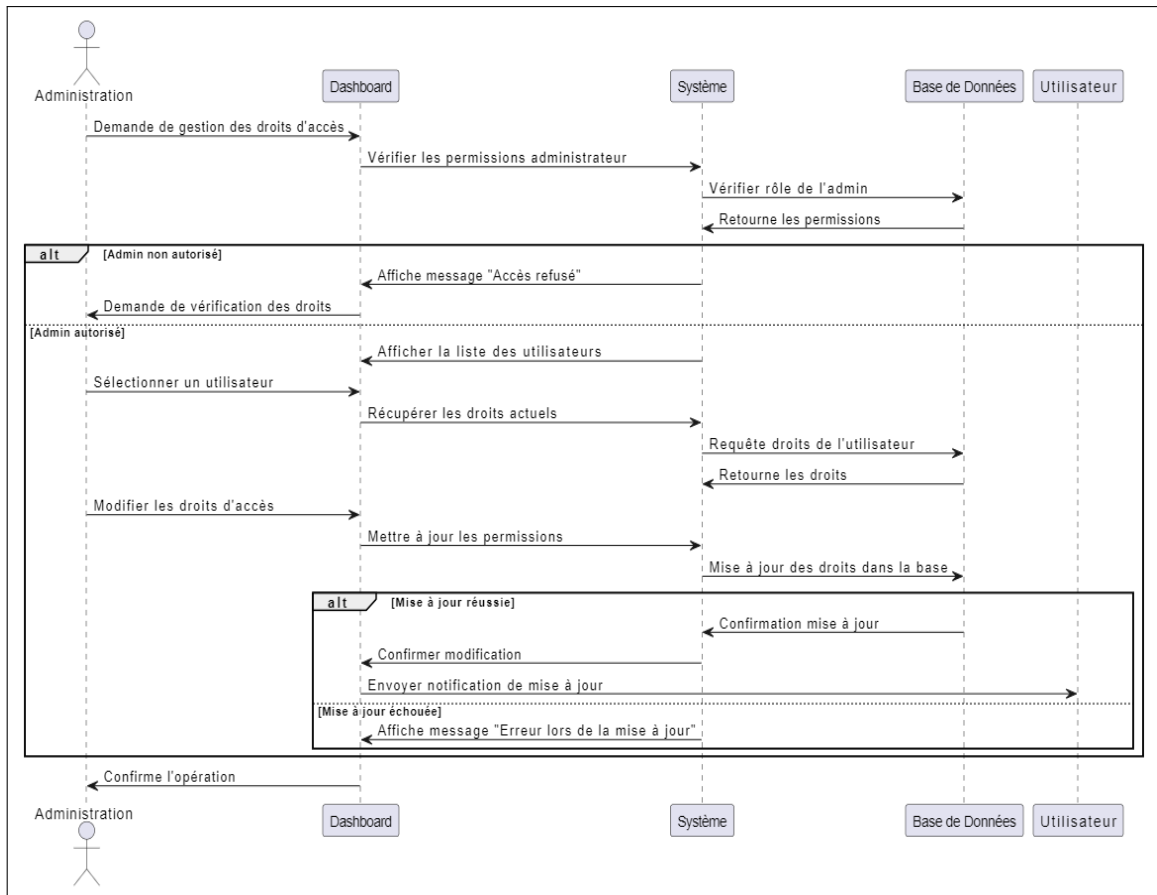


FIGURE II.14 – Diagramme de séquence : Administrateur gérant les droits d'accès des utilisateurs

## Médecin

**Cas d'utilisation 1 : Consulter les paramètres vitaux des patients en temps réel** Ce cas d'utilisation permet au médecin de visualiser en temps réel les paramètres vitaux (fréquence cardiaque, température, etc.) de ses patients à l'aide de capteurs connectés.

### Volet 1 : Identification

- **Numéro du cas d'utilisation :** UC-01
- **Nom du cas d'utilisation :** Consulter les paramètres vitaux des patients
- **Acteur(s) :** Médecin, SmartWatch/capteurs
- **Description :** Ce cas d'utilisation permet au médecin de visualiser en temps réel les paramètres vitaux de ses patients à l'aide de capteurs connectés.
- **Pré-conditions :**
  - Le patient doit être équipé d'un dispositif de surveillance.
  - Le médecin doit être authentifié dans le système.
  - Les capteurs doivent être opérationnels et connectés au système.
- **Démarrage :** Le médecin accède à l'interface et sélectionne un patient.

## **Volet 2 : Description des scénarios**

### *Scénario nominal*

- Le médecin accède à son interface et s'authentifie.
- Il sélectionne un patient dont il veut consulter les paramètres vitaux.
- Le système interroge les capteurs connectés du patient.
- Les données en temps réel (fréquence cardiaque, saturation en oxygène, etc.) sont récupérées et affichées à l'écran.

### *Scénarios alternatifs*

- **Patient non équipé de capteurs** : Le système affiche un message indiquant qu'aucun capteur n'est disponible pour ce patient.
- **Connexion instable aux capteurs** : Le système affiche un avertissement et propose d'actualiser les données.

### *Scénarios d'exception*

- **Défaillance des capteurs** : Le système affiche une alerte et recommande de vérifier l'état du dispositif du patient.
- **Médecin non autorisé à consulter ces données** : L'accès est refusé et un message d'erreur est affiché.

## **Volet 3 : Fin et post-condition**

- **Fin du cas d'utilisation** : Les paramètres vitaux du patient sont affichés avec succès.
- **Post-conditions** : Le médecin peut analyser les données et décider d'une intervention si nécessaire.

## **Volet 4 : Compléments**

- **Performance attendue** : Rafraîchissement des données en moins de 5 secondes.
- **Sécurité** : Accès restreint aux médecins autorisés.

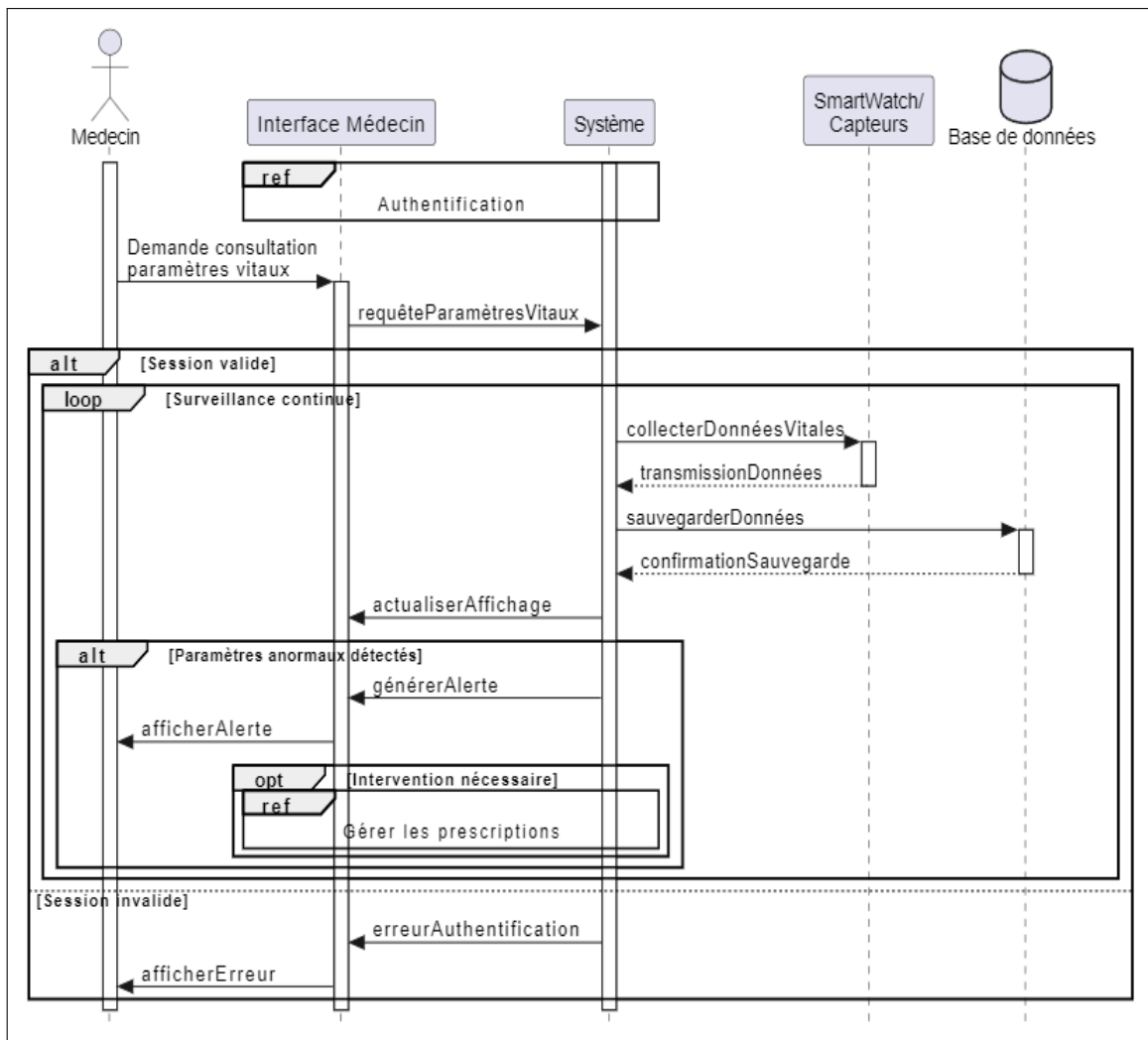


FIGURE II.15 – Diagramme de séquence : Médecin consultant les données vitales d’un patient

**Cas d’utilisation 2 : Mettre à jour un dossier médical d’un patient** Ce cas d’utilisation permet au médecin de modifier ou d’ajouter des informations dans le dossier médical d’un patient.

**Volet 1 : Identification**

- **Numéro du cas d’utilisation :** UC-02
- **Nom du cas d’utilisation :** Mettre à jour un dossier médical d’un patient
- **Acteur(s) :** Médecin
- **Description :** Ce cas d’utilisation permet au médecin de modifier ou d’ajouter des informations dans le dossier médical d’un patient.
- **Pré-conditions :**
  - Le médecin doit être authentifié.
  - Le patient doit avoir un dossier médical existant.

- **Démarrage** : Le médecin accède au dossier médical d'un patient.

## **Volet 2 : Description des scénarios**

### *Scénario nominal*

- Le médecin accède à son interface et s'authentifie.
- Il sélectionne un patient et ouvre son dossier médical.
- Il modifie ou ajoute des informations médicales (diagnostic, traitement, prescription, notes d'évolution).
- Le système enregistre les modifications et confirme la mise à jour.

### *Scénarios alternatifs*

- **Dossier déjà modifié par un autre médecin** : Un message d'alerte s'affiche et le médecin est invité à recharger le dossier.

### *Scénarios d'exception*

- **Erreur de connexion au serveur** : L'enregistrement échoue et le médecin est invité à réessayer.
- **Médecin non autorisé à modifier ce dossier** : Accès refusé et affichage d'un message d'erreur.

## **Volet 3 : Fin et post-condition**

- **Fin du cas d'utilisation** : Les informations médicales du patient sont mises à jour.
- **Post-conditions** : Le dossier médical reflète les nouvelles informations saisies par le médecin.

## **Volet 4 : Compléments**

- **Ergonomie** : Interface intuitive avec des champs bien structurés pour la saisie.
- **Performance attendue** : Mise à jour instantanée des données avec confirmation.
- **Sécurité** : Historisation des modifications pour éviter toute perte d'information.

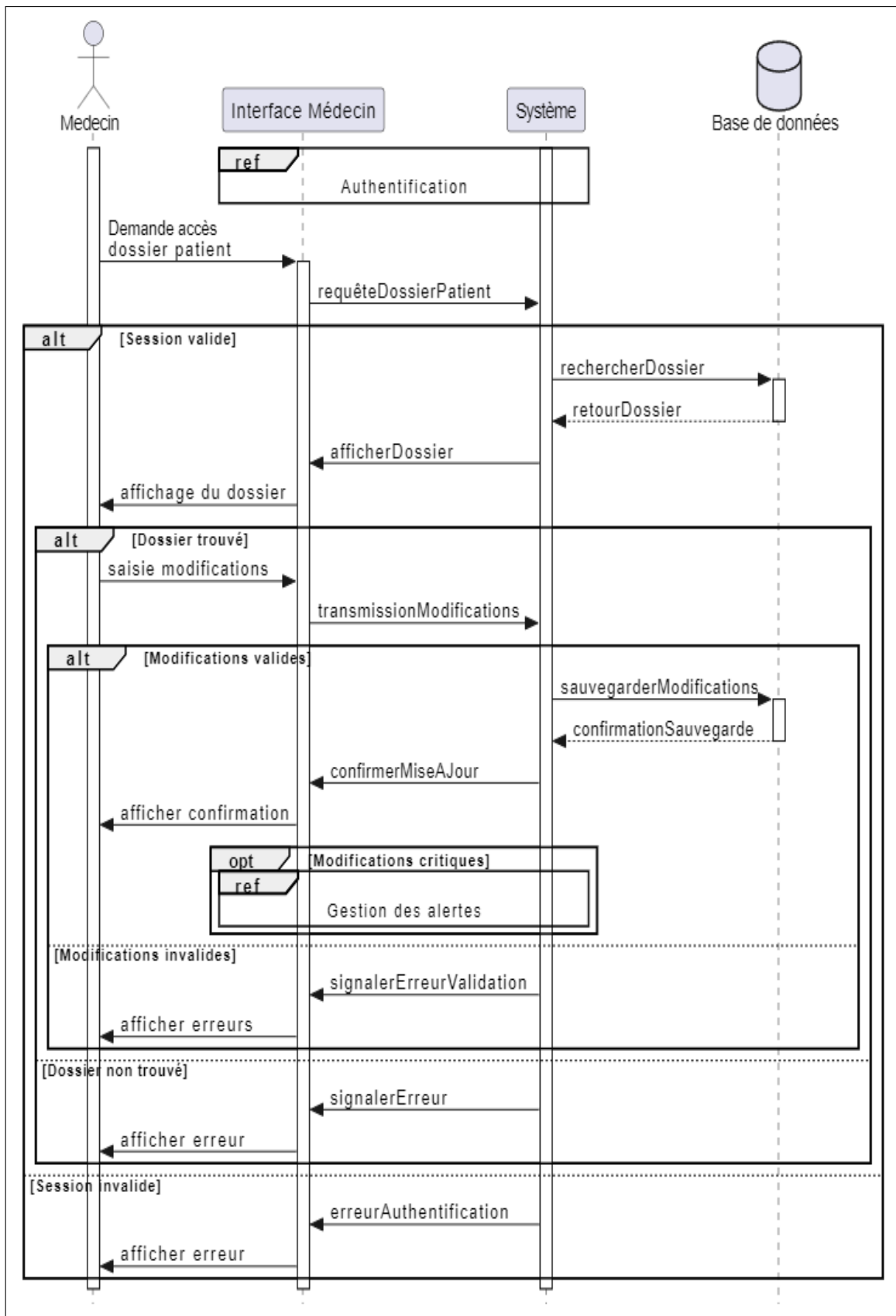


FIGURE II.16 – Diagramme de séquence : Médecin mettant à jour un dossier médical

**Cas d'utilisation 3 : Planifier une consultation** Ce cas d'utilisation permet au médecin d'ajouter un rendez-vous pour un patient dans l'agenda du système.

**Volet 1 : Identification**

- **Numéro du cas d'utilisation** : UC-03
- **Nom du cas d'utilisation** : Planifier une consultation
- **Acteur(s)** : Médecin
- **Description** : Ce cas d'utilisation permet au médecin d'ajouter un rendez-vous pour un patient dans l'agenda du système.
- **Pré-conditions** :
  - Le médecin doit être authentifié dans le système.
  - L'agenda doit être accessible et opérationnel.
- **Démarrage** : Le médecin accède à son agenda pour ajouter un rendez-vous.

**Volet 2 : Description des scénarios**

*Scénario nominal*

- Le médecin accède à son interface et s'authentifie.
- Il ouvre l'agenda et sélectionne un créneau libre.
- Il entre les détails du rendez-vous (nom du patient, motif, date, heure).
- Le système enregistre le rendez-vous et envoie une confirmation au patient.

*Scénarios alternatifs*

- **Créneau déjà occupé** : Le système propose un autre créneau disponible.
- **Le patient n'est pas disponible à ce créneau** : Un autre créneau est sélectionné après discussion avec le patient.

*Scénarios d'exception*

- **Erreur de connexion au serveur** : L'enregistrement échoue et le médecin est invité à réessayer.
- **Médecin non autorisé à planifier des rendez-vous** : Accès refusé.

**Volet 3 : Fin et post-condition**

- **Fin du cas d'utilisation** : Le rendez-vous est ajouté à l'agenda avec succès.
- **Post-conditions** : Le patient est notifié du rendez-vous.

**Volet 4 : Compléments**

- **Ergonomie** : Possibilité de sélectionner un créneau via un calendrier interactif.
- **Performance attendue** : Planification du rendez-vous en moins de 5 secondes.
- **Sécurité** : Seul le médecin peut ajouter/modifier les rendez-vous.

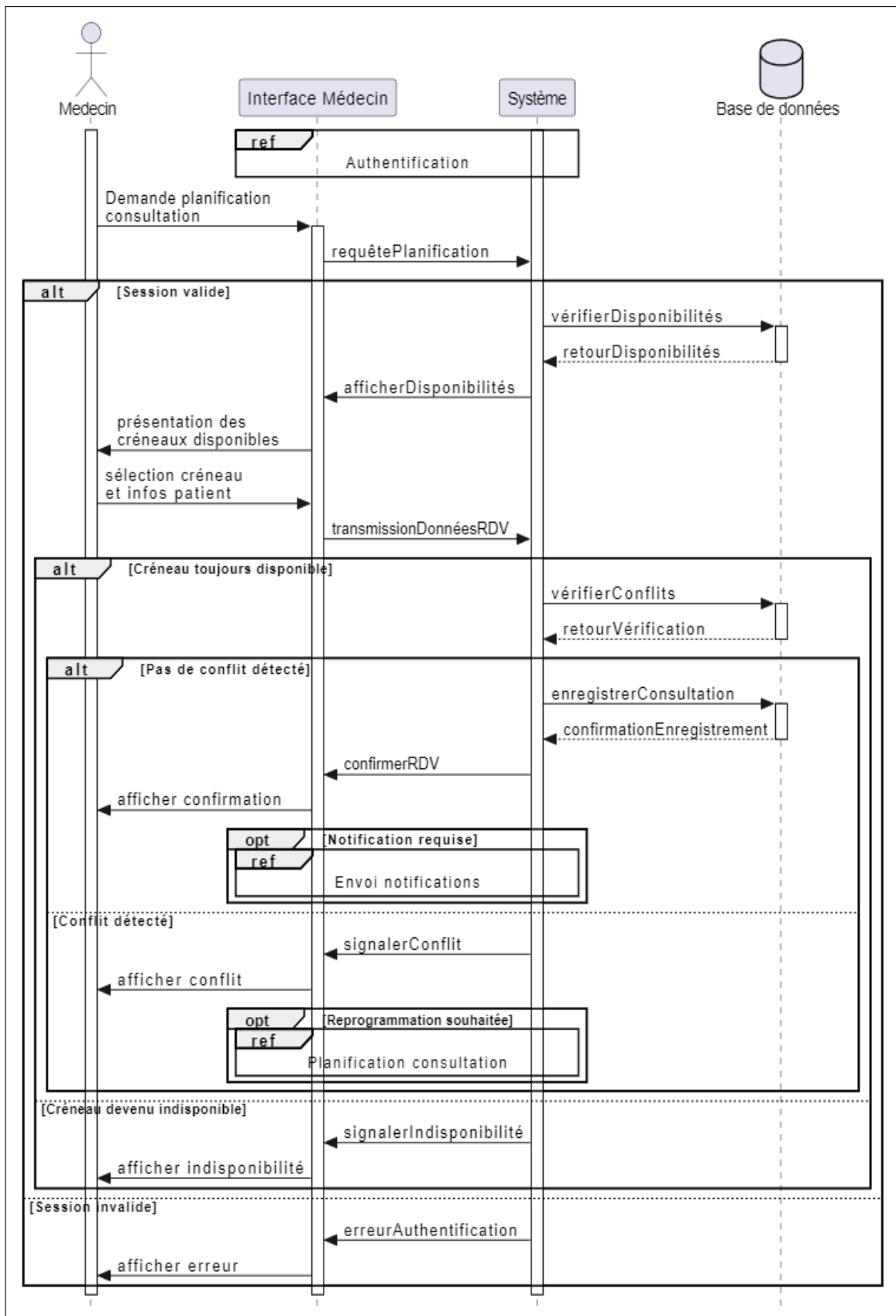


FIGURE II.17 – Diagramme de séquence : Médecin planifiant une consultation

**Cas d'utilisation 4 : Demande de créer un billet de salle pour créer un dossier médical** Ce cas d'utilisation permet à un médecin de créer un billet de salle et, si nécessaire, un dossier médical pour un patient via l'administration hospitalière.

**Volet 1 : Identification**

- **Numéro du cas d'utilisation :** UC-04
- **Nom du cas d'utilisation :** Demande de créer un billet de salle
- **Acteur(s) :** Médecin, Administration Hospitalière
- **Description :** Ce cas d'utilisation permet à un médecin de créer un billet de salle et, si nécessaire, un dossier médical pour un patient via l'administration hospitalière.
- **Pré-conditions :**
  - Le médecin doit être authentifié dans le système.
  - L'interface d'administration doit être accessible.
  - La base de données patient doit être fonctionnelle.
- **Démarrage :** Le médecin demande la création d'un billet de salle via l'interface.

**Volet 2 : Description des scénarios**

*Scénario nominal*

- Le médecin accède à l'interface et s'authentifie.
- Il demande la création d'un billet de salle.
- Le système affiche un formulaire avec les champs suivants :
  - Identité du patient
  - Date de naissance
  - Service demandé
- Le médecin saisit les informations et valide le formulaire.
- Le système vérifie l'existence du patient dans la base de données.
- Si le patient existe, le dossier médical est récupéré et le billet de salle est associé.
- Si le patient est nouveau, une notification est affichée et une demande de création de dossier médical est transmise à l'administration.
- Le système vérifie si le service demandé existe :
  - Si oui, le dossier médical est créé et lié au billet de salle.
  - Si non, une erreur est affichée.
- Une confirmation est affichée au médecin.

*Scénarios alternatifs*

- **Patient existant :** Le système récupère son dossier et l'associe au billet de salle directement.

— **Nouveau patient** : Une notification est envoyée et une demande de création de dossier médical est lancée.

— **Service existant** : Le système crée le dossier médical et finalise l'opération.

*Scénarios d'exception*

— **Service inexistant** : Un message d'erreur est affiché et l'opération est annulée.

— **Erreur de connexion au serveur** : Le processus échoue et le médecin est invité à réessayer.

— **Médecin non autorisé** : Accès refusé avec affichage d'un message d'erreur.

**Volet 3 : Fin et post-condition**

— **Fin du cas d'utilisation** : Le billet de salle est créé et, si nécessaire, le dossier médical est associé.

— **Post-conditions** :

— Le patient est enregistré dans le système avec son dossier médical et son billet de salle.

— L'administration est informée de la création du dossier si nécessaire.

**Volet 4 : Compléments**

— **Ergonomie** : Saisie facilitée avec des champs pré-remplis si le patient existe déjà.

— **Performance attendue** : Création du billet en moins de 10 secondes.

— **Sécurité** : Seuls les médecins et l'administration peuvent créer des billets de salle et dossiers médicaux.

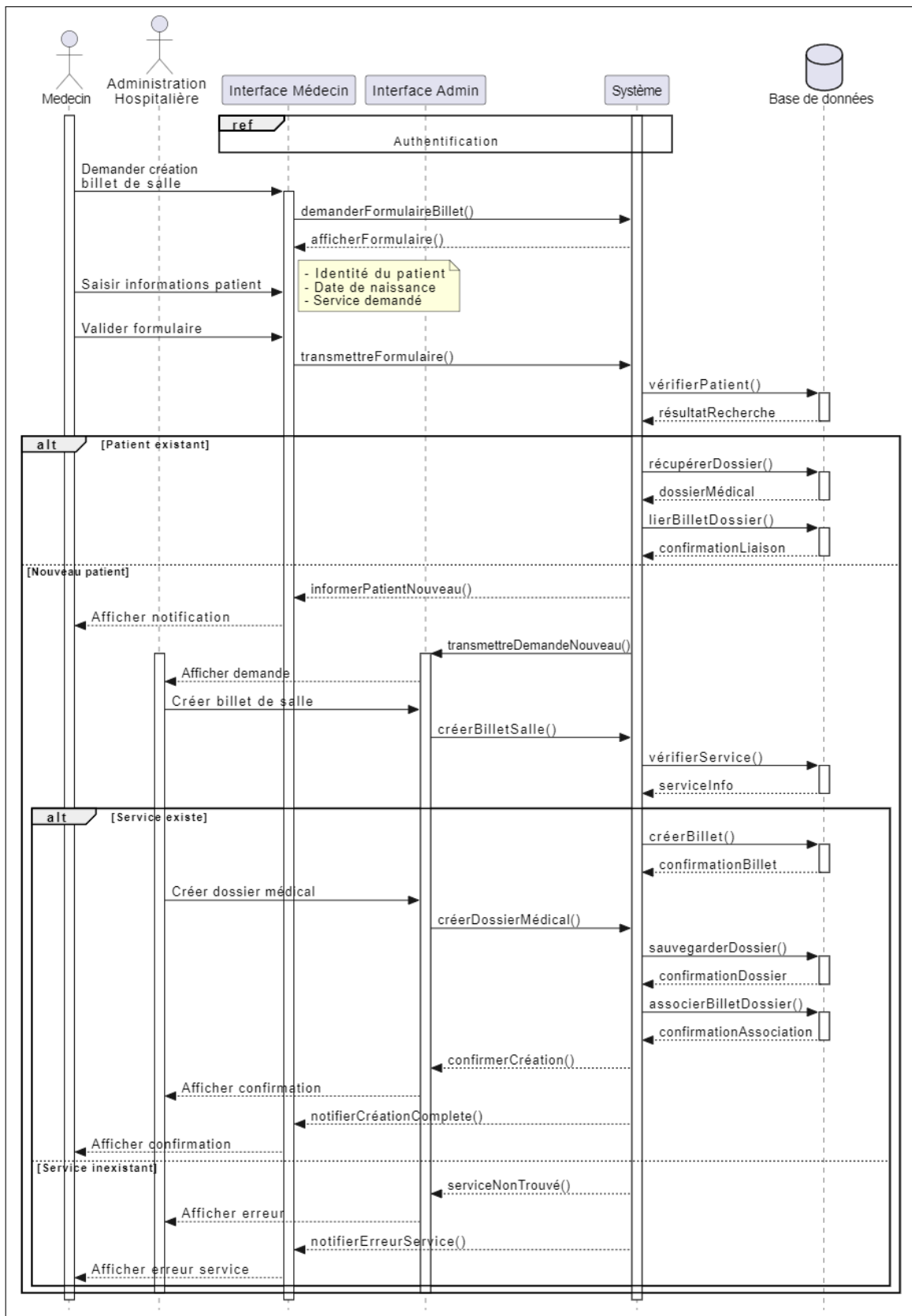


FIGURE II.18 – Diagramme de séquence : Médecin créant un billet de salle

## Patient

**Cas d'utilisation 1 : Consulter les informations de leurs hospitalisations (séjour)** Ce cas permet au patient d'accéder aux informations de ses hospitalisations passées ou en cours, y compris les dates de séjour, les médecins responsables, les traitements reçus et les services concernés.

### Volet 1 : Identification

- **Numéro du cas d'utilisation** : UC-01
- **Nom du cas d'utilisation** : Consulter les informations d'hospitalisation
- **Acteur(s)** : Patient
- **Description** : Ce cas permet au patient d'accéder aux informations de ses hospitalisations passées ou en cours, y compris les dates de séjour, les médecins responsables, les traitements reçus et les services concernés.
- **Pré-conditions** : L'utilisateur doit être authentifié en tant que patient.
- **Démarrage** : Le patient accède à l'interface de consultation des séjours hospitaliers.

### Volet 2 : Description des scénarios

#### *Scénario nominal*

- Le patient demande la consultation des informations de son hospitalisation.
- Le système vérifie l'authentification du patient.
- Si l'authentification est valide, le système interroge la base de données pour récupérer la liste des hospitalisations du patient.
- La liste des hospitalisations est affichée à l'utilisateur.
- Le patient peut sélectionner un séjour spécifique pour afficher ses détails.
- Le système récupère et affiche les détails du séjour sélectionné (dates, service, médecins, traitements, etc.).
- Le patient peut télécharger ou imprimer des rapports médicaux liés à son hospitalisation.

#### *Scénarios alternatifs*

- **Aucune hospitalisation trouvée** : Si le patient n'a pas d'hospitalisation enregistrée, un message l'en informe.

#### *Scénarios d'exception*

- **Session invalide** : Si l'authentification échoue, un message d'erreur est affiché.
- **Base de données inaccessible** : Si le système ne peut pas récupérer les informations, un message d'erreur est affiché.

### **Volet 3 : Fin et post-condition**

- **Fin du cas d'utilisation** : Le patient a consulté ses hospitalisations et, si nécessaire, téléchargé des documents.
- **Post-conditions** : Le patient a accès uniquement à ses propres informations d'hospitalisation.

### **Volet 4 : Compléments**

- **Sécurité** : Vérification d'authentification et limitation d'accès aux données du patient.
- **Performance attendue** : Affichage des informations en moins de 5 secondes.

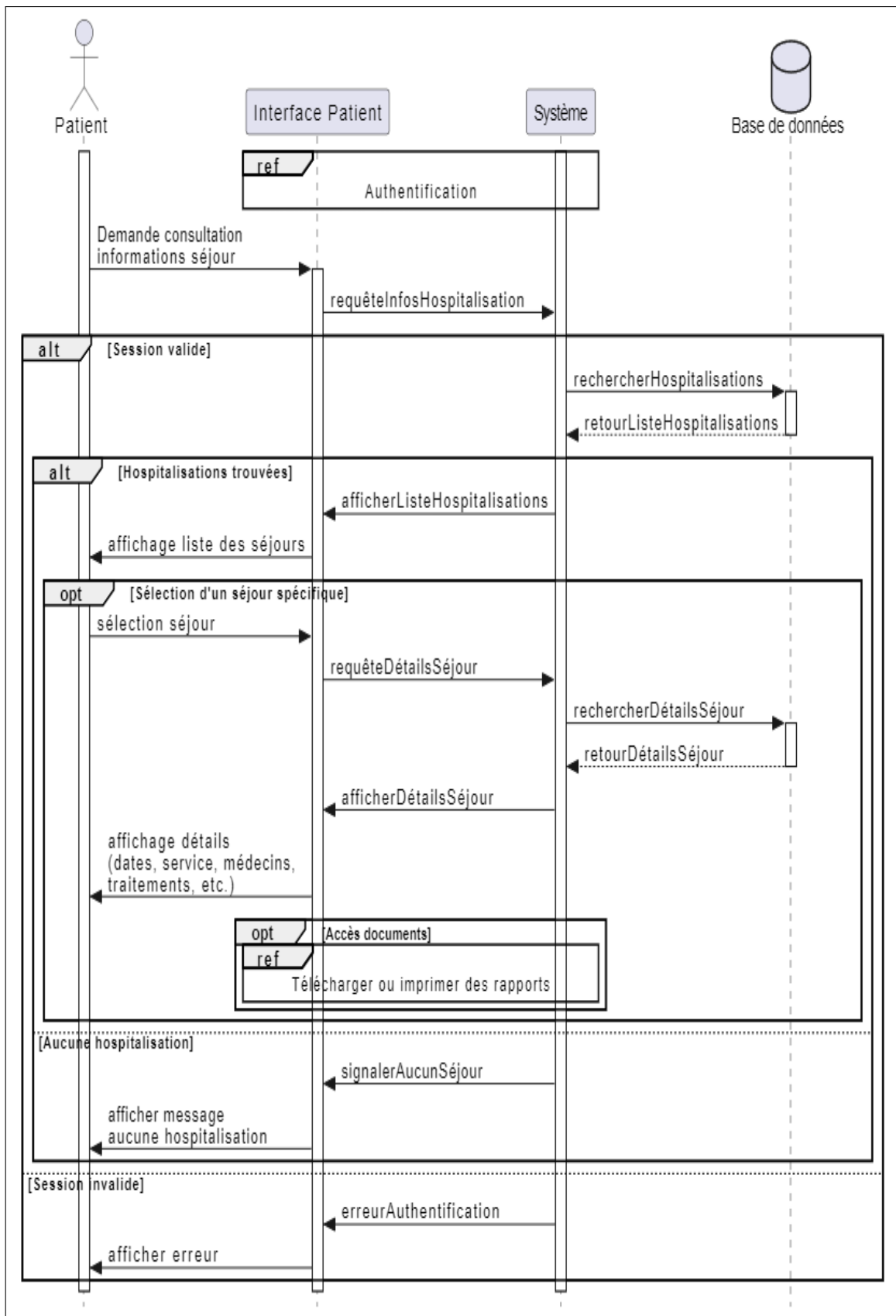


FIGURE II.19 – Diagramme de séquence : Patient consultant les informations de son hospitalisation

**Cas d'utilisation 2 : Saisir les données vitales** Ce cas permet au patient de saisir ses données vitales (tension, température, fréquence cardiaque, etc.) via une application. Le système enregistre ces informations et les intègre au dossier médical du patient.

**Volet 1 : Identification**

- **Numéro du cas d'utilisation** : UC-02
- **Nom du cas d'utilisation** : Saisir les données vitales avec rappel
- **Acteur(s)** : Patient
- **Description** : Ce cas permet au patient de saisir ses données vitales (tension, température, fréquence cardiaque, etc.) via une application. Le système enregistre ces informations et les intègre au dossier médical du patient. Un rappel automatique est envoyé pour inciter le patient à saisir ses données à intervalles réguliers.
- **Pré-conditions** :
  - Le patient doit être authentifié.
  - Le système doit avoir accès au dossier médical du patient.
- **Démarrage** : Le patient accède à l'interface de saisie des données vitales.

**Volet 2 : Description des scénarios**

*Scénario nominal*

- Le système envoie un rappel de saisie des données vitales au patient à l'heure prévue.
- Le patient ouvre l'application et accède à l'interface de saisie.
- Le patient saisit ses données vitales et valide l'enregistrement.
- Le système vérifie la validité des données saisies.
- Si les données sont valides, elles sont enregistrées dans la base de données et intégrées au dossier médical.
- Une confirmation est affichée au patient.

*Scénarios alternatifs*

- **Le patient saisit des données invalides** : Le système affiche un message d'erreur et demande une correction.
- **Le patient ignore le rappel** : Le système génère un second rappel après un délai défini.
- **Le patient ne saisit aucune donnée après plusieurs rappels** : Le système notifie le médecin de l'absence de saisie.

*Scénarios d'exception*

- **Session invalide** : Si l'utilisateur n'est pas authentifié, un message d'erreur est affiché.

- **Base de données inaccessible** : Si l'enregistrement des données échoue, le patient est informé et invité à réessayer plus tard.

#### **Volet 3 : Fin et post-condition**

- **Fin du cas d'utilisation** : Le patient a saisi ses données vitales, et celles-ci sont enregistrées avec succès.
- **Post-conditions** : Les données vitales du patient sont stockées et accessibles pour le suivi médical.

#### **Volet 4 : Compléments**

- **Sécurité** : Authentification requise pour accéder aux données médicales.
- **Performance attendue** : L'enregistrement doit être effectué en moins de 3 secondes.

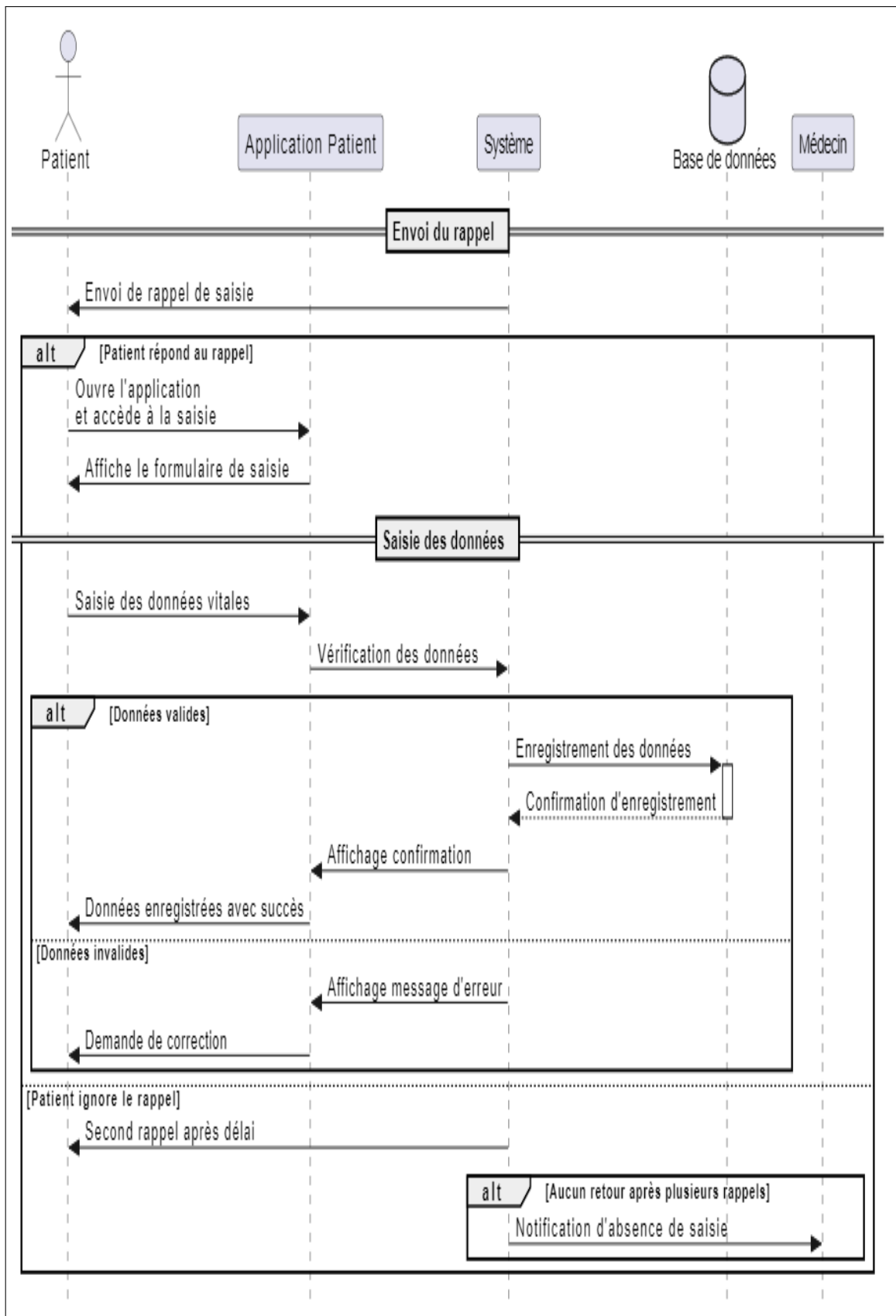


FIGURE II.20 – Diagramme de séquence : Patient saisissant ses données vitales

## Équipe de soins

**Cas d'utilisation : Recevoir des alertes en cas d'anomalies** Ce cas permet à une équipe de soins de recevoir des alertes en cas d'anomalies détectées dans les constantes vitales des patients à l'aide de dispositifs connectés.

### Volet 1 : Identification

- **Numéro du cas d'utilisation** : UC-Equipe\_de\_soins
- **Nom du cas d'utilisation** : Réception d'alertes en cas d'anomalies
- **Acteur(s)** : Equipe\_de\_soins
- **Description** : Ce cas permet à une équipe de soins de recevoir des alertes en cas d'anomalies détectées dans les constantes vitales des patients à l'aide de dispositifs connectés (SmartWatch, capteurs). L'équipe de soins peut consulter les détails de l'alerte et intervenir si nécessaire.
- **Pré-conditions** : L'équipe de soins doit être authentifiée dans son application.
- **Démarrage** : L'équipe de soins accède à l'interface de surveillance des patients.

### Volet 2 : Description des scénarios

#### *Scénario nominal*

- L'équipe de soins se connecte à l'application.
- Le système vérifie l'authentification et permet l'accès si la session est valide.
- Les capteurs des patients transmettent en continu leurs données vitales à la base de données.
- En cas d'anomalie détectée dans les constantes vitales, une alerte est générée et enregistrée.
- Une notification sonore et visuelle est envoyée à l'équipe de soins.
- L'équipe de soins consulte l'alerte et accède aux détails de l'anomalie.
- Le système récupère et affiche les paramètres critiques du patient (valeurs vitales, identifiant patient, etc.).
- L'équipe de soins décide d'intervenir en fonction de l'alerte et peut gérer les soins programmés.
- Le système enregistre l'intervention et attend de nouvelles données.

#### *Scénarios alternatifs*

- **Aucune anomalie détectée** : Si aucune anomalie n'est détectée, les données sont simplement enregistrées et disponibles pour consultation.

#### *Scénarios d'exception*

- **Session invalide** : Si l'authentification échoue, un message d'erreur est affiché.

- **Base de données inaccessible** : Si les données ne peuvent être récupérées, le système affiche une alerte d'erreur.

#### **Volet 3 : Fin et post-condition**

- **Fin du cas d'utilisation** : L'équipe de soins a reçu l'alerte, consulté les détails et potentiellement pris une décision d'intervention.
- **Post-conditions** : L'intervention de l'équipe de soins est enregistrée dans le système pour suivi.

#### **Volet 4 : Compléments**

- **Sécurité** : Gestion sécurisée des accès et des alertes patient.
- **Performance attendue** : Alerte en temps réel et récupération des détails en moins de 3 secondes.

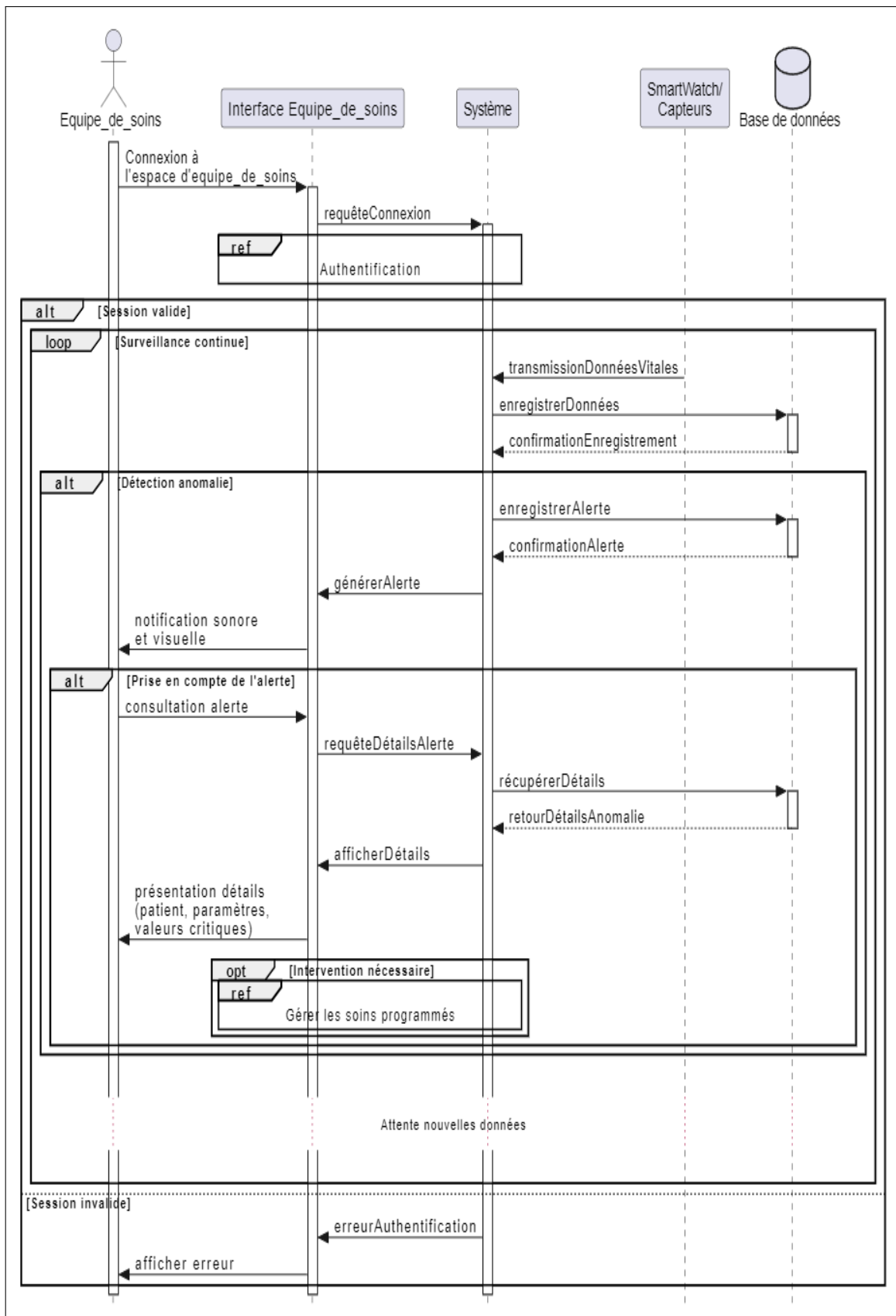


FIGURE II.21 – Diagramme de séquence : Équipe de soins recevant des alertes

## Technicien biomédical

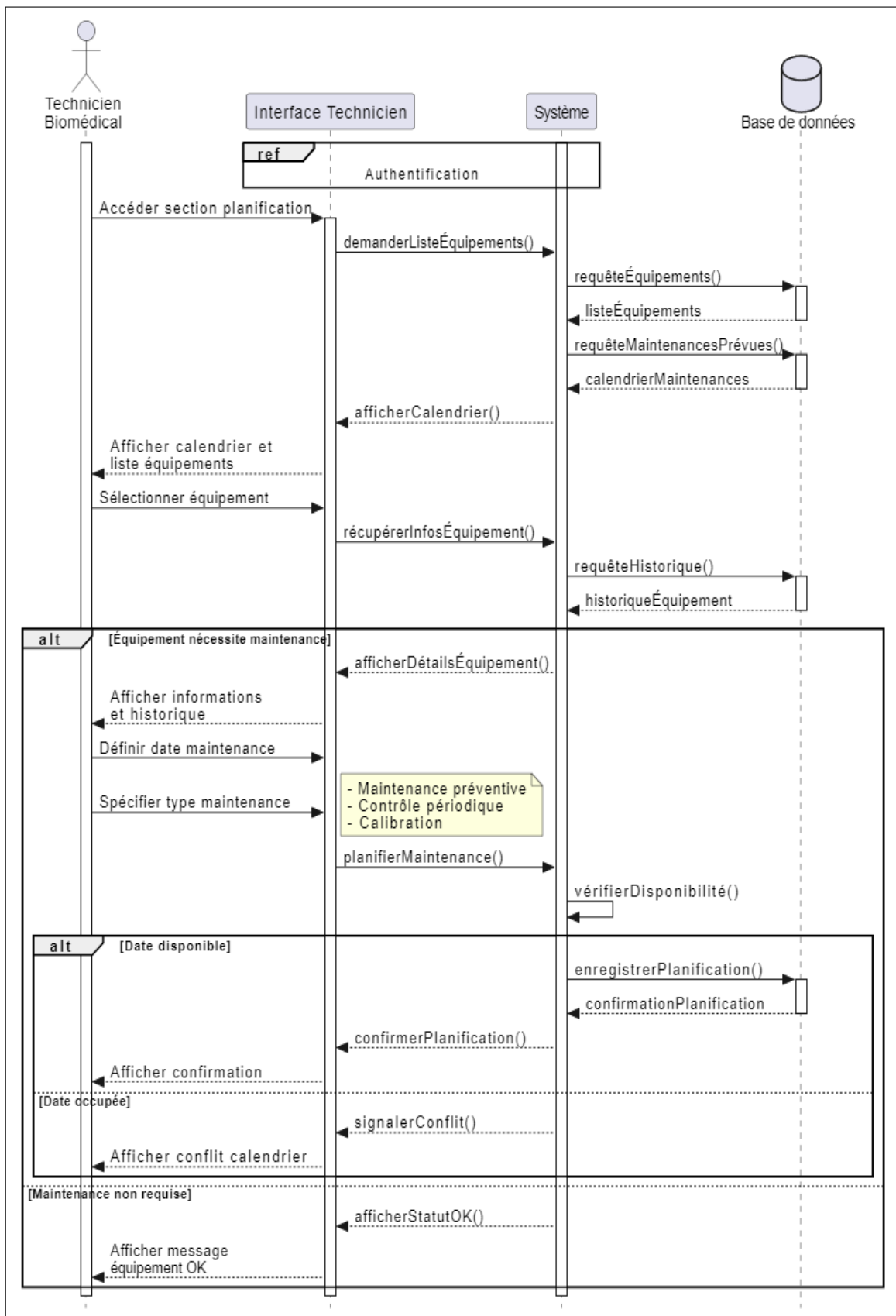


FIGURE II.22 – Diagramme de séquence : Technicien biomédical







## II.6 Outils et technologies utilisés

Dans le cadre de notre projet, nous avons utilisé une variété d'outils et de technologies pour le développement, la conception et la gestion du système SEHATECH. Ces outils ont été soigneusement sélectionnés pour répondre aux besoins spécifiques de chaque aspect du projet.

### II.6.1 Outils de conception

Les outils de conception nous ont permis de créer une architecture robuste et bien documentée. Le tableau suivant présente les principaux outils utilisés pour la conception :

Outil	Figure	Description et référence
Modelio		Modelio est un outil libre de modélisation UML et BPMN, qui offre des gabarits conformes aux standards de l'industrie pour l'architecture logicielle. <b>Référence officielle :</b> <a href="https://www.modelio.org">https://www.modelio.org</a>
DrawIO		DrawIO est une application web gratuite permettant de créer des diagrammes variés directement dans le navigateur. <b>Référence officielle :</b> <a href="https://www.drawio.com">https://www.drawio.com</a>
Packet Tracer		Packet Tracer est un simulateur réseau développé par Cisco Systems, destiné à la création et l'expérimentation de topologies virtuelles, notamment dans un contexte pédagogique certifié CCNA. <b>Référence officielle :</b> <a href="https://www.netacad.com/cisco-packet-tracer">https://www.netacad.com/cisco-packet-tracer</a>
Fritzing		Fritzing est un environnement de prototypage électronique open source, permettant de documenter et de transformer des montages breadboard en schémas et en circuits imprimés prêts pour la fabrication. <b>Référence officielle :</b> <a href="https://fritzing.org">https://fritzing.org</a>

TABEAU II.4 – Outils de conception utilisés pour le système SEHATECH

## II.6.2 Outils de développement et collaboration

Pour la gestion du code source, le test et la collaboration entre développeurs :







Outil	Figure	Description et référence
VS Code		Éditeur de code polyvalent avec un riche écosystème d'extensions.  <b>Référence officielle</b> : <a href="https://code.visualstudio.com">https://code.visualstudio.com</a>
GitHub		Plateforme de gestion de versions et de collaboration.  <b>Référence officielle</b> : <a href="https://github.com">https://github.com</a>
Postman		Outil de test et de développement d'APIs REST.  <b>Référence officielle</b> : <a href="https://www.postman.com">https://www.postman.com</a>
MongoDB		Base de données NoSQL orientée document.  <b>Référence officielle</b> : <a href="https://www.mongodb.com">https://www.mongodb.com</a>
WAMP Server		Suite de développement web local pour Windows.  <b>Référence officielle</b> : <a href="https://www.wampserver.com">https://www.wampserver.com</a>
Figma		Figma est notre outil de design d'interface utilisateur, permettant une collaboration en temps réel sur les maquettes.  <b>Référence officielle</b> : <a href="https://www.figma.com">https://www.figma.com</a>

TABLEAU II.5 – Outils de développement et collaboration utilisés

## II.6.3 Outils de développement IoT et serveur

Pour la partie IoT et la gestion des serveurs, nous avons utilisé des outils spécialisés :








Outil	Figure	Description et référence
Arduino IDE		Environnement de développement pour programmer les microcontrôleurs Arduino. <b>Référence officielle :</b> <a href="https://www.arduino.cc/en/software">https://www.arduino.cc/en/software</a>
Mosquitto		Broker MQTT léger pour la communication IoT. <b>Référence officielle :</b> <a href="https://mosquitto.org">https://mosquitto.org</a>
MQTT		Protocole de messagerie léger pour la communication IoT. <b>Référence officielle :</b> <a href="https://mqtt.org">https://mqtt.org</a>
Docker		Plateforme de conteneurisation pour le déploiement d'applications. <b>Référence officielle :</b> <a href="https://www.docker.com">https://www.docker.com</a>
Linux Server		Système d'exploitation serveur pour héberger nos services. <b>Référence officielle :</b> <a href="https://ubuntu.com/server">https://ubuntu.com/server</a>
Node.js		Environnement d'exécution JavaScript côté serveur. <b>Référence officielle :</b> <a href="https://nodejs.org">https://nodejs.org</a>
Python		Langage de programmation utilisé pour les scripts serveur. <b>Référence officielle :</b> <a href="https://www.python.org">https://www.python.org</a>

TABLEAU II.6 – Outils de développement IoT et serveur utilisés

## II.6.4 Outils de développement web

Pour le développement de la partie web de notre application, nous avons utilisé plusieurs frameworks et bibliothèques modernes :






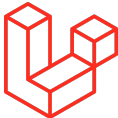


Outil	Figure	Description et référence
Vue.js 3		Framework JavaScript progressif pour la construction d'interfaces utilisateur, utilisant des composants réactifs.  <b>Référence officielle :</b> <a href="https://vuejs.org">https://vuejs.org</a>
Pinia		Gestionnaire d'état pour Vue.js, offrant une solution de gestion d'état plus intuitive et TypeScript-friendly.  <b>Référence officielle :</b> <a href="https://pinia.vuejs.org">https://pinia.vuejs.org</a>
Axios		Client HTTP basé sur les promesses pour effectuer des requêtes vers notre API.  <b>Référence officielle :</b> <a href="https://axios-http.com">https://axios-http.com</a>
Chart.js		Bibliothèque JavaScript pour créer des graphiques interactifs et responsives.  <b>Référence officielle :</b> <a href="https://www.chartjs.org">https://www.chartjs.org</a>
Tailwind CSS		Framework CSS utilitaire pour créer des designs personnalisés rapidement.  <b>Référence officielle :</b> <a href="https://tailwindcss.com">https://tailwindcss.com</a>
Laravel		Framework PHP élégant pour le développement web avec une syntaxe expressive.  <b>Référence officielle :</b> <a href="https://laravel.com">https://laravel.com</a>
Laravel Echo		Bibliothèque JavaScript pour gérer les WebSockets avec Laravel.  <b>Référence officielle :</b> <a href="https://laravel.com/docs/broadcasting">https://laravel.com/docs/broadcasting</a>
Face API		API JavaScript pour la détection et la reconnaissance faciale dans le navigateur.  <b>Référence officielle :</b> <a href="https://github.com/justadudewhohacks/face-api.js">https://github.com/justadudewhohacks/face-api.js</a>

TABLEAU II.7 – Outils de développement web utilisés

## II.6.5 Outils de développement mobile

Pour le développement des applications mobiles, nous avons choisi des technologies modernes et performantes :




Outil	Figure	Description et référence
Flutter		Framework de développement multiplateforme pour créer des applications natives.  <b>Référence officielle :</b> <a href="https://flutter.dev">https://flutter.dev</a>
Dart		Langage de programmation optimisé pour Flutter, offrant des performances natives.  <b>Référence officielle :</b> <a href="https://dart.dev">https://dart.dev</a>
Android Studio		IDE officiel pour le développement Android et Flutter.  <b>Référence officielle :</b> <a href="https://developer.android.com/studio">https://developer.android.com/studio</a>

TABLEAU II.8 – Outils de développement mobile utilisés

L'utilisation de ces différents outils nous a permis de développer un système robuste et moderne, en tirant parti des meilleures technologies disponibles dans chaque domaine. Chaque outil a été choisi pour ses spécificités et sa capacité à répondre aux besoins particuliers de notre projet.

## II.7 Conclusion

Pour finir ce chapitre, nous avons essayé de bien montrer comment on a conçu notre système SEHATECH. Nous avons travaillé dur pour comprendre les besoins de tous les utilisateurs et dessiner des schémas qui expliquent comment tout va marcher ensemble. C'était pas facile, mais nous pensons que notre projet va vraiment aider les hôpitaux algériens à mieux soigner les patients et à faciliter le travail des médecins et des infirmiers.

## **Chapitre III**

# **Réalisation et implémentation**

## **III.1 Introduction**

Dans ce chapitre, nous abordons la phase concrète de notre projet : la réalisation et l'implémentation du système SEHATECH. Après avoir défini les spécifications et conçu l'architecture globale dans les chapitres précédents, nous passons maintenant à la mise en œuvre technique de notre solution. Ce chapitre présente en détail l'architecture technique, les composants matériels utilisés, et l'intégration des différentes technologies pour créer un système de surveillance médicale intelligent et efficace.

Nous commençons par décrire l'architecture technique détaillée, en mettant l'accent sur l'intégration d'Arduino comme élément central de notre système IoT médical. Ensuite, nous expliquons le fonctionnement de la supervision en temps réel et la communication entre les différents composants. Une attention particulière est portée au matériel utilisé, avec une présentation détaillée des capteurs médicaux et environnementaux, ainsi que des dispositifs de surveillance vidéo qui constituent l'infrastructure physique de notre solution.

L'objectif de ce chapitre est de montrer comment les concepts théoriques et les modèles présentés précédemment se traduisent en une solution fonctionnelle, capable de répondre aux besoins identifiés dans le contexte hospitalier algérien.

## **III.2 Vue globale du système**

Dans cette partie, on va expliquer comment marche notre système dans son ensemble. Notre objectif est de donner une idée générale de l'architecture de SEHATECH, en montrant comment toutes les parties sont reliées entre elles et fonctionnent ensemble.

Pour faire simple, notre système est composé de plusieurs niveaux qui communiquent entre eux. On a commencé par dessiner un schéma global avec Draw IO (un outils qu'on va voir plus en détail dans la section des outils et technologies utilisés) pour nous aider à visualiser tout ça et comprendre comment les données vont circuler du patient jusqu'aux applications qu'utilisent les acteurs principaux.

Comme on peut le remarquer sur ce schéma, l'architecture de notre système comporte différentes couches et composants qui travaillent ensemble pour assurer le bon fonctionnement global. Dans les sections suivantes, on va détailler chacune de ces parties et expliquer comment elles communiquent entre elles.

### **III.2.1 Couches capteurs & actionneurs**

Pour commencer, on a ce qu'on appelle la couche capteurs et actionneurs. C'est la partie qui est en contact direct avec les patients hospitalisés et l'environnement de l'hôpital, aussi avec les équipements médicaux.

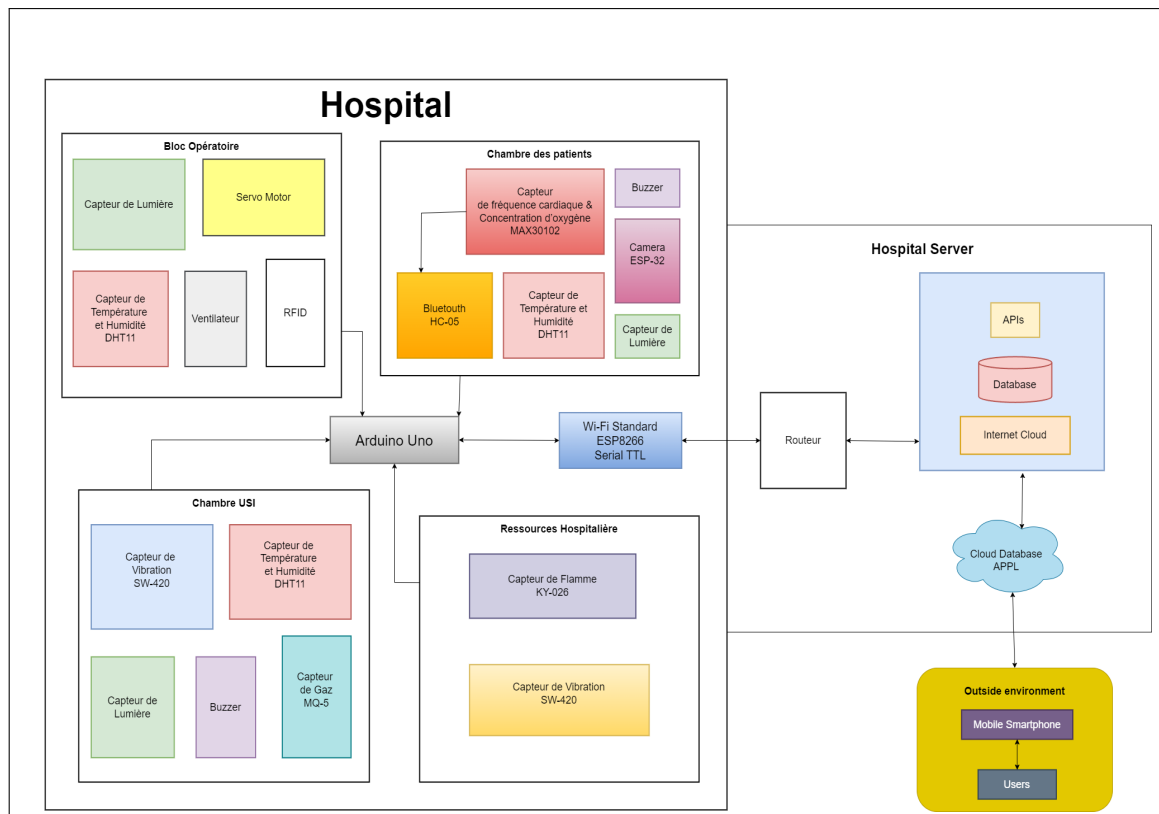


FIGURE III.1 – L’architecture complète de notre système SEHATECH

Dans cette couche, on a mis plusieurs types de capteurs :

- Des capteurs médicaux qui mesurent les trucs importants comme le rythme cardiaque<sup>33</sup> et la saturation en oxygène<sup>34</sup> des patients
- Des capteurs d’environnement qui vérifient des choses comme la température ambiante, l’humidité et la qualité de l’air<sup>35</sup> dans les chambres
- Des caméras qui aident à surveiller l’état des patients, surtout ceux qui sont dans un état critique

On a aussi des actionneurs, qui sont des appareils qui peuvent faire des actions quand c’est nécessaire, comme déclencher une alarme si quelque chose ne va pas avec un patient.

33. Le rythme cardiaque ou fréquence cardiaque représente le nombre de battements du cœur par minute. Chez l’adulte au repos, un rythme normal se situe généralement entre 60 et 100 battements par minute. <https://www.health.harvard.edu/heart-health/what-your-heart-rate-is-telling-you>

34. La saturation en oxygène (SpO2) est un paramètre vital qui mesure le pourcentage d’hémoglobine oxygénée dans le sang. Une valeur normale se situe généralement entre 95% et 100%. <https://www.mayoclinic.org/symptoms/hypoxemia/basics/definition/sym-20050930>

35. La qualité de l’air intérieur est essentielle dans les établissements de santé pour prévenir les infections nosocomiales et assurer le bien-être des patients. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9679624/>

Tous ces capteurs et actionneurs sont connectés à des petits ordinateurs qu'on appelle des microcontrôleurs (on a utilisé surtout des Arduino<sup>36</sup> parce qu'ils sont pas trop chers). Ces microcontrôleurs récupèrent les informations des capteurs et les envoient via WiFi au reste du système.

On va parler plus en détail des modèles de capteurs qu'on a choisis et de leur architecture de connexion dans le chapitre suivant qui présente la réalisation concrète du projet.

### III.2.2 Réseau local (LAN)

Ensuite, dans notre projet, on a mis en place un réseau local, ou comme on l'appelle techniquement, un LAN (Local Area Network)<sup>37</sup>. Au début, on pensait que c'était un truc simple à faire, mais quand on a commencé à vraiment travailler dessus, on s'est rendu compte que c'était plus compliqué que prévu ! Ce réseau est super important car sans lui, aucun de nos appareils ne pourrait communiquer entre eux. Par exemple, quand un capteur de rythme cardiaque détecte quelque chose d'anormal chez un patient, c'est grâce à notre LAN que cette info peut être envoyée directement au poste du médecin ou sur le téléphone d'un infirmier. C'est un peu comme le système nerveux de notre projet !

On a essayé de faire un réseau qui soit à la fois sécurisé et fiable, pour être sûr que les données médicales restent confidentielles.

Cette approche nous rappelle la sagesse d'Ibn Khaldoun qui disait :

*“La protection des secrets est aussi importante que leur découverte; car celui qui protège mal ce qu'il possède perdra bientôt son avantage face à ses adversaires.”*

– Ibn Khaldoun, *Al-Muqaddima (Les Prolégomènes)*, 1377<sup>38</sup>

Pour ça, on a divisé notre réseau en plusieurs zones :

- Une zone pour les capteurs et les appareils IoT
- Une zone pour le serveur local qui traite les données (avec un système Linux<sup>39</sup>)

---

36. Arduino est une plateforme open-source de prototypage électronique basée sur du matériel et des logiciels faciles à utiliser, idéale pour la création d'objets connectés. <https://www.arduino.cc/>

37. Un réseau local (LAN) est un réseau informatique qui connecte des ordinateurs et d'autres dispositifs dans une zone limitée. <https://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/what-is-a-lan-local-area-network.html>

38. Ibn Khaldoun (1332-1406) était un historien et philosophe arabe considéré comme l'un des précurseurs de la sociologie moderne. Son œuvre majeure, la *Muqaddima*, traite notamment des structures sociales et de la protection des acquis de la civilisation. <https://www.britannica.com/biography/Ibn-Khaldun>

39. Linux est un système d'exploitation open-source basé sur UNIX, reconnu pour sa stabilité, sa sécurité et sa flexibilité. Il est largement utilisé pour les serveurs en raison de sa robustesse et de sa faible consommation de ressources. <https://www.redhat.com/fr/topics/linux>

- Une zone pour les ordinateurs et les smartphones de l'équipe médicale et administratif

On a aussi mis en place des choses comme :

- Un système WiFi<sup>40</sup> qui couvre tout l'hôpital
- Des pare-feux (dans le routeur) et autres trucs de sécurité pour protéger les données des patients

Pour cela on a attribué une architecture de réseau réalisée par Cisco Packet Tracer (un outils qu'on va voir plus en détail dans la section des outils et technologies utilisés) comme ceci :

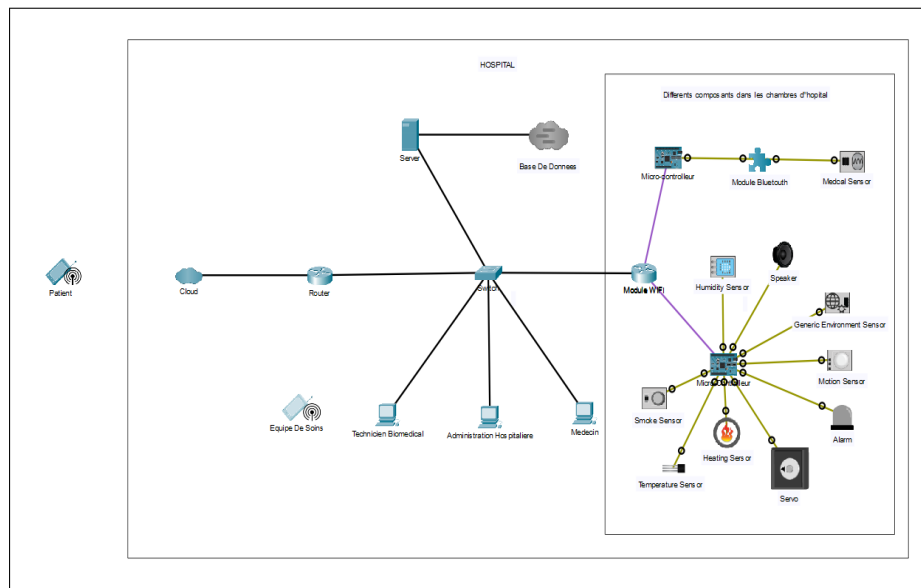


FIGURE III.2 – Architecture du réseau dans l'hôpital

Le fonctionnement de notre réseau est assez simple. On a un routeur principal qui gère tout le trafic entre les différentes zones. Les capteurs IoT envoient leurs données via WiFi vers le serveur local suivant le routeur. Le serveur local, qui tourne sous Linux, traite ces données et les stocke dans sa base de données. Ensuite, l'équipe médicale peut y accéder depuis leurs ordinateurs ou leurs smartphones. Pour la sécurité, on a créé des réseaux WiFi séparés pour les différents utilisateurs avec une authentification par chiffrement token<sup>41</sup>. Le routeur est configuré avec des règles de pare-feu qui empêchent les accès non autorisés et qui isolent les différentes parties du réseau. Comme ça, même si quelqu'un arrive à se connecter au WiFi des visiteurs, il ne pourra pas accéder aux données médicales ou aux capteurs.

40. Le WiFi est une technologie de réseau sans fil qui permet aux appareils électroniques de se connecter à Internet sans câbles physiques. [https://standards.ieee.org/standard/802\\_11-2016.html](https://standards.ieee.org/standard/802_11-2016.html)

41. L'authentification par token est une méthode de sécurité où un jeton numérique unique est généré pour authentifier l'utilisateur, offrant une alternative plus sécurisée aux mots de passe traditionnels. <https://auth0.com/docs/secure/tokens>

### III.2.3 Serveur local

Au cœur de notre système, on a un serveur local qui est installé directement dans l'hôpital. Pour faire des économies, on n'a pas acheté une machine super chère. En fait, on a récupéré un vieux PC et on l'a transformé en serveur ! On a installé dessus Ubuntu Server<sup>42</sup> qui est gratuit et qui marche super bien même sur des ordinateurs pas très récents.

L'installation du serveur nous a pris plusieurs jours parce qu'on devait configurer plein de choses. On a dû installer toutes sortes de dépendances et de bibliothèques, et en même temps, configurer correctement les ports réseau<sup>43</sup> pour que les différents services puissent bien communiquer entre eux. C'était pas toujours facile, surtout quand on tombait sur des problèmes de versions incompatibles ou des conflits de ports ! Mais on a fini par y arriver, et maintenant, quand un capteur envoie une donnée ou quand un médecin essaye d'accéder aux informations d'un patient, la connexion est immédiate et sans erreur.

Le truc vraiment pratique avec notre serveur, c'est qu'on peut y accéder à distance depuis n'importe quel ordinateur connecté au réseau de l'hôpital. Par exemple, quand on doit faire une mise à jour ou corriger un bug, on n'a pas besoin d'être physiquement à côté de la machine. On utilise juste SSH<sup>44</sup> et l'adresse IP du serveur<sup>45</sup> (qui est fixe grâce à une configuration dans le routeur). Pour les utilisateurs moins techniques, on a aussi mis en place un petit panneau d'administration web accessible.

En plus de ça, on a codé des scripts shell<sup>46</sup> pour automatiser le lancement de chaque service. C'est super pratique parce qu'on peut se connecter à distance (remote)<sup>47</sup> et exécuter ces scripts pour démarrer un service spécifique (par exemple, le backend).

Sur ce serveur, on a installé plusieurs logiciels qui travaillent ensemble :

- Une API REST<sup>48</sup> : c'est comme un interprète qui permet à différentes applications de communiquer avec notre système

---

42. Ubuntu Server est une version du système d'exploitation Linux Ubuntu spécialement conçue pour les serveurs, avec une interface en ligne de commande plutôt que graphique pour optimiser les ressources. <https://ubuntu.com/server>

43. Les ports réseau sont des points d'accès numériques par lesquels différents services d'un ordinateur communiquent sur un réseau. Chaque service (comme une base de données ou un site web) utilise un port unique identifié par un numéro, permettant ainsi au système d'acheminer correctement les données. <https://nordvpn.com/cybersecurity/glossary/network-port/>

44. SSH (Secure Shell) est un protocole de réseau qui permet d'établir une connexion sécurisée entre deux ordinateurs. Il est couramment utilisé pour accéder à distance aux serveurs et gérer leur administration. <https://www.ssh.com/academy/ssh>

45. Une adresse IP (Internet Protocol) est un identifiant unique attribué à chaque appareil connecté à un réseau informatique. Elle fonctionne comme une adresse postale virtuelle permettant l'acheminement des données entre les appareils. <https://www.kaspersky.com/resource-center/definitions/what-is-an-ip-address>

46. Un script shell est un programme informatique écrit dans un langage interprété par l'interface système qui permet d'automatiser des tâches comme le démarrage de services. [https://www.w3schools.com/bash/bash\\_script.php](https://www.w3schools.com/bash/bash_script.php)

47. Se connecter à distance (ou "remote connection" en anglais) désigne le fait d'accéder et de contrôler un ordinateur ou un serveur depuis un autre emplacement physique via Internet ou un réseau local, sans être physiquement présent devant la machine. <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/remote-connection>

48. API REST (Representational State Transfer) est un style d'architecture logicielle qui définit un ensemble de contraintes pour la création de services web. Elle permet aux systèmes de communiquer via HTTP avec des formats standardisés comme JSON ou XML. <https://www.redhat.com/fr/topics/api/what-is-a-rest-api>

- Une base de données : on a choisi MongoDB<sup>49</sup> parce qu'elle est rapide et peut stocker beaucoup de types différents de données
- Un broker MQTT<sup>50</sup> : c'est un système spécial qui permet aux capteurs d'envoyer leurs données en temps réel
- Des algorithmes de traitement : ils analysent les données pour détecter automatiquement si quelque chose ne va pas

On a choisi de mettre un serveur local dans l'hôpital plutôt que de tout mettre sur internet pour deux raisons principales : d'abord pour que le système continue à fonctionner même si la connexion internet est coupée, et ensuite pour une raison de sécurité, on a voulu que les données des patients restent à l'intérieur de l'hôpital, ce qui est mieux pour leur confidentialité.

Pour optimiser le fonctionnement du serveur, on a configuré les services essentiels comme MongoDB, SSH, broker MQTT, Apache et les clients HTTP pour qu'ils démarrent automatiquement quand le serveur se lance. On a fait ça avec la commande `systemctl`<sup>51</sup> qui permet d'associer chaque service au démarrage du système. Par contre, pour les services spécifiques à notre application comme le backend, les services Node.js pour le frontend et les processus de synchronisation des bases de données, on a préféré les lancer manuellement via nos scripts shell personnalisés. Ça nous donne plus de contrôle et facilite le débogage quand il y a un problème.

```

Server Laravel (8000) - php x + v
Starting Laravel development server: http://127.0.0.1:8000
[Thu May 22 16:53:58 2025] PHP 8.2.0 Development Server (http://127.0.0.1:8000) started
  
```

(a) Service Backend (Laravel)

```

PythonMQTTConnector.py x + v
2025-05-22 16:58:04 - arduino-mqtt-bridge - INFO - Tentative de connexion au broker MQTT à localhost:1883
2025-05-22 16:58:04 - arduino-mqtt-bridge - INFO - Connecté au broker MQTT à localhost:1883
2025-05-22 16:58:04 - arduino-mqtt-bridge - INFO - Abonnement au topic: arduino/sensors/temperature
2025-05-22 16:58:04 - arduino-mqtt-bridge - INFO - Abonnement au topic: arduino/sensors/humidity
2025-05-22 16:58:04 - arduino-mqtt-bridge - INFO - Abonnement au topic: arduino/sensors/gas
2025-05-22 16:58:04 - arduino-mqtt-bridge - INFO - Démarrage du serveur WebSocket sur 0.0.0.0:8765
2025-05-22 16:58:04 - arduino-mqtt-bridge - INFO - Abonnement au topic: arduino/sensors/flame
2025-05-22 16:58:04 - arduino-mqtt-bridge - INFO - Abonnement au topic: arduino/sensors/vibration
2025-05-22 16:58:04 - arduino-mqtt-bridge - INFO - Abonnement au topic: arduino/sensors/all
2025-05-22 16:58:04 - arduino-mqtt-bridge - INFO - Abonnement au topic: arduino/ilects
2025-05-22 16:58:04 - arduino-mqtt-bridge - INFO - Abonnement au topic: arduino/sensors/medical
  
```

(b) Service MQTT Broker

```

> techdash@0.0.1 dev
> vite
VITE v5.4.14 ready in 1452 ms
→ Local: http://localhost:5173/
→ Network: use --host to expose
press h + enter to show help
  
```

(c) Service Frontend (Node.js)

FIGURE III.3 – Exemples des services exécutés sous Linux sur notre serveur

49. MongoDB est une base de données NoSQL orientée document qui offre de hautes performances, une grande disponibilité et une mise à l'échelle automatique. <https://www.mongodb.com/>

50. MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) est un protocole de messagerie léger conçu pour les appareils IoT. Un broker MQTT agit comme intermédiaire qui reçoit et distribue les messages entre différents appareils, idéal pour les environnements avec faible bande passante. <https://mqtt.org/>

51. Systemctl est un utilitaire Linux qui permet de contrôler le système d'initialisation systemd et la gestion des services. Il permet de démarrer, arrêter, redémarrer ou vérifier l'état des services système. <https://www.redhat.com/en/blog/linux-systemctl-manage-services>

### III.2.4 Base de données fractionnée & déploiement Docker

En plus du serveur local, on a aussi mis en place une partie de notre système sur le cloud.

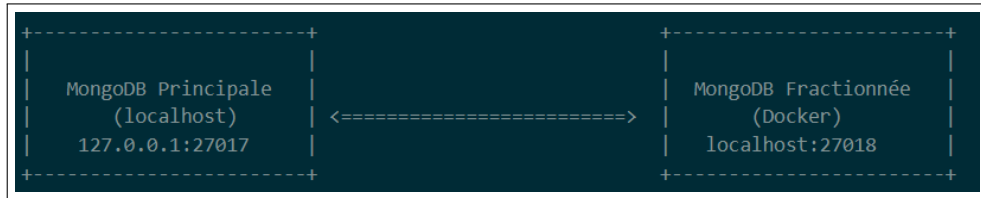


FIGURE III.4 – Structure de synchronisation entre la bdd principale et fractionnée

En fait, on a créé ce qu'on appelle une base de données fractionnée<sup>52</sup>. En gros, c'est comme si on avait coupé notre grosse base de données MongoDB en deux parties. La partie principale reste bien protégée dans le serveur local de l'hôpital avec toutes les données sensibles des patients. Puis on a créé une deuxième base de données plus petite, qui contient juste les infos dont les patients ont besoin quand ils sont en dehors de l'hôpital.

Le truc vraiment cool qu'on a mis en place, c'est un système de synchronisation automatique ! On a écrit un petit programme qui tourne toutes les minutes sur le serveur et qui vérifie s'il y a des nouvelles données à partager. Par exemple, quand un nouveau patient arrive et quand le profil associé est créé, le programme copie automatiquement ces infos vers la base de données externe. Mais attention, pas toutes les infos ! Juste celles qui sont nécessaires et qui ne sont pas trop sensibles.

Pour cette partie, on a utilisé Docker<sup>53</sup>. C'est super pratique parce que ça nous permet de créer des conteneurs, c'est-à-dire des espaces isolés où notre base de données et notre système de synchronisation peuvent tourner sans être perturbés par les autres trucs du serveur. Comme ça, même si quelque chose plante ailleurs, notre système de synchronisation continue de fonctionner !

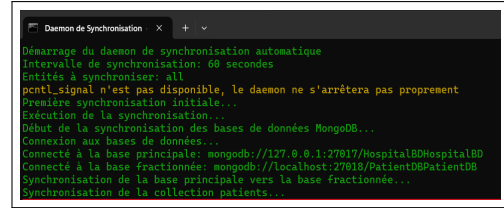
---

52. Une base de données fractionnée est une approche où les données sont réparties sur plusieurs serveurs physiquement séparés, chacun contenant une partie spécifique des données complètes. Cette technique permet d'optimiser la sécurité et les performances. <https://www.mongodb.com/basics/sharding>

53. Docker est une plateforme permettant de développer, expédier et exécuter des applications dans des environnements isolés appelés conteneurs, ce qui facilite le déploiement d'applications complexes. <https://www.docker.com/resources/what-container>



(a) Service MongoDB sur le serveur



(b) Service de synchronisation

FIGURE III.5 – Services de base de données et synchronisation

On a choisi cette approche surtout pour des raisons de sécurité. Si jamais quelqu'un réussissait à pirater la base de données externe, il n'aurait accès qu'à une petite partie des données, pas à tout. Et même ces données-là sont chiffrées<sup>54</sup> pour être encore plus sûr ! En plus, le serveur externe a son propre pare-feu<sup>55</sup> et ses propres mesures de sécurité.

Pour la communication entre les deux bases de données, on utilise un canal sécurisé avec un protocole de chiffrement avancé. Et le top du top, c'est qu'on a mis en place un système de journalisation<sup>56</sup> qui enregistre toutes les opérations de synchronisation. Comme ça, on peut vérifier qui a accédé à quoi et quand, ce qui est super important dans un contexte médical.

On a trouvé que cette approche était un bon compromis entre la disponibilité des données pour les différents acteurs du système et la protection de la vie privée des patients.

### III.2.5 Application clients (web & mobile)

Finalement, on a développé des applications (web et mobile) qui permettent aux différentes personnes (médecins, administrateurs, patients, équipes des soins, techniciens biomédicaux) d'interagir avec notre système.

Pour rendre notre système facile à utiliser pour tout le monde, on a décidé de faire deux types d'applications différentes selon l'utilisateur et ses besoins :

- **Applications web** : on les a développées pour les médecins, les administrateurs et les techniciens biomédicaux qui travaillent la plupart du temps sur des ordinateurs. Pour y accéder, c'est super simple, il suffit juste d'écrire l'adresse IP du serveur dans n'importe quel navigateur web. Le système reconnaît automatiquement qui se connecte et affiche les bonnes informations.

54. Le chiffrement est un processus qui transforme des données lisibles en format codé illisible sans clé de déchiffrement appropriée, garantissant ainsi leur confidentialité lors du stockage ou de la transmission. <https://www.ibm.com/think/topics/encryption>

55. Un pare-feu est un système de sécurité réseau qui surveille et filtre le trafic entrant et sortant selon des règles de sécurité prédéfinies, protégeant ainsi les systèmes contre les accès non autorisés. <https://www.cisco.com/c/en/us/products/security/firewalls/what-is-a-firewall.html>

56. La journalisation est le processus d'enregistrement systématique des événements et actions qui se produisent dans un système informatique, permettant de suivre l'activité et d'identifier d'éventuelles anomalies ou intrusions. <https://www.ibm.com/docs/fr/db2/12.1.0?topic=strategies-database-logging>

- **Applications mobiles** : pour les équipes de soins (infirmiers et aides-soignants) qui se déplacent beaucoup dans l'hôpital, et aussi pour les patients, on a créé des applications spéciales pour smartphones et tablettes. Ces applis sont plus pratiques quand on est en mouvement. Pour les utiliser, il faut juste activer le WiFi sur son téléphone et se connecter au réseau de l'hôpital. L'application fait le reste toute seule !

Toutes ces applications communiquent avec notre serveur à travers le réseau WiFi de l'hôpital. Le serveur traite les demandes et renvoie les infos nécessaires. On a vraiment essayé de faire des interfaces simples à utiliser, même pour les personnes qui ne sont pas très à l'aise avec l'informatique.

On expliquera plus en détail comment on a réalisé ces applications exactement dans le chapitre suivant qui parle de la réalisation et de l'implémentation du projet.

### III.3 Architecture technique détaillée

L'architecture technique de notre système repose sur l'utilisation de microcontrôleurs Arduino comme composants centraux pour la collecte et le traitement initial des données. Le choix d'Arduino s'explique par sa flexibilité, sa fiabilité et sa capacité à s'interfacer avec une grande variété de capteurs et de modules de communication.

Dans notre système, Arduino joue un rôle fondamental en tant que microcontrôleur principal, permettant de surveiller, gérer, capturer et manipuler les données relatives à la santé des patients et à l'environnement hospitalier de manière autonome et intelligente. Cette plateforme open-source offre plusieurs avantages déterminants pour notre application :

- **Polyvalence** : capacité à s'interfacer avec divers capteurs médicaux et environnementaux
- **Faible consommation énergétique** : idéale pour des dispositifs fonctionnant en continu
- **Coût abordable** : permettant un déploiement à grande échelle
- **Communauté active** : offrant de nombreuses bibliothèques et ressources
- **Facilité d'intégration** : avec d'autres systèmes via divers protocoles de communication

L'architecture interne d'Arduino, illustrée dans la figure ci-dessous, montre comment ce microcontrôleur est structuré pour traiter les données provenant des capteurs et communiquer avec d'autres systèmes.



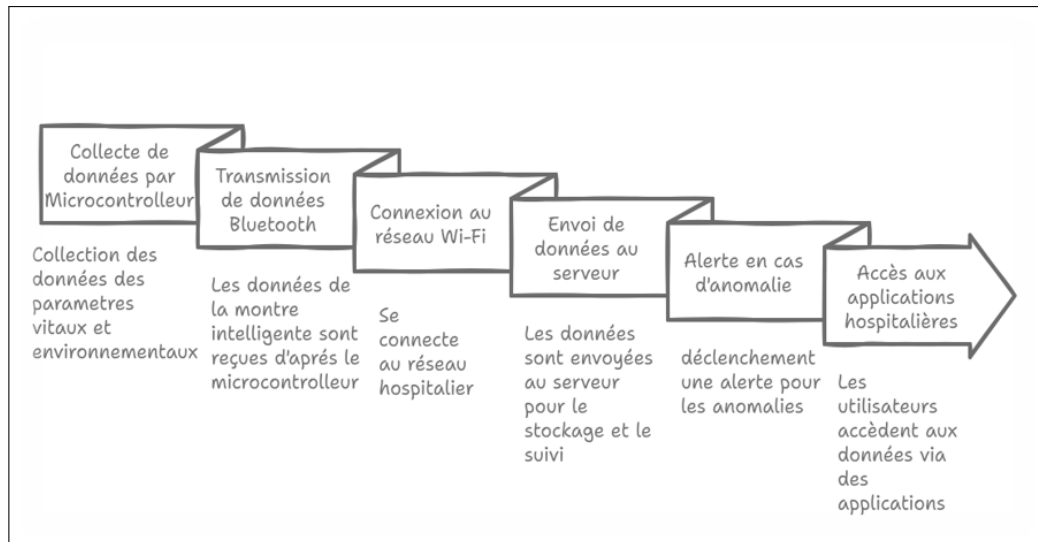


FIGURE III.7 – Fonctionnement global du système de supervision IoT

Le processus de supervision et de communication se déroule comme suit :

1. Les capteurs médicaux et environnementaux collectent en continu des données.
2. Les microcontrôleurs Arduino traitent ces données localement pour détecter d'éventuelles anomalies.
3. En cas d'anomalie détectée, une alerte locale peut être déclenchée via un buzzer ou un voyant LED.
4. Simultanément, les données sont transmises via les modules ESP8266 au réseau Wi-Fi de l'établissement.
5. Le serveur central reçoit, stocke et analyse ces données en temps réel.
6. Les applications web et mobile accèdent à ces données pour les présenter aux différents utilisateurs (médecins, équipes de soins, techniciens).
7. Des alertes sont générées et transmises aux personnes concernées en fonction de la gravité des anomalies détectées.

Cette architecture permet une surveillance continue et non intrusive des patients, tout en assurant une détection rapide des situations critiques nécessitant une intervention médicale.

### III.3.2 Matériel utilisé

Pour réaliser notre système de surveillance médicale intelligent, nous avons sélectionné divers composants matériels adaptés aux besoins spécifiques du milieu hospitalier. Ces composants sont regroupés en quatre catégories principales : les composants IoT partagés, les capteurs médicaux, les capteurs environnementaux et les dispositifs de surveillance vidéo.

## Composants IoT partagés

Les composants IoT partagés constituent l'infrastructure de base de notre système, permettant la collecte, le traitement et la transmission des données entre les différents modules.

Composant	Image	Description et fonctionnement
Arduino Uno		Microcontrôleur principal pour la collecte et le traitement des données issues des capteurs médicaux et environnementaux. Il reçoit les informations, effectue un traitement initial pour détecter d'éventuelles anomalies, et transmet les données au serveur via le module Wi-Fi.
Module ESP8266		Module de communication Wi-Fi permettant à l'Arduino de transmettre les données collectées au serveur central. Il établit une connexion sécurisée avec le réseau hospitalier et assure la transmission fiable des informations en temps réel.
Buzzer		Dispositif sonore utilisé pour générer des alertes audibles en cas d'anomalie détectée par les capteurs. Il permet d'avertir immédiatement le personnel présent dans la zone concernée.
Servomoteur		Actionneur utilisé pour contrôler certains éléments mécaniques comme l'ouverture/fermeture automatique de fenêtres ou de valves en réponse aux conditions détectées.
Module RFID RC522		Lecteur de cartes RFID permettant d'identifier rapidement les patients via leur bracelet ou carte d'identification. Ce module communique avec l'Arduino pour associer les données collectées au bon patient ou équipement.
LED		Indicateur visuel utilisé en complément du buzzer pour signaler différents états du système (normal, avertissement, alerte) à travers différentes couleurs.
Ventilateur		Actionneur pouvant être déclenché automatiquement en cas de détection de température élevée ou de présence de gaz, contribuant à la régulation des conditions environnementales.
Écran LCD 16x2		Afficheur permettant de visualiser localement les valeurs mesurées par les capteurs et les messages d'état du système. Il fournit une interface utilisateur simple pour le personnel technique.

TABLEAU III.1 – Composants IoT partagés entre les capteurs médicaux et environnementaux

## Capteurs médicaux

Les capteurs médicaux sont spécifiquement conçus pour la surveillance des paramètres vitaux des patients, assurant une collecte précise et fiable des données de santé.


Capteur	Image	Description et fonctionnement
MAX30102		Capteur de fréquence cardiaque et d'oxymétrie de pouls. Il mesure en continu la fréquence cardiaque et la concentration d'oxygène dans le sang (SpO2) du patient. Son principe de fonctionnement repose sur l'émission et la détection de lumière à travers le tissu, permettant d'analyser les variations de l'absorption lumineuse par le sang. Ces données sont transmises à l'Arduino médical pour être traitées en temps réel et envoyées au serveur.

TABLEAU III.2 – Capteurs médicaux utilisés

## Capteurs environnementaux

Les capteurs environnementaux assurent la surveillance des conditions ambiantes dans les chambres et les zones sensibles de l'hôpital, contribuant à la sécurité et au confort des patients.





Capteur	Image	Description et fonctionnement
DHT11		Capteur de température et d'humidité haute précision. Il surveille en continu les conditions environnementales des chambres et des salles d'équipements médicaux, assurant qu'elles restent dans les plages optimales pour le bien-être des patients et le bon fonctionnement des appareils.
MQ-5		Capteur de gaz capable de détecter différents types de gaz comme le GPL, le méthane et l'hydrogène. Il est utilisé pour surveiller la qualité de l'air dans les chambres et les zones sensibles, alertant immédiatement en cas de détection de gaz potentiellement dangereux.
Capteur de flamme		Détecteur infrarouge sensible aux rayonnements émis par les flammes. Il est installé dans les zones à risque d'incendie pour détecter rapidement tout début de feu et déclencher une alerte immédiate.
SW-420		Capteur de vibration permettant de détecter les mouvements anormaux des équipements médicaux. Il contribue à la maintenance prédictive en identifiant les vibrations inhabituelles qui pourraient indiquer un dysfonctionnement imminent.

TABLEAU III.3 – Capteurs environnementaux utilisés

## Dispositif de surveillance vidéo

Le dispositif de surveillance vidéo complète notre système en offrant une surveillance visuelle continue et intelligente des zones de soins.


Composant	Image	Description et fonctionnement
Caméra ESP32-CAM		Module de caméra intégré avec microcontrôleur ESP32, permettant la capture d'images et de vidéos avec capacité de transmission sans fil. La caméra capture en continu des images dans la chambre du patient et les transmet au serveur central via Wi-Fi. Un algorithme de reconnaissance faciale analyse ces images pour identifier le patient et associer automatiquement son visage à son dossier médical, permettant ainsi un accès rapide aux informations pertinentes.

TABLEAU III.4 – Dispositif de surveillance vidéo utilisé

L'ensemble de ces composants forme une infrastructure IoT complète et intégrée, permettant une surveillance globale de l'environnement hospitalier et des patients. Les deux Arduino (médical et environnemental) fonctionnent de manière indépendante mais complémentaire, chacun gérant son propre ensemble de capteurs et transmettant les données collectées au serveur central via leurs modules ESP8266 respectifs. Cette architecture modulaire offre une grande flexibilité et une facilité de maintenance, tout en assurant la fiabilité nécessaire pour un système médical critique.

## III.4 Implémentation des interfaces

### III.4.1 Administration

L'interface d'administration de SEHATECH centralise la gestion hospitalière à travers différents modules interconnectés.

Le tableau de bord offre une vue d'ensemble des indicateurs clés : taux d'occupation des chambres, nombre de patients en cours de traitement, état des équipements et alertes prioritaires. Cette interface permet une prise de décision rapide basée sur des données actualisées.

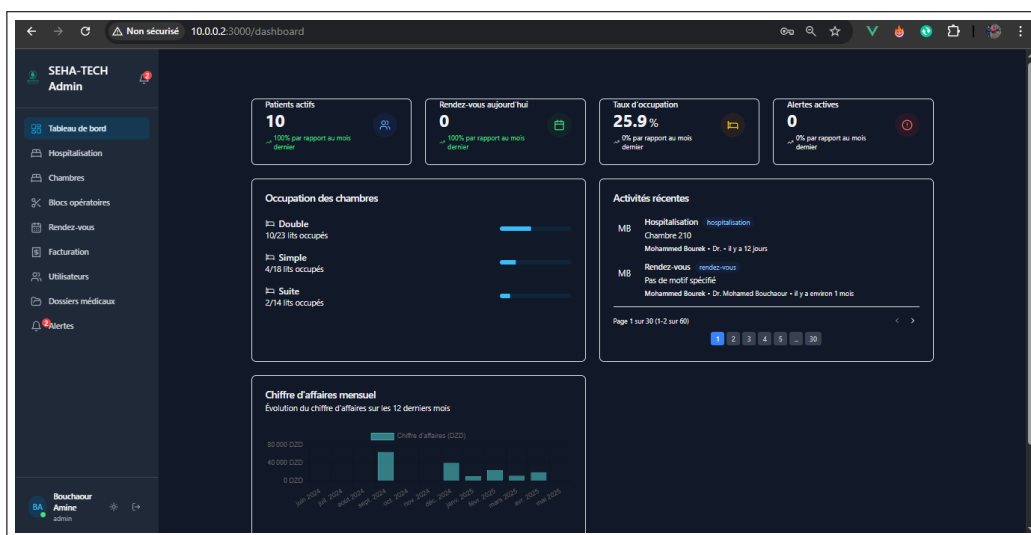


FIGURE III.8 – Tableau de bord administrateur

Le module de gestion des chambres permet de suivre l'occupation en temps réel, planifier les admissions et optimiser l'utilisation des ressources. Il intègre également un système de maintenance préventive pour assurer le bon état des installations.

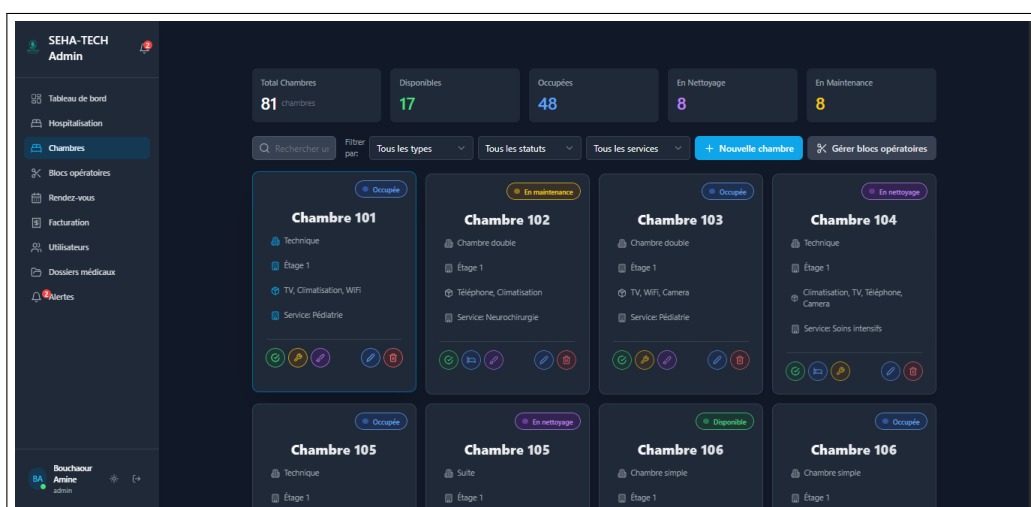


FIGURE III.9 – Gestion des chambres

Le système de gestion des dossiers médicaux facilite l'accès aux informations patient, l'archivage sécurisé et la recherche avancée. Chaque dossier contient l'historique médical complet, les examens, traitements et documents administratifs associés.

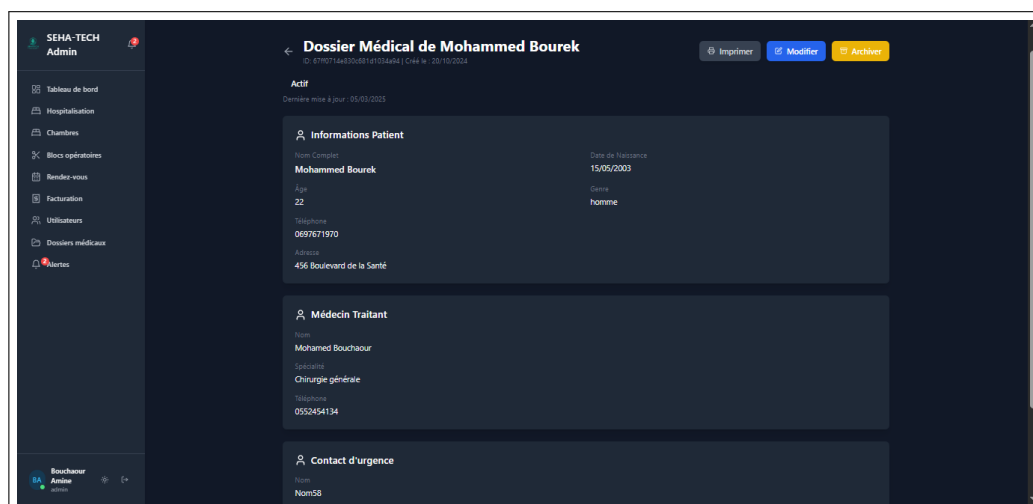
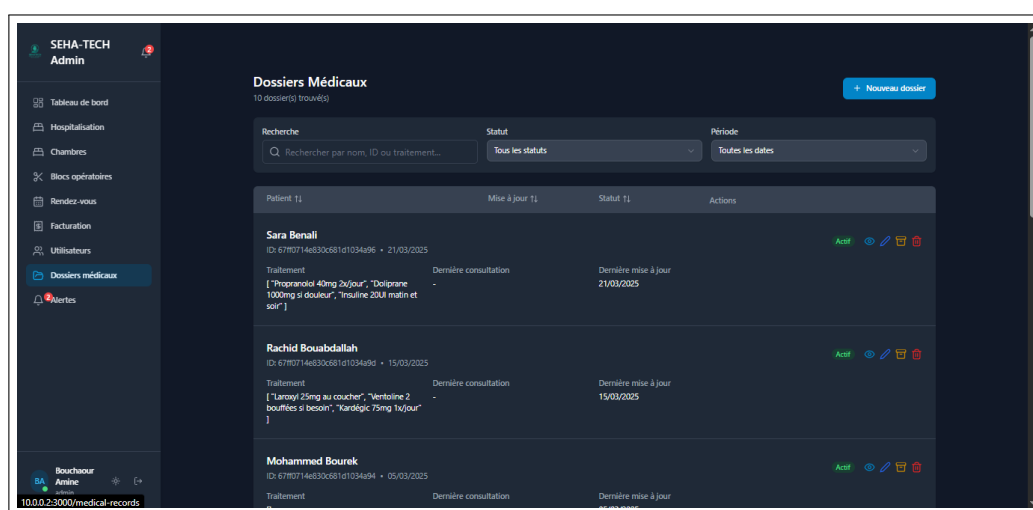


FIGURE III.10 – Gestion des dossiers médicaux

Le module d'hospitalisation coordonne l'ensemble du processus d'admission, du transfert entre services jusqu'à la sortie. Il gère également les demandes d'hospitalisation via un système de billets de salle, permettant un suivi efficace des demandes des médecins traitants.

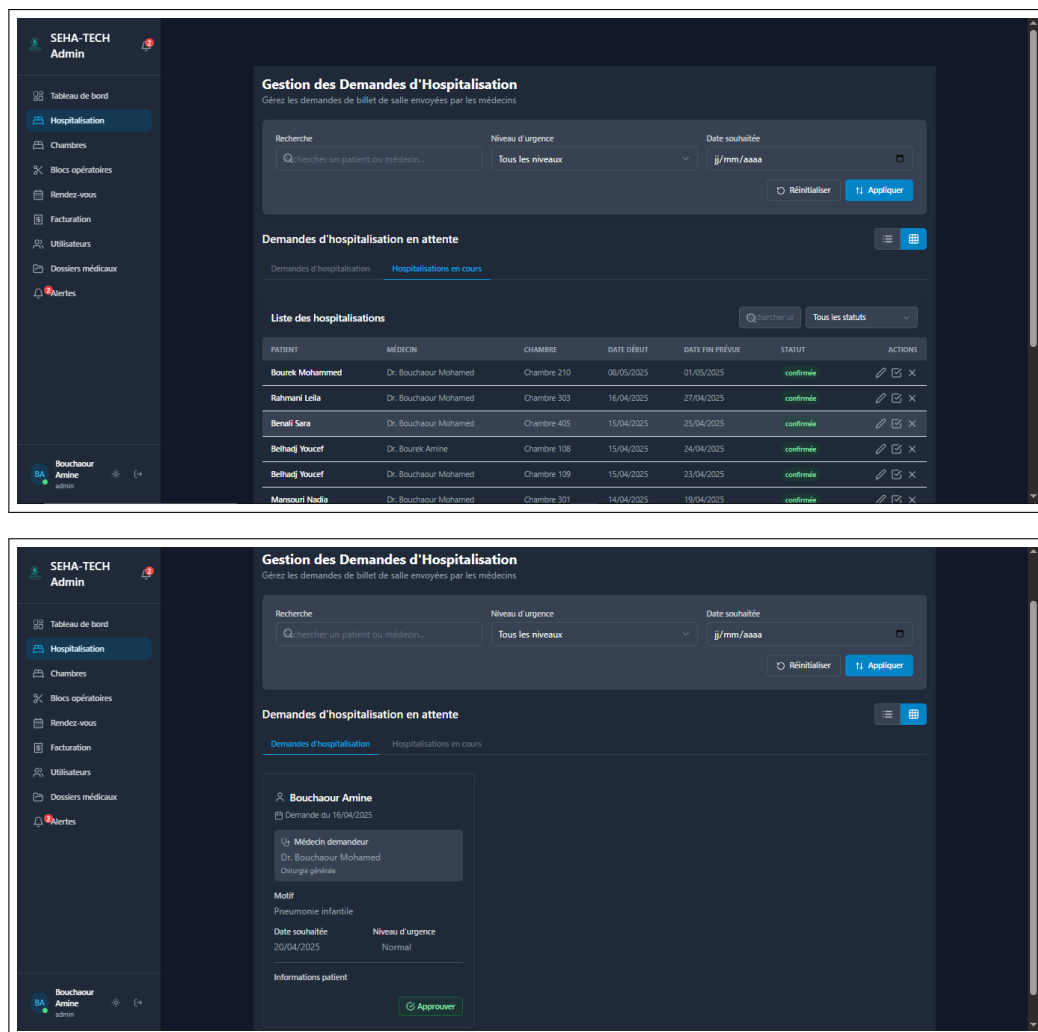


FIGURE III.11 – Gestion des hospitalisations

Le système de facturation automatise la génération des factures en fonction des prestations réalisées, des médicaments administrés et des examens effectués. Il intègre également un suivi des paiements et la gestion des remboursements.

N° FACTURE	PATIENT	DATE	MONTANT	STATUT	ACTIONS
FAC-2025-4876	Mansouri Nadia	24/04/2025	22 186,00 DA	En attente	[Icons]
FAC-2025-3904	Hamidi Karim	22/04/2025	25 220,00 DA	Paiement partiel	[Icons]
FAC-2025-2045	Bouchaour Amine	22/04/2025	50 659,00 DA	En attente	[Icons]
FAC-2025-4455	Bourek Mohammed	22/04/2025	13 145,00 DA	Annulée	[Icons]
FAC-2025-3883	Bouabdallah Rachid	21/04/2025	9 866,00 DA	En attente	[Icons]
FAC-2025-3957	Rahmani Leila	19/04/2025	15 419,00 DA	Paiement partiel	[Icons]
FAC-2025-9959	Hadj Fatima	19/04/2025	132 091,00 DA	En attente	[Icons]
FAC-2025-7510	Benali Sara	19/04/2025	87 208,00 DA	En attente	[Icons]
FACT-2025-023	Bourek Mohammed	16/04/2025	3 360,00 DA	En attente	[Icons]

FIGURE III.12 – Système de facturation

L'interface de gestion des utilisateurs permet de créer et gérer les comptes du personnel hospitalier, avec attribution de rôles spécifiques et niveaux d'accès adaptés à chaque fonction. Elle assure également le suivi des connexions et la sécurité des données.

Utilisateur	Type	Contact	Statut	Actions
Bouchaour Mohamed (ID: 67f07065192a02eb024d44)	Médecin	bouchaour@medech.dz 0552454134	ACTIF	[Icons]
Bourek Amine (ID: 67f07065192a02eb024d45)	Médecin	bourek@medech.dz 0551234567	ACTIF	[Icons]
Bourek Mohammed El Amine (ID: 67f0711e9f166c2f50a924)	Équipe de Soins	bourek@soin.dz 0773456789	ACTIF	[Icons]
Bouchaour Amine (ID: 67f0711e9f166c2f50a925)	Équipe de Soins	bouchaour@soin.dz 0668901234	ACTIF	[Icons]
Kadri Amina (ID: 67f0711e9f166c2f50a926)	Équipe de Soins	kadri@soin.dz 0668901234	ACTIF	[Icons]

FIGURE III.13 – Gestion des utilisateurs

Le module de planification des rendez-vous intègre un calendrier dynamique permettant de gérer les disponibilités des médecins, les créneaux de consultation et les rappels automatiques aux patients. Il optimise l'organisation des consultations tout en réduisant les temps d'attente.

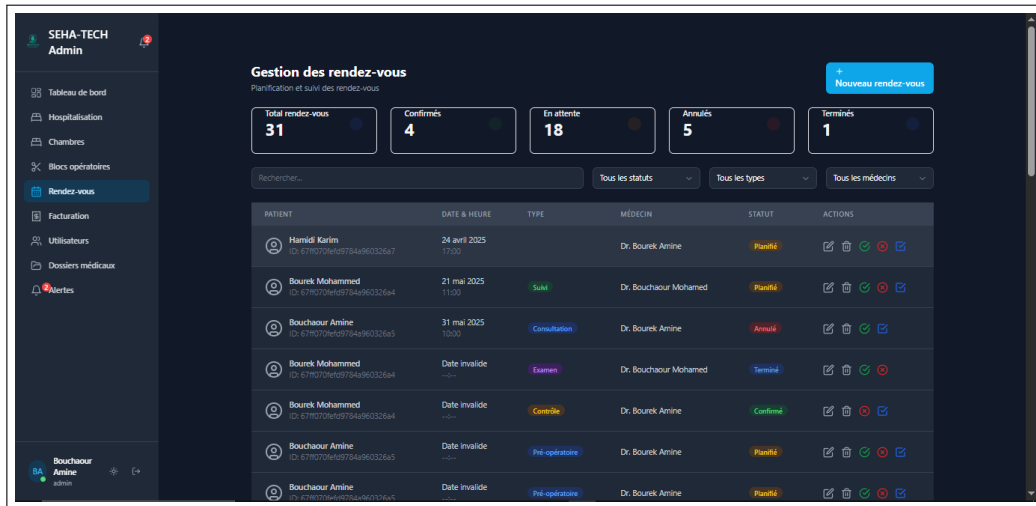


FIGURE III.14 – Gestion des rendez-vous

L'interface de gestion des blocs opératoires permet de planifier les interventions chirurgicales, gérer les ressources nécessaires et suivre l'occupation des salles. Elle assure une coordination efficace entre les équipes médicales et le personnel technique.

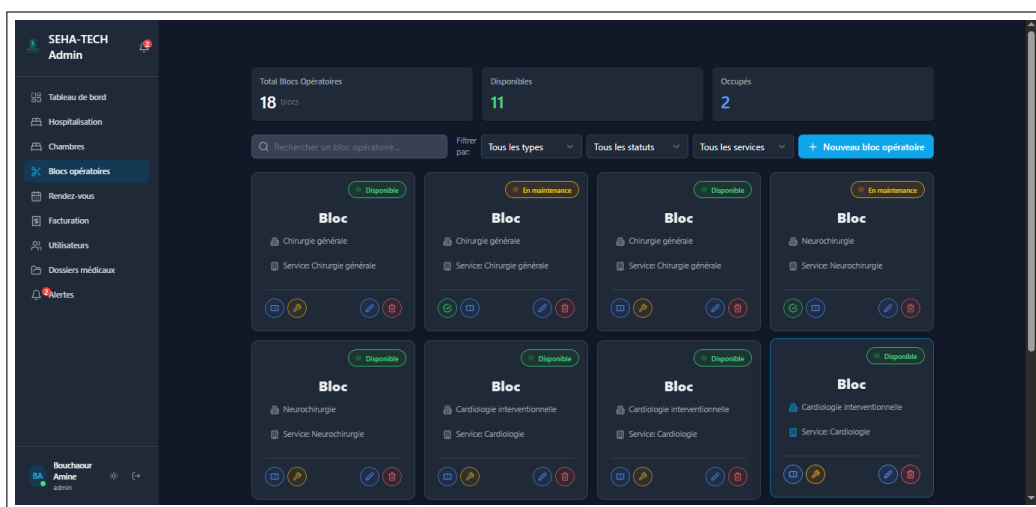


FIGURE III.15 – Gestion des blocs opératoires

La carte d'identité patient numérique intègre un code QR unique permettant une identification rapide et sécurisée. Elle centralise les informations essentielles du patient et facilite son suivi tout au long de son parcours de soins.

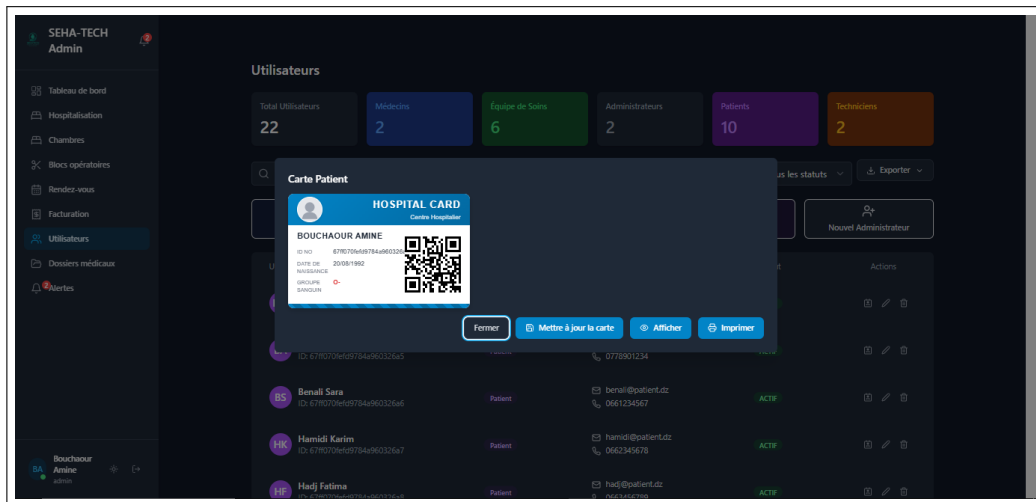


FIGURE III.16 – Carte SEHATECH-patient

### III.4.2 Médecin

L'interface médecin de SEHATECH offre un accès complet aux outils de diagnostic et de suivi des patients en temps réel.

Le tableau de bord médecin présente une vue d'ensemble des patients suivis, avec accès rapide aux paramètres vitaux, résultats d'examen et alertes prioritaires. Il permet une prise en charge efficace des patients grâce à une interface intuitive et réactive.

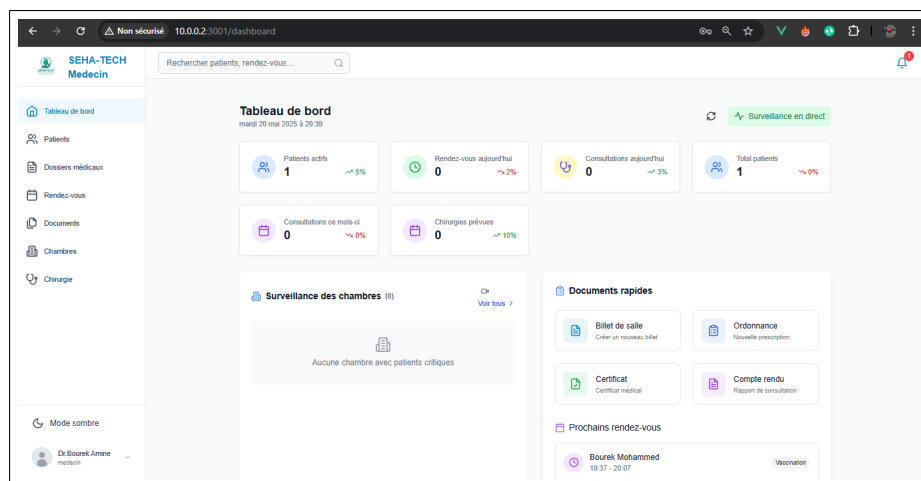


FIGURE III.17 – Dashboard médecin

L'interface de connexion sécurisée utilise un système d'authentification à deux facteurs avec token personnalisé, garantissant un accès sécurisé aux données médicales sensibles et la protection de la confidentialité des patients.

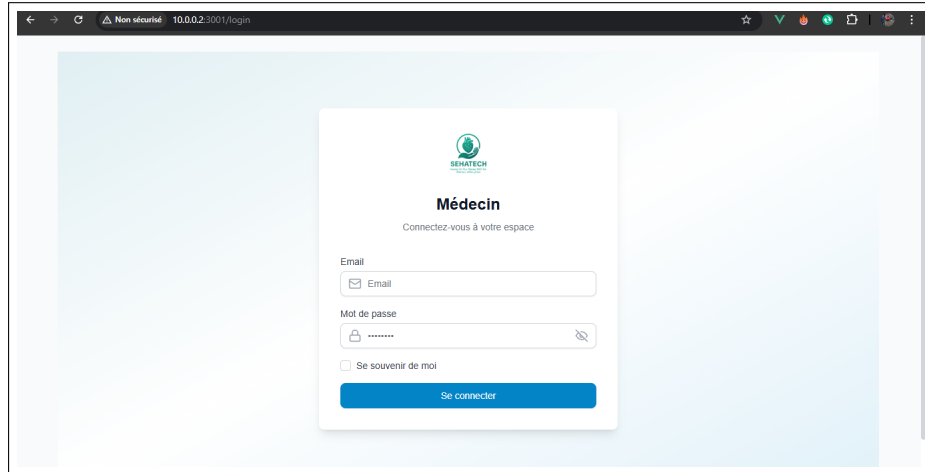


FIGURE III.18 – Interface de connexion médecin

Le module de surveillance des patients combine deux approches complémentaires : un suivi en temps réel via les dispositifs IoT pour les patients hospitalisés, et un monitoring à domicile permettant aux patients de transmettre leurs paramètres vitaux pour un suivi médical continu.

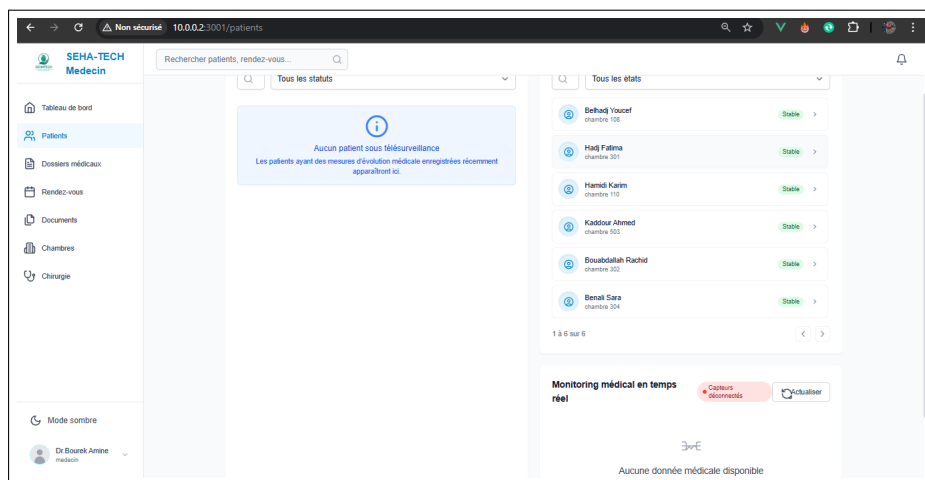


FIGURE III.19 – Gestion des patients

L'interface de consultation des dossiers médicaux permet un accès structuré aux antécédents médicaux, examens, traitements en cours et évolutions cliniques. Elle facilite la prise de décision médicale en centralisant toutes les informations pertinentes.

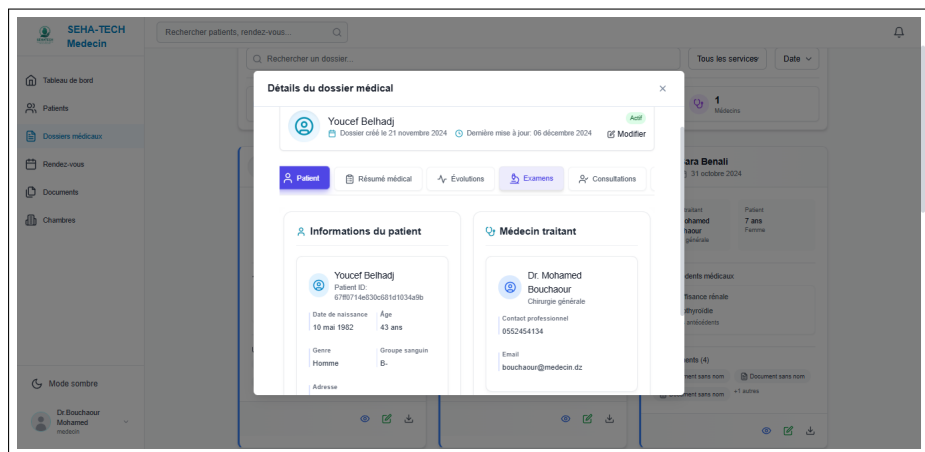
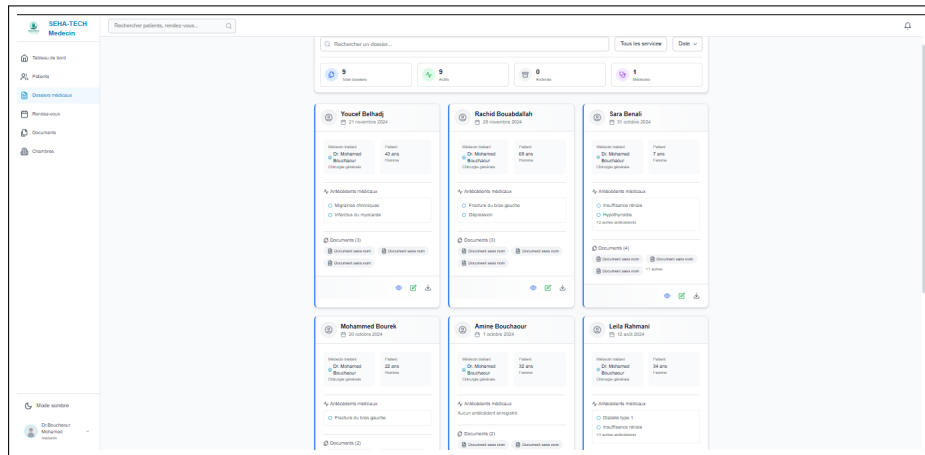


FIGURE III.20 – Gestion des dossiers médicaux

Le module de prescription électronique permet la création et la gestion sécurisée des ordonnances, demandes d'examens et rapports médicaux. Il intègre des alertes pour les interactions médicamenteuses et assure la traçabilité complète des prescriptions.

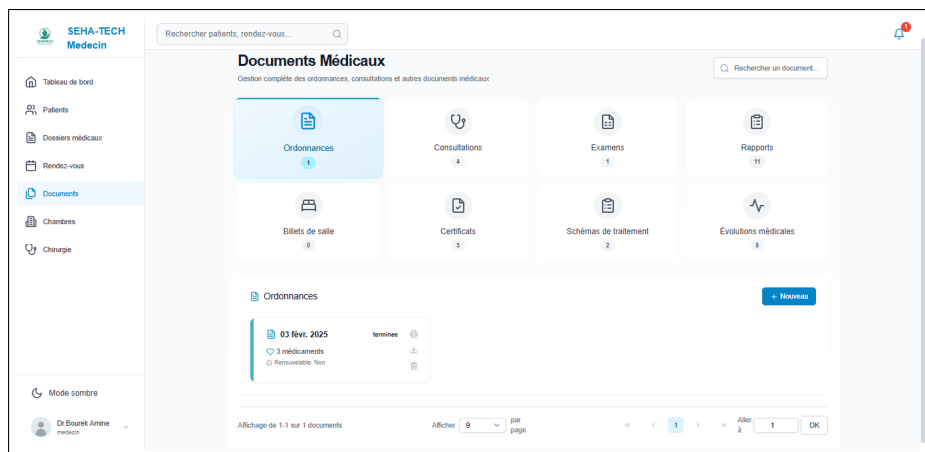


FIGURE III.21 – Liste de prescriptions médicales

L'interface de planification chirurgicale offre un calendrier dédié aux chirurgiens, permettant la gestion des interventions, la réservation des blocs opératoires et la coordination des équipes médicales nécessaires à chaque intervention.

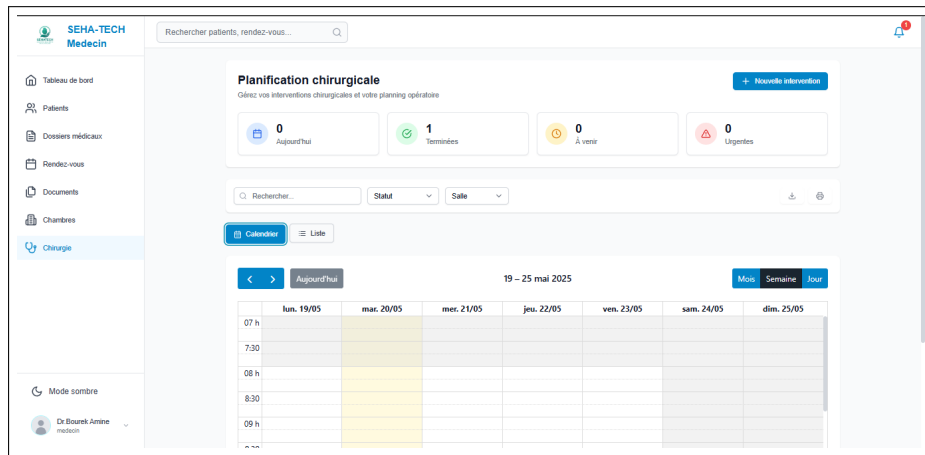
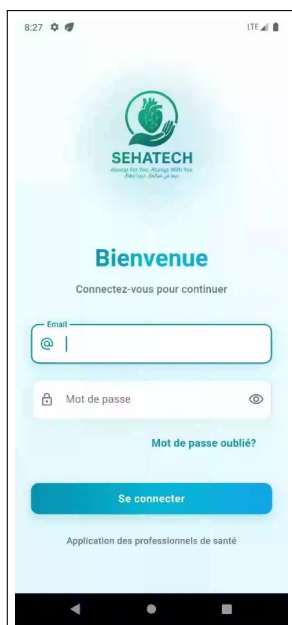


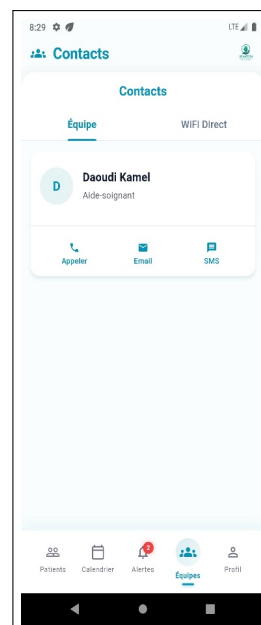
FIGURE III.22 – Planification chirurgicale

### III.4.3 Équipe de soins

L'application mobile équipe de soins de SEHATECH offre des outils spécialisés pour la coordination des soins et le suivi des patients hospitalisés. Elle permet aux infirmiers et aides-soignants de gérer efficacement leurs interventions et de maintenir une communication fluide avec l'équipe médicale.



L'interface de connexion sécurisée utilise une authentification personnalisée pour garantir l'accès aux données sensibles. Elle permet une identification rapide et sécurisée des membres de l'équipe de soins.

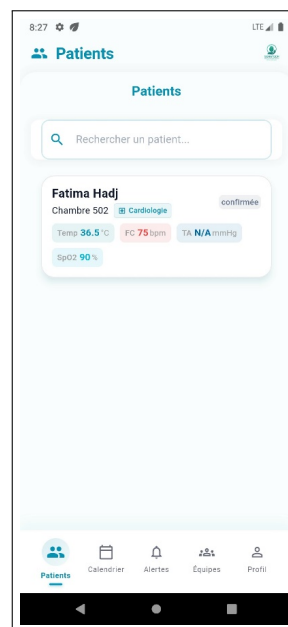


La vue d'équipe présente les membres (infirmiers et aides-soignants) du service, facilitant la coordination des interventions et l'attribution des tâches entre les différents acteurs.

FIGURE III.23 – Interface de connexion et vue d'équipe



Le module de gestion des tâches permet de planifier et suivre les interventions de soins. Il assure une répartition efficace des soins et un suivi en temps réel des interventions réalisées.



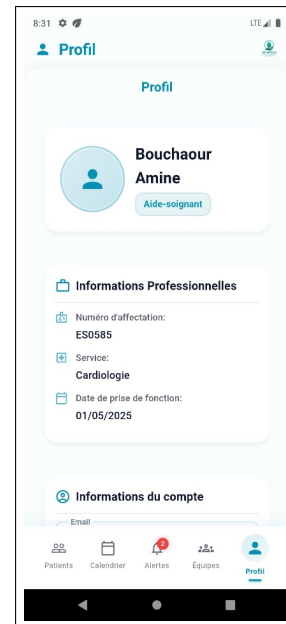
La liste des patients hospitalisés permet un suivi personnalisé des soins pour chaque patient. Elle affiche les informations essentielles et les soins programmés pour une prise en charge optimale.

FIGURE III.24 – Gestion des tâches et suivi des patients



*Centre de notifications*

Le système de notifications en temps réel alerte l'équipe des soins prioritaires et des interventions urgentes. Il assure une réactivité optimale face aux besoins des patients.

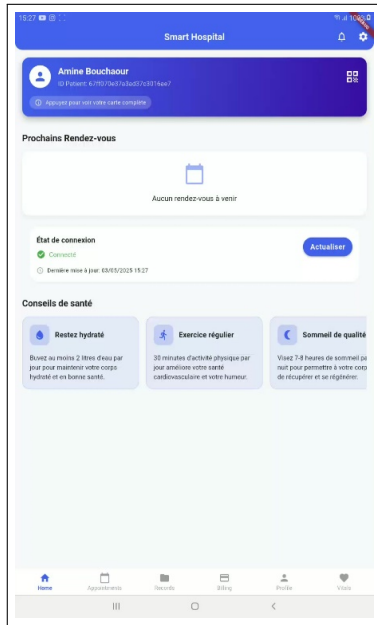


L'interface de profil personnel permet de gérer les informations et préférences de l'utilisateur, assurant une expérience personnalisée et adaptée à chaque membre de l'équipe.

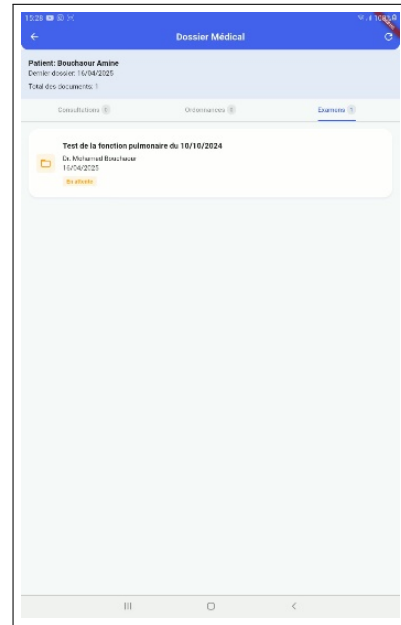
FIGURE III.25 – Système de notifications et profil utilisateur

### III.4.4 Patient

L'application mobile patient de SEHATECH offre un accès personnalisé aux informations médicales et aux services hospitaliers.

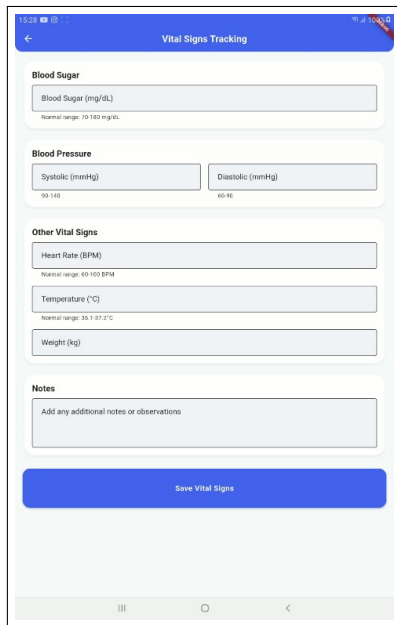


La page d'accueil présente un accès rapide aux services essentiels : rendez-vous, résultats d'examens, messages et alertes importantes. Elle offre une navigation intuitive adaptée aux besoins des patients.

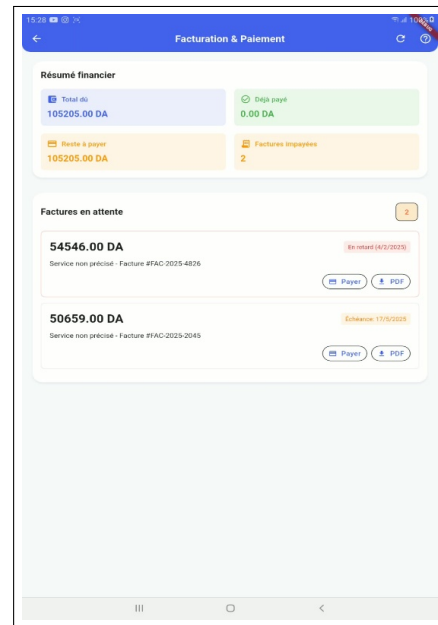


Le dossier médical personnel permet de consulter l'historique complet des soins, examens et traitements. Il facilite le suivi de l'évolution médicale et la communication avec l'équipe soignante.

FIGURE III.26 – Accueil et dossier médical

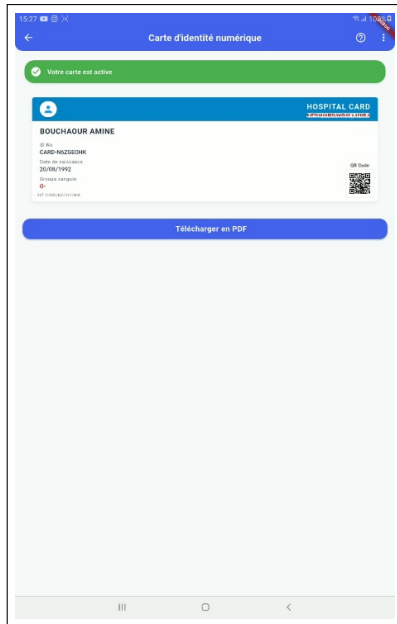


Le module de suivi de l'évolution médicale permet aux patients de saisir leurs paramètres vitaux et de suivre leur progression. Il facilite le monitoring à domicile et le partage des données avec les médecins.

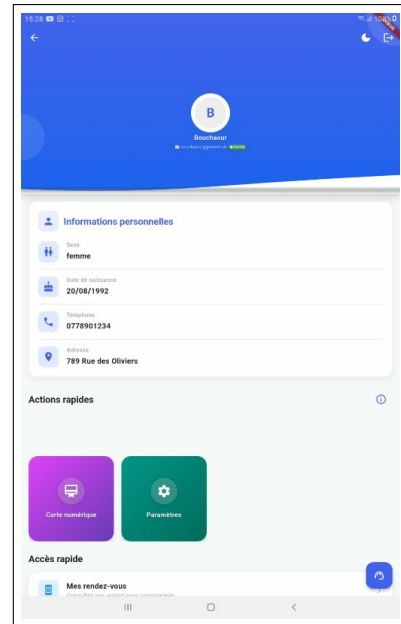


L'interface de gestion des factures offre une vue détaillée des prestations, des paiements effectués et des remboursements en attente. Elle simplifie le suivi administratif des soins.

FIGURE III.27 – Suivi médical et gestion des factures



La carte d'identité numérique intègre un code QR unique pour une identification rapide. Elle centralise les informations essentielles et facilite l'accès aux services hospitaliers.



Le profil patient permet de gérer les informations personnelles, les préférences de communication et les paramètres de confidentialité pour une expérience utilisateur personnalisée.

FIGURE III.28 – Carte patient et profil personnel

### III.4.5 Technicien biomédical

L'interface technicien biomédical de SEHATECH fournit des outils spécialisés pour la maintenance et le suivi des équipements médicaux.

Le tableau de bord technicien présente une vue d'ensemble de l'état des équipements, les alertes de maintenance et les statistiques de performance. Il permet une intervention rapide en cas de dysfonctionnement et une planification efficace des maintenances préventives.

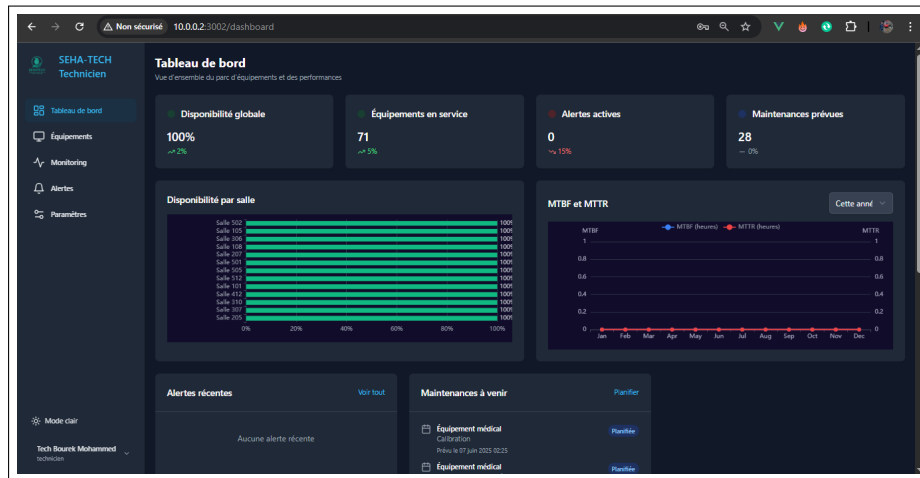


FIGURE III.29 – Dashboard technicien biomédical

L'interface de gestion des équipements permet un suivi détaillé de chaque appareil médical : état de fonctionnement, historique des interventions, planning de maintenance et documentation technique. Elle facilite la gestion du parc d'équipements et l'optimisation des ressources.

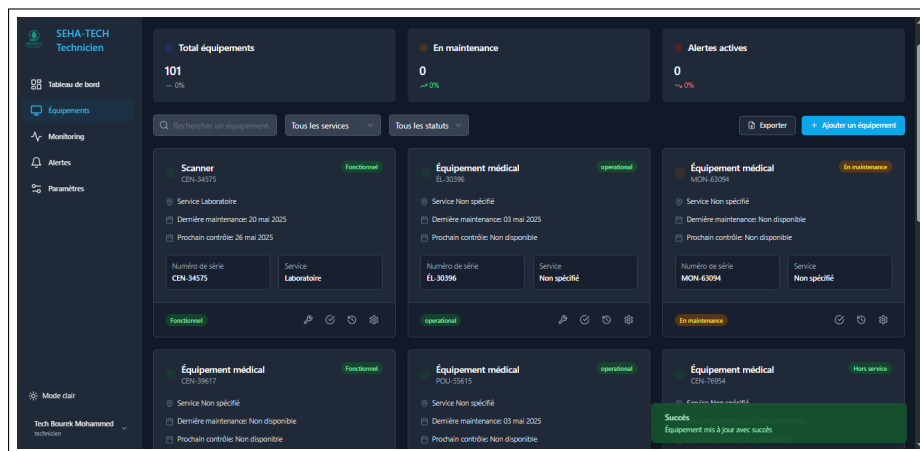


FIGURE III.30 – Gestion des équipements médicaux

Le module de monitoring en temps réel surveille les paramètres critiques des équipements, détecte les anomalies et génère des alertes automatiques. Il permet une maintenance prédictive basée sur l'analyse des données de performance des appareils.



FIGURE III.31 – Monitoring des équipements

L'interface de gestion des dispositifs IoT permet le contrôle et la surveillance à distance des capteurs et actionneurs connectés. Elle assure la collecte et l'analyse des données environnementales pour maintenir des conditions optimales dans les zones sensibles.

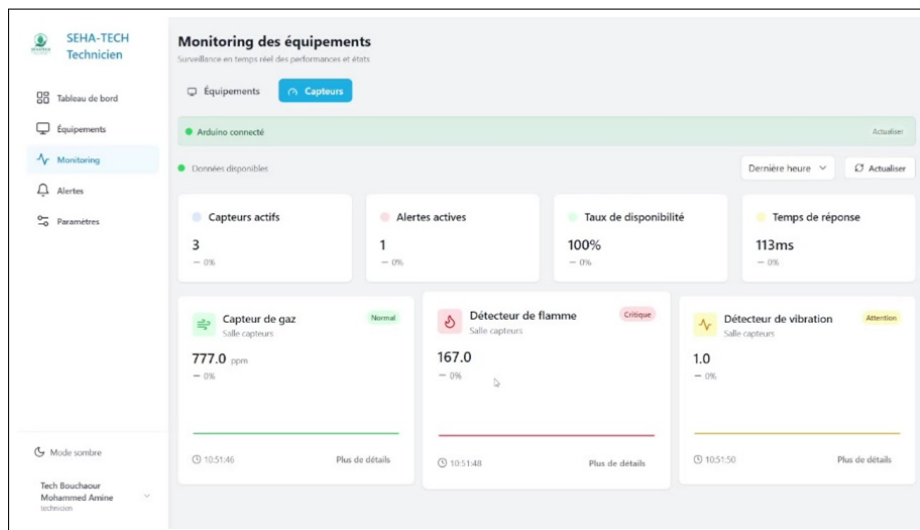


FIGURE III.32 – Gestion des dispositifs IoT

### III.5 Prototypes réalisés du Smart Hospital

Dans cette section, nous présentons le prototype physique réalisé pour notre système SEHATECH. Ces différentes vues illustrent l'intégration des composants IoT dans notre maquette de chambre hospitalière intelligente.

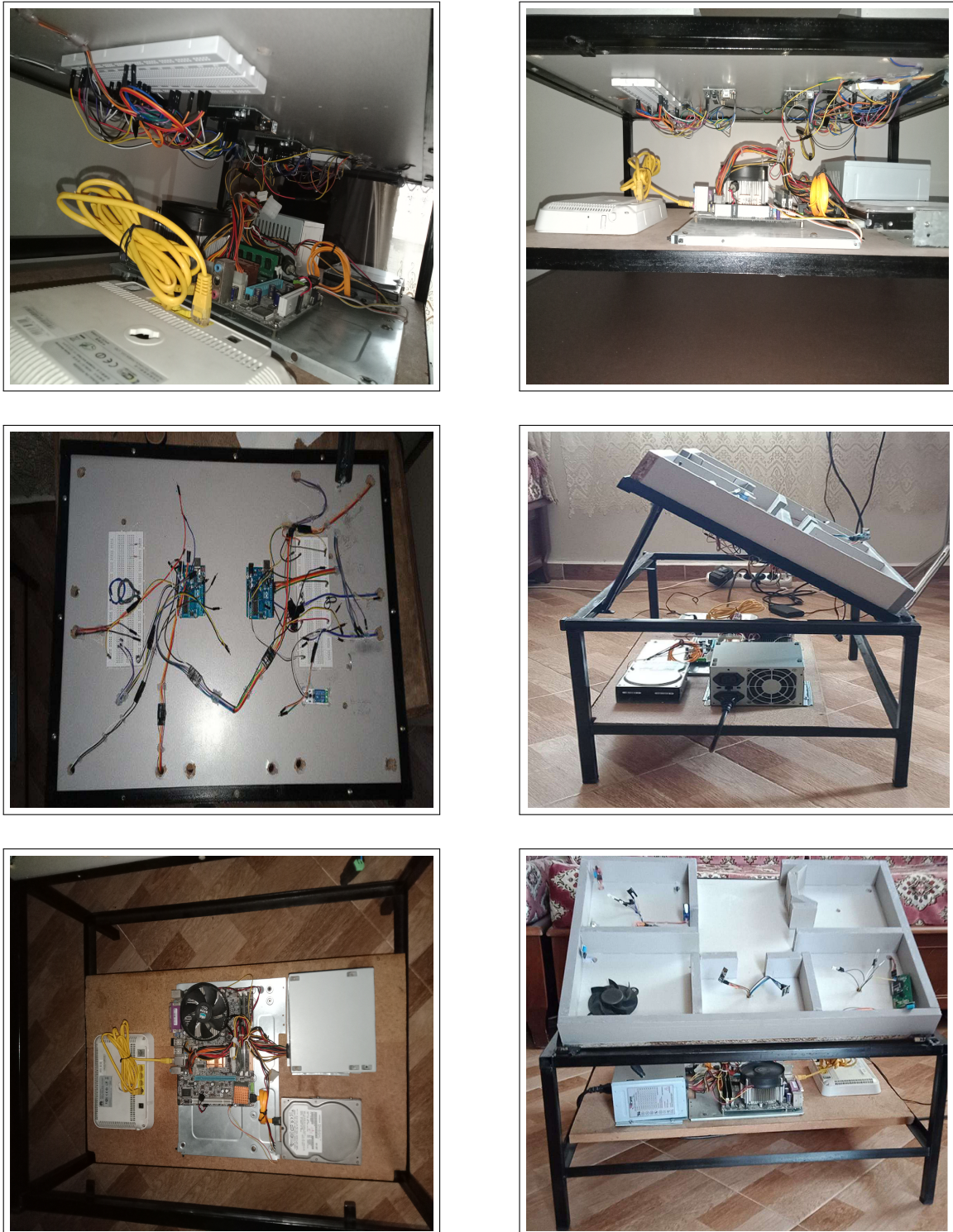


FIGURE III.33 – Vues multiples du prototype SEHATECH

## III.6 Conclusion de la réalisation

Dans ce chapitre, nous avons présenté en détail la réalisation technique de notre système SEHATECH, en mettant l'accent sur l'architecture IoT basée sur Arduino et les différents composants matériels utilisés. Notre approche modulaire, utilisant deux unités Arduino distinctes pour la surveillance médicale et environnementale, permet une solution complète et intégrée pour la supervision des patients et des équipements hospitaliers.

Les capteurs médicaux, notamment le MAX30102 pour la mesure de la fréquence cardiaque et de la saturation en oxygène, offrent une surveillance non invasive et continue des paramètres vitaux des patients. Parallèlement, les capteurs environnementaux assurent des conditions optimales dans les chambres et autour des équipements médicaux, contribuant ainsi à la sécurité globale de l'établissement de santé.

L'intégration de la caméra ESP32-CAM avec reconnaissance faciale représente une innovation significative, permettant d'identifier automatiquement les patients et d'accéder rapidement à leurs dossiers médicaux, tout en renforçant la sécurité par la détection de présences inhabituelles.

Cette infrastructure matérielle constitue la base solide sur laquelle reposent nos interfaces logicielles, qui seront développées ultérieurement pour répondre aux besoins spécifiques de chaque catégorie d'utilisateurs : administration hospitalière, médecins, équipes de soins, patients et techniciens biomédicaux.

## **Chapitre IV**

# **Business Model Canvas**

## IV.1 Introduction au BMC

Dans ce chapitre, nous avons abordé le Business Model Canvas, qui joue un rôle essentiel dans la compréhension du modèle économique de notre entreprise. Ce cadre nous permet de visualiser et d'analyser les neuf composantes clés de notre modèle d'affaires, facilitant ainsi une approche structurée pour identifier les opportunités et les défis potentiels. En continuant sur cette lancée, nous allons approfondir chaque segment du Business Model Canvas, en examinant de manière détaillée notre proposition de valeur, nos segments de clientèle, les canaux de distribution, les relations avec les clients, les flux de revenus, les ressources clés, les activités clés, les partenaires clés, et enfin la structure des coûts. Cette analyse nous permettra d'élaborer des stratégies efficaces pour renforcer notre position sur le marché et assurer la viabilité à long terme de notre entreprise.

## IV.2 Proposition de valeur

Pour présenter notre proposition de valeur de manière claire et structurée, nous avons élaboré un plan stratégique en plusieurs phases, visant à maximiser l'impact de notre solution technologique dans le secteur de la santé.

- **Stratégie de Lancement :**

- **Lancement sur le marché B2B<sup>57</sup>** : Nous commençons par un déploiement ciblé auprès des cliniques privées, en mettant l'accent sur l'amélioration de l'efficacité opérationnelle et la qualité des soins. Notre solution offre une surveillance continue des patients via des capteurs médicaux connectés, une gestion dématérialisée et sécurisée des dossiers médicaux, ainsi qu'une identification rapide grâce à la reconnaissance faciale. En ciblant ce marché, nous construisons des partenariats solides avec des établissements privés, tout en recueillant des retours précieux pour adapter et enrichir notre offre.
- **Partenariats B2G<sup>58</sup>** : En parallèle, nous développons des collaborations avec les hôpitaux publics et les CHU afin de démontrer la valeur de projet dans des environnements hospitaliers à grande échelle. Nous proposons des projets pilotes adaptés, intégrant la conformité aux normes strictes de sécurité et de confidentialité des données. Ces partenariats visent à moderniser les infrastructures hospitalières, améliorer la coordination des soins et optimiser les ressources, tout en facilitant l'accès à des financements publics.

---

57. Business-to-business est une forme de transaction entre des entreprises telles qu'un fabricant et un grossiste ou un grossiste et un détaillant. <https://www.investopedia.com/terms/b/btob.asp>

58. Business to Government est la vente et la commercialisation de biens et de services à des agences fédérales, étatiques ou locales. <https://www.investopedia.com/terms/b/business-to-government.asp>

- **Extension vers un suivi sanitaire à domicile** : Après avoir consolidé notre présence dans les établissements de santé, nous étendons notre solution avec un module de suivi à distance, permettant aux médecins de suivre l'évolution des patients hors de l'hôpital via une application dédiée. Ce suivi intégré assure une continuité des soins et améliore la prise en charge globale des patients.

En résumé : en combinant un lancement B2B auprès des cliniques privées et une expansion B2G vers les établissements publics, **SEHATECH** maximise son impact sur le secteur de la santé. Cette approche permet d'offrir une solution complète, sécurisée et évolutive, qui répond aux besoins spécifiques de chaque acteur tout en améliorant la qualité des soins et l'efficacité des opérations.

- **Points forts différenciants de SEHATECH :**

- **Surveillance intelligente et continue** : Capteurs médicaux et environnementaux connectés pour un suivi en temps réel des patients.
- **Identification sécurisée** : Reconnaissance faciale pour une gestion rapide et fiable des dossiers médicaux.
- **Coordination optimisée** : Notifications intelligentes et planification automatisée des soins pour une meilleure collaboration entre équipes médicales.
- **Adaptabilité et évolutivité** : Solution modulaire, personnalisable selon les besoins spécifiques des établissements, avec une architecture scalable.
- **Suivi à domicile intégré** : Continuité des soins grâce à la collecte et l'intégration des données vitales saisies par les patients eux-mêmes.
- **Support Technique et formations** : Accompagnement complet avec formation du personnel, maintenance proactive et support technique réactif.

Cette proposition de valeur reflète l'engagement de **SEHATECH** à accompagner la transformation numérique du secteur de la santé en alliant innovation technologique, respect des normes et amélioration concrète de la qualité des soins.

### IV.3 Segments de clients

Notre solution SEHATECH cible deux segments de clientèle principaux, avec une stratégie de déploiement progressive pour maximiser notre impact et assurer une croissance durable.

**1• Établissements de santé privés (B2B)** : Les cliniques privées qui souhaitent moderniser leur gestion et offrir des soins de qualité supérieure à leurs patients. Nous ciblons dès la première année les établissements suivants :

- **Cliniques généralistes** : Offrant une gamme complète de soins médicaux et chirurgicaux.

- **Cliniques spécialisées** : Notamment en gynécologie-obstétrique, cardiologie, pédiatrie, orthopédie, dermatologie, etc.
- **Centres privés spécialisés** : Centres de scanner, de dialyse, et de rééducation fonctionnelle.

Nous accompagnons ces établissements dès le lancement du projet, en leur proposant des solutions sur mesure pour optimiser la surveillance des patients, la gestion des dossiers médicaux et la coordination des soins. L'objectif est de bâtir des relations de partenariat solides, basées sur l'écoute, l'innovation et l'amélioration continue.

**2• Établissements de santé publics (B2G)** : Les hôpitaux et centres publics cherchant à moderniser leurs infrastructures et à renforcer la qualité des soins. À partir de la quatrième année, après avoir démontré l'efficacité de notre solution chez les établissements privés, nous élargissons notre offre aux établissements publics suivants :

- **Centres Hospitaliers Universitaires (CHU)** : Hôpitaux universitaires et centres de chirurgie, combinant soins, enseignement et recherche.
- **Établissements Publics Hospitaliers (EPH)** : Hôpitaux régionaux, services d'urgences publiques, hôpitaux de wilaya.
- **Centres de santé spécialisés publics** : Centres de dialyse, centres de lutte contre le cancer, centres de réhabilitation physique, instituts psychiatriques publics.

Notre engagement avec ces établissements se traduit par la mise en place de projets pilotes et un accompagnement personnalisé, afin de faciliter la modernisation, la digitalisation et la sécurisation des parcours de soins.

## IV.4 Relations clients

Nos relations clients sont conçues pour offrir un accompagnement complet, interactif et personnalisé à nos utilisateurs, qu'ils soient cliniques privées, établissements publics ou partenaires institutionnels.

- **Support et assistance technique** :
  - **Support client en ligne** : Assistance via chat, email et téléphone pour répondre rapidement aux demandes et résoudre les problèmes techniques.
  - **Support via les réseaux sociaux** : Utilisation des réseaux sociaux pour fournir un support interactif, répondre aux questions et partager des mises à jour en temps réel.
  - **Assistance fiable** : Engagement à fournir une assistance rapide et efficace, garantissant une expérience utilisateur fluide et une satisfaction élevée.

- **Accompagnement personnalisé :**

- **Support dédié aux entreprises et institutions :** Équipe spécialisée pour répondre aux besoins spécifiques des cliniques privées, CHU et EPH, avec des réponses personnalisées et adaptées à chaque structure.
- **Réunions régulières :** Organisation de rencontres et d'échanges réguliers avec les partenaires pour discuter des performances, recueillir leurs besoins et identifier les axes d'amélioration.
- **Personnalisation des services :** Adaptation de nos solutions et de notre accompagnement aux besoins spécifiques de chaque établissement, pour garantir une intégration optimale et une valeur ajoutée maximale.

- **Amélioration continue :**

- **Collecte de feedback :** Recueil régulier des retours d'expérience des utilisateurs afin d'améliorer en continu nos services et fonctionnalités.
- **Notifications et mises à jour :** Envoi de notifications régulières pour informer nos clients des nouvelles fonctionnalités, des améliorations et des informations importantes.
- **Rapports et analyses :** Fourniture de rapports détaillés sur l'utilisation des services et les performances, pour un suivi transparent et une prise de décision éclairée.

- **Formation et développement des compétences :**

- **Formations continues :** Sessions de formation régulières pour aider les équipes médicales et administratives à maîtriser toutes les fonctionnalités et à optimiser l'utilisation de système SEHATECH.

Grâce à cette approche, SEHATECH construit des relations de confiance, durables et évolutives avec chaque segment de clients, tout en s'adaptant à l'évolution rapide du secteur de la santé.

## IV.5 Canaux de distribution

Pour atteindre efficacement nos différents segments de clientèle, nous avons développé une stratégie de distribution adaptée à chaque type d'établissement.

- **Clients B2B (cliniques privées et centres spécialisés) :**

- **E-mail :** Pour l'envoi de rapports réguliers, mises à jour de services et échanges rapides.
- **Réunions et présentations :** Pour des échanges personnalisés, démonstrations de la solution et discussions approfondies sur les besoins spécifiques.

- **Événements** : Participation à des salons, conférences et ateliers pour présenter **SEHATECH**, nouer des contacts et partager les dernières innovations.
- **Clients B2G (gouvernements)** :
  - **Réunions en personne et présentations officielles** : Pour discuter des solutions et des projets.
  - **Portail Web et rapports** : Pour l'accès aux données et aux analyses en temps réel.
  - **E-mail** : Pour la communication régulière et les mises à jour des projets.

Cette approche multicanale nous permet d'établir une communication efficace avec nos différents segments de clientèle, en adaptant nos méthodes d'interaction selon leurs besoins spécifiques et leurs préférences.

## IV.6 Partenaires clés

- **Fournisseurs d'hébergement (Hébergeurs Web)** : Nos partenaires hébergeurs assurent la sécurité, la disponibilité et la performance de nos plateformes numériques, garantissant un accès fiable et continu à nos services.

- **Fournisseurs de services cloud** : Ils nous fournissent les infrastructures flexibles et évolutives nécessaires pour stocker et traiter les données médicales en toute sécurité, tout en respectant les normes de confidentialité.

- **Partenaires d'intégration et de maintenance** : Ces experts nous accompagnent dans l'installation, la configuration et la maintenance de nos solutions au sein des établissements de santé, assurant un fonctionnement optimal et un support technique.

- **Incubateurs** : Nos incubateurs partenaires nous soutiennent dans le développement, l'innovation et la montée en puissance de SEHATECH, Ils fournissent des ressources essentielles.

- **Directions concernées par les autorisations et agréments** : Nous collaborons étroitement avec les autorités sanitaires et administratives pour obtenir les certifications nécessaires, garantir la conformité réglementaire et faciliter l'adoption de nos solutions dans le secteur public et privé.

- **Annonces publicitaires** : Certains partenaires nous aident à promouvoir nos services auprès des établissements de santé et des professionnels, renforçant ainsi notre visibilité et notre impact sur le marché.

- **Cliniques privées** : Au-delà d'être clients, certaines cliniques jouent un rôle de partenaires en participant à des projets pilotes, en partageant leurs retours d'expérience et en contribuant à l'amélioration continue de nos solutions.

## IV.7 Activités clés

### 1• Développement Technologique :

#### 1.1 Développer et maintenir les applications mobiles et web :

- Application mobile pour les patients, permettant de suivre leurs rendez-vous, la facturation, et de saisir leurs évolutions médicales à domicile.
- Application web pour les médecins, permettant d'accéder aux paramètres vitaux pour chaque patient hospitalisé à distance et en temps réel, visualiser l'historique de santé des patients à travers un dossier médical numérique, et de surveiller les patients à distance grâce à la reconnaissance faciale avec une caméra IOT.
- Application mobile pour les équipes de soins, permettant de visualiser les paramètres vitaux et les besoins de soins des patients hospitalisés, d'accéder au plan de soins (schéma de traitement), et de recevoir des notifications pour les tâches et soins programmés.
- Application web pour l'administration hospitalière, permettant de gérer les chambres, les tâches administratives, de suivre l'occupation des chambres, la facturation.

#### 1.2 Créer et maintenir une base de données fractionnée hébergée dans le cloud :

- Assurer une connexion stable et rapide pour les patients accédant à l'application depuis l'extérieur de l'hôpital.
- Garantir la sécurité et la confidentialité des données médicales.

#### 1.3 Intégrer les technologies avancées :

- Capteurs médicaux pour la collecte en temps réel des données des patients (fréquence cardiaque, saturation en oxygène, température, etc.).
- Caméras IoT avec reconnaissance faciale pour identifier les patients et récupérer automatiquement leurs données médicales.
- Capteurs environnementaux pour mesurer la température, l'humidité, la luminosité, et la présence de gaz dans les chambres et les blocs opératoires et salles d'équipements médicaux.

### 2• Intégration de Système :

- Collaborer avec des partenaires pour l'intégration des différents composants du système (capteurs, serveurs, caméras, applications) aux hôpitaux et les cliniques.
- Assurer la maintenance continue des infrastructures technologiques par le biais de partenariats spécialisés.

### **3• Marketing et Communication :**

- Promouvoir les avantages du système auprès des établissements de santé privé et public.
- Sensibiliser les hôpitaux gouvernements aux avantages de nos solutions technologiques.

### **4• Support Client :**

- Fournir un support technique réactif et personnalisé aux utilisateurs (médecins, équipes de soins, administration hospitalière, techniciens biomédicaux).
- Offrir des formations pour faciliter l'adoption du système.

## **IV.8 Ressources clés**

### **• Actifs matériels :**

Deux Pc, deux Bureaux, chaises, un Loyer, 2 Téléphones, un modem wifi, une imprimante, dispositifs médicaux, dispositifs environnementaux, un serveur.

### **• Ressources humaines :**

#### **- Équipe de développement :**

Ingénieurs logiciels, ingénieurs en réseaux, experte dans le domaine de la santé.

#### **- Équipe de marketing et relations publiques :**

Spécialistes du marketing, responsables des relations publiques.

#### **- Équipe d'intégration système :**

Spécialistes de l'intégration de la partie logicielle du système aux cliniques.

### **• Outils et technologies :**

**- Plateformes de développement logiciel :** Environnements de développement intégrés (IDE).

**- Technologies de suivi et de surveillance des patients :** Dispositifs médicaux, caméras, système de détection d'anomalies.

## IV.9 Structure des coûts

Type de coût	Unité	1ère année	2ème année	3ème année
<b>1. Coûts du Personnel</b>				
Marketing de système	DA/an	60 000	120 000	180 000
Intégration système	DA/an	50 000	120 000	180 000
Développeurs	DA/an	-	960 000	1 440 000
<b>Sous-total Personnel</b>	<b>DA/an</b>	<b>110 000</b>	<b>1 200 000</b>	<b>1 800 000</b>
<b>2. Frais Généraux</b>				
<i>Frais fixes</i>				
PC portables (2)	DA	180 000	-	-
Imprimante laser	DA	39 000	-	-
Chaises	DA	24 000	-	-
Bureaux	DA	30 000	-	-
Modem Wifi	DA	5 000	-	-
Chauffage	DA	40 000	-	-
Climatiseur	DA	80 000	-	-
<i>Frais variables</i>				
Loyer	DA/an	180 000	200 000	220 000
Électricité	DA/an	10 000	11 000	12 000
Internet	DA/an	27 000	28 000	30 000
Gaz	DA/an	18 000	19 000	20 000
Arduino	DA/an	162 500	325 000	487 500
Capteur SW-420	DA/an	25 000	60 000	90 000
Capteur DHT11	DA/an	18 750	120 000	180 000
<b>Sous-total Frais Généraux</b>	<b>DA/an</b>	<b>839 250</b>	<b>763 000</b>	<b>1 029 500</b>
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>DA/an</b>	<b>949 250</b>	<b>1 963 000</b>	<b>2 829 500</b>

TABLEAU IV.1 – Structure détaillée des coûts de SEHATECH sur trois ans

**Note de calcul :**

- Capteurs DHT11 : 75 capteurs × 700 DA = 52 500 DA/an (1ère année)
- Capteurs SW-420 : 20 patients × 250 DA × 5 cliniques = 25 000 DA/an (1ère année)
- Augmentation progressive des coûts de 20% par an pour les services et équipements

## IV.10 Sources de revenus

Source de revenu	Unité	1ère année	2ème année	3ème année
<b>1. Location de système</b>				
Prix de location	DA/an/clinique	180 000	200 000	250 000
Nombre de cliniques	cliniques	5	10	15
Maintenance	DA/an/clinique	20 000	25 000	30 000
Intégration	DA/an/clinique	15 000	20 000	25 000
Formation	DA/an/clinique	10 000	15 000	20 000
<b>Sous-total Location</b>	<b>DA/an</b>	<b>1 125 000</b>	<b>2 600 000</b>	<b>4 875 000</b>
<b>2. Revenus publicitaires</b>				
Publicités médicales	DA/an	-	-	60 000
Publicités nutritionnelles	DA/an	-	-	40 000
<b>Sous-total Publicités</b>	<b>DA/an</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>100 000</b>
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>DA/an</b>	<b>1 125 000</b>	<b>2 600 000</b>	<b>4 975 000</b>

TABLEAU IV.2 – Structure détaillée des revenus de SEHATECH sur trois ans

### Détails des revenus :

- **Location de système** : Inclut le prix de base + maintenance + intégration + formation
- **Publicités médicales** : 12 publicités × 5 000 DA = 60 000 DA (ciblage des médicaments)
- **Publicités nutritionnelles** : 8 publicités × 5 000 DA = 40 000 DA (services nutritionnels)
- **Évolution** : Augmentation progressive des tarifs de 10% par an pour la location

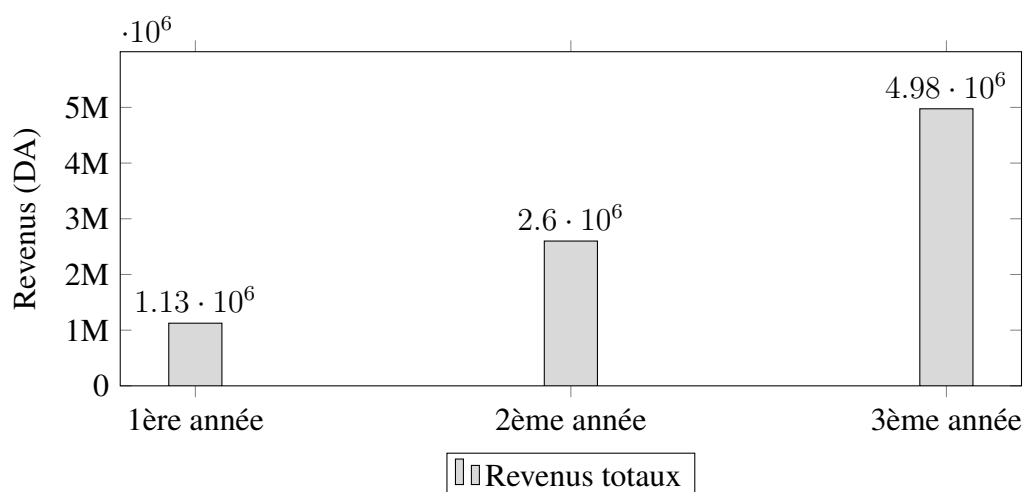


FIGURE IV.1 – Évolution des revenus annuels de SEHATECH

## IV.11 Tableau récapitulatif du Business Model Canvas

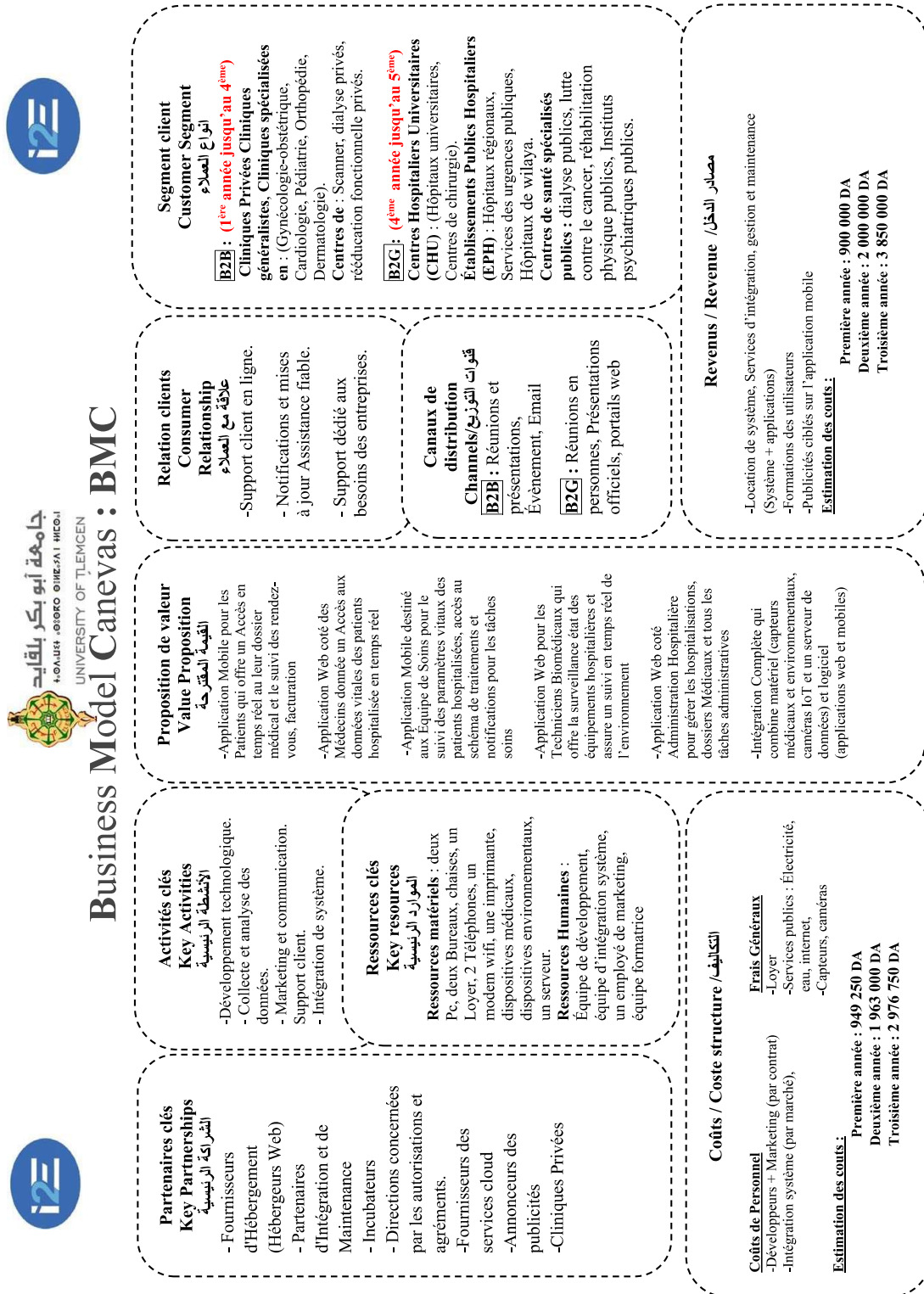


FIGURE IV.2 – Business Model Canvas de SEHATECH

Le tableau ci-dessus présente une vue d'ensemble synthétique de notre Business Model Canvas, illustrant de manière claire et concise l'interaction entre les différentes composantes de notre modèle d'affaires. Cette représentation visuelle permet de saisir rapidement les éléments clés de notre proposition de valeur, nos segments de clientèle, nos canaux de distribution, nos relations clients, nos sources de revenus, nos ressources et activités clés, nos partenariats stratégiques, ainsi que notre structure de coûts.

## **IV.12 Conclusion du BMC**

Dans ce chapitre, nous avons présenté notre Business Model Canvas pour le projet SEHATECH. Cette étude nous a permis de mieux comprendre comment notre solution peut apporter de la valeur au secteur de la santé en Algérie.

L'analyse des différents blocs du BMC nous a aidés à voir plus clairement les points forts de notre projet, notamment notre proposition de valeur qui combine la surveillance des patients avec la gestion numérique des dossiers médicaux. Nous avons aussi appris que le succès de notre projet dépend beaucoup d'une bonne planification financière et d'une approche progressive du marché.

Notre stratégie de commencer par les cliniques privées avant de nous étendre vers le secteur public nous semble être la meilleure approche pour notre contexte. Nous pensons que notre projet devra s'adapter aux retours de nos premiers clients pour mieux répondre aux besoins réels du secteur de la santé.

## **Conclusion générale et perspectives**

## Défis rencontrés et solutions

Au cours de la réalisation de notre projet SEHATECH, nous avons rencontré plusieurs défis importants qui ont nécessité des solutions innovantes et adaptatives. Ces défis ont touché différents aspects du projet, de la conception technique à l'implémentation pratique.

### Défis techniques

- o **Intégration des capteurs IoT** : La connexion et la synchronisation de multiples capteurs médicaux et environnementaux ont représenté un défi majeur. Notre solution a été de développer une architecture modulaire basée sur Arduino, permettant une gestion indépendante mais coordonnée des différents capteurs.
- o **Sécurité des données** : La protection des informations médicales sensibles a nécessité une attention particulière. Nous avons mis en place un système de chiffrement des données et une authentification à deux facteurs pour garantir la confidentialité.
- o **Fiabilité du réseau** : Assurer une communication stable entre les différents composants du système a été crucial. Nous avons opté pour une architecture réseau redondante avec des protocoles de communication robustes.

### Défis organisationnels

- o **Adaptation aux processus existants** : L'intégration de notre système dans les routines hospitalières a nécessité une approche progressive. Nous avons développé des interfaces intuitives et organisé des sessions de formation pour faciliter l'adoption.
- o **Gestion des utilisateurs** : La diversité des profils d'utilisateurs (médecins, infirmiers, patients) a demandé une attention particulière. Notre solution a été de créer des interfaces personnalisées pour chaque type d'utilisateur.
- o **Maintenance du système** : Assurer la pérennité du système a été un défi constant. Nous avons mis en place un système de monitoring et de maintenance prédictive pour anticiper les problèmes potentiels.

## Perspectives d'évolution

Notre projet SEHATECH, bien qu'abouti, ouvre la voie à plusieurs perspectives d'amélioration et d'évolution. Ces perspectives s'inscrivent dans une vision à long terme visant à renforcer l'efficacité et l'impact de notre solution dans le domaine de la santé.

## Amélioration de la surveillance à domicile

- o **Développement d'appareils connectés** : Création de dispositifs IoT spécialisés pour le suivi à domicile, permettant aux patients de mesurer leurs paramètres vitaux de manière autonome.
- o **Plateforme de télémédecine** : Mise en place d'un système de consultation à distance intégré, facilitant les échanges entre patients et médecins.
- o **Application mobile patient** : Amélioration de l'application mobile avec des fonctionnalités de suivi personnalisé et des alertes intelligentes.

## Optimisation de la reconnaissance faciale

- o **Entraînement du modèle** : Développement d'un modèle de reconnaissance faciale plus robuste, entraîné sur un ensemble de données diversifié.
- o **Amélioration de la précision** : Intégration d'algorithmes avancés pour réduire les faux positifs et augmenter la fiabilité de la détection.
- o **Sécurité renforcée** : Mise en place de protocoles de sécurité supplémentaires pour la protection des données biométriques.

## Évolutions techniques

- o **Intelligence artificielle** : Intégration d'algorithmes d'IA pour l'analyse prédictive des données médicales et la détection précoce des anomalies.
- o **Blockchain** : Utilisation de la blockchain pour sécuriser davantage les dossiers médicaux et assurer leur traçabilité.
- o **5G et IoT** : Exploitation des réseaux 5G pour améliorer la connectivité des dispositifs IoT et réduire la latence.

## Expansion du système

- o **Intégration avec d'autres établissements** : Développement d'interfaces pour connecter SEHATECH avec d'autres systèmes hospitaliers.
- o **Modules spécialisés** : Création de modules adaptés à des services spécifiques (urgences, pédiatrie, etc.).
- o **Internationalisation** : Adaptation du système pour répondre aux besoins des hôpitaux dans d'autres pays.

## Conclusion

Notre projet SEHATECH représente une avancée significative dans la modernisation du système de santé algérien. À travers l'intégration de technologies innovantes comme l'IoT, l'intelligence artificielle et la reconnaissance faciale, nous avons développé une solution complète qui répond aux défis actuels des établissements hospitaliers.

Les résultats obtenus démontrent l'efficacité de notre approche modulaire et centrée sur l'utilisateur. Le système permet une meilleure gestion des ressources hospitalières, une surveillance médicale plus précise et une communication plus fluide entre les différents acteurs du système de santé.

Les perspectives d'évolution que nous avons identifiées ouvrent la voie à des améliorations continues, notamment dans le domaine de la télémédecine et de la surveillance à domicile. Ces développements futurs permettront d'étendre l'impact de SEHATECH et de contribuer davantage à l'amélioration de la qualité des soins en Algérie.

En conclusion, SEHATECH représente non seulement une solution technique innovante, mais aussi une contribution significative à la transformation numérique du secteur de la santé en Algérie. Notre projet démontre qu'il est possible de combiner tradition médicale et technologies modernes pour créer un système de santé plus efficace et plus accessible.

## **Références bibliographiques**

## Ressources en ligne et documentations techniques

- [1] Structures hospitalières en Algérie, Algérie Presse Service (APS), <https://www.aps.dz/sante-science-technologie/186758-structures-hospitalieres-environ-10-000-lits-supplementaires-grace-aux-nouvelles-infrastructures>
- [2] Transforming healthcare with technology, World Health Organization, <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/health-technologies>
- [3] Digitalisation, Gartner Glossary, <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitalization>
- [4] Signes vitaux, National Center for Biotechnology Information, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553213/>
- [5] Internet of Things (IoT), Oracle, <https://www.oracle.com/fr/internet-of-things/>
- [6] Architecture modulaire, NaoConcept, <https://naoconcept.com/quest-ce-que-l-architecture-modulaire-en-informatique>
- [7] Maintenance prédictive, AWS, <https://aws.amazon.com/fr/what-is/predictive-maintenance/>
- [8] Unified Modeling Language (UML), Lucidchart, <https://www.lucidchart.com/pages/fr/langage-uml>
- [9] Business Model Canvas (BMC), ResearchGate, [https://www.researchgate.net/publication/339222590\\_The\\_Business\\_Model\\_Canvas](https://www.researchgate.net/publication/339222590_The_Business_Model_Canvas)
- [10] McKinsey & Company, "Technologies de santé et innovations médicales", 2024, <https://www.mckinsey.com/industries/healthcare/our-insights/the-future-of-healthcare-value-creation-through-next-generation-business-models>
- [11] Human-Centered AI in Healthcare, Stanford University Human-Centered AI Institute, 2022, <https://hai.stanford.edu>
- [12] Typeform, Plateforme de création de formulaires en ligne, <https://www.typeform.com/>
- [13] CORRESPONDANTS INFORMATIQUES DE SANTE TISSEMSILT, "Guide d'utilisation du DEM-DZ", YouTube, <https://youtu.be/G-13aJXDwUE>
- [14] Projet de fin d'étude Dr.ADD - Daroua Assia, ESM Tlemcen, <https://www.esm-tlemcen.dz>
- [15] Global Digital Health Strategies, World Health Organization, 2020, <https://www.who.int/health-topics/digital-health>

- [16] Application Emias, Système d'information médicale de Moscou, 2021, <https://emias.info>
- [17] Centre hospitalier Casa Sollievo della Sofferenza, Fondation de recherche et de soins, <https://www.operapadrepio.it>
- [18] Ministère de la Santé d'Arabie Saoudite, Plateforme de télémédecine Seha, 2022, <https://www.moh.gov.sa>
- [19] Digital Health in Developing Countries : Challenges and Opportunities, Journal of Medical Internet Research, 2019, <https://www.jmir.org>
- [20] The Challenge of Health System Fragmentation, World Bank, 2018, <https://www.worldbank.org>
- [21] Innovation in Healthcare : The Role of Technology, Harvard Business Review, 2021, <https://hbr.org>
- [22] User-Centered Design in Healthcare IT, National Library of Medicine, 2019, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6687264/>
- [23] Avicenna, The Canon of Medicine, 1025. English translation : Laleh Bakhtiar, Great Books of the Islamic World, 1999
- [24] Internet of Things in Healthcare : Applications, Benefits and Challenges, National Library of Medicine, 2020, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7761994/>
- [25] Continuous patient monitoring with AI : real-time analysis of video in hospital care settings, Research Gate, 2025, [https://www.researchgate.net/publication/389710618\\_Continuous\\_patient\\_monitoring\\_with\\_AI\\_real-time\\_analysis\\_of\\_video\\_in\\_hospital\\_care\\_settings](https://www.researchgate.net/publication/389710618_Continuous_patient_monitoring_with_AI_real-time_analysis_of_video_in_hospital_care_settings)
- [26] Electronic Health Records and Personal Health Records, ScienceDirect, 2011, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0749208111000350>
- [27] Care Coordination in Healthcare, Agency for Healthcare Research and Quality, 2018, <https://www.ahrq.gov/ncepccr/care/coordination.html>
- [28] SEHATECH - Acronyme du système combinant "Santé" et "Technologie", Projet de fin d'études, 2024
- [29] Vision 2030 - Projet de modernisation de l'Arabie Saoudite, Ministère de la Santé d'Arabie Saoudite, 2022, <https://www.vision2030.gov.sa>
- [30] DEM DZ - Système de gestion des dossiers médicaux électroniques, Ministère de la Santé Algérien, 2023

- [31] Dr.ADD - Application mobile de gestion des rendez-vous médicaux, ESM Tlemcen, 2023
- [32] Seha Virtual Hospital - Plateforme de télémédecine, Ministère de la Santé d'Arabie Saoudite, 2022, <https://www.moh.gov.sa/en/eServices/Pages/cassystem.aspx>

## Ouvrages et publications académiques

- [33] Avicenne, *Canon de la médecine*, 1025. Traduction française : Laleh Bakhtiar, Les Grands Livres du Monde Islamique, 1999
- [34] McKinsey & Company, *The Future of Healthcare : Value Creation Through Next-Generation Business Models*, 2024
- [35] World Health Organization, *Global Strategy on Digital Health 2020-2025*, 2020
- [36] National Library of Medicine, *Digital Health Implementation Guide*, 2019
- [37] Harvard Business Review, *Healthcare Innovation : Technology and Patient Care*, 2021
- [38] World Bank, *Health System Fragmentation : Challenges and Solutions*, 2018
- [39] Journal of Medical Internet Research, *Digital Health in Developing Countries*, 2019
- [40] Agency for Healthcare Research and Quality, *Healthcare Coordination Best Practices*, 2018
- [41] Stanford University Human-Centered AI Institute, *AI in Healthcare : A Human-Centered Approach*, 2022
- [42] National Center for Biotechnology Information, *Vital Signs Monitoring in Healthcare*, 2020
- [43] Research Gate, *AI-Powered Patient Monitoring Systems*, 2025
- [44] ScienceDirect, *Digital Health Records : Implementation and Security*, 2011
- [45] Oracle, *IoT in Healthcare : A Comprehensive Guide*
- [46] Gartner, *Digital Transformation in Healthcare*
- [47] AWS, *Predictive Maintenance in Healthcare Systems*
- [48] Lucidchart, *UML for Healthcare Systems Design*

## Ressources techniques et documentations

- [49] Arduino Documentation, *Guide de développement IoT*, <https://docs.arduino.cc>

- [50] ESP8266 Documentation, *Guide d'utilisation des modules WiFi*, <https://docs.espressif.com>
- [51] Python Documentation, *Guide de programmation Python*, <https://docs.python.org>
- [52] Django Documentation, *Guide de développement web*, <https://docs.djangoproject.com>
- [53] OpenCV Documentation, *Guide de traitement d'images*, <https://docs.opencv.org>
- [54] TensorFlow Documentation, *Guide d'apprentissage automatique*, [https://www.tensorflow.org/api\\_docs](https://www.tensorflow.org/api_docs)
- [55] PostgreSQL Documentation, *Guide d'administration de base de données*, <https://www.postgresql.org/docs>
- [56] Docker Documentation, *Guide de conteneurisation*, <https://docs.docker.com>
- [57] Git Documentation, *Guide de gestion de versions*, <https://git-scm.com/doc>
- [58] Linux Documentation, *Guide d'administration système*, <https://www.linux.org/docs>

## **Résumé**

Ce mémoire présente la conception et l'implémentation d'un système d'hôpital intelligent dans le contexte de la révolution E-Health. À travers cinq chapitres, nous explorons les fondements théoriques, les technologies émergentes, et les solutions pratiques pour moderniser les établissements de santé.

Le premier chapitre introduit les concepts fondamentaux de l'E-Health et l'importance des systèmes hospitaliers intelligents dans le paysage médical contemporain. Le deuxième chapitre analyse les technologies existantes et les défis actuels dans le domaine de la santé connectée. Le troisième chapitre détaille notre approche méthodologique et les choix technologiques pour le développement du système. Le quatrième chapitre présente l'implémentation concrète de notre solution, incluant l'architecture système et les fonctionnalités développées. Enfin, le cinquième chapitre évalue les résultats obtenus et propose des perspectives d'amélioration.

Notre système intègre des technologies de pointe comme l'IoT, et l'intelligence artificielle pour offrir une solution complète de gestion hospitalière, améliorant ainsi l'efficacité des soins et l'expérience patient.

## **Abstract**

This thesis presents the design and implementation of an intelligent hospital system within the context of the E-Health revolution. Through five chapters, we explore theoretical foundations, emerging technologies, and practical solutions for modernizing healthcare facilities.

The first chapter introduces the fundamental concepts of E-Health and the importance of intelligent hospital systems in the contemporary medical landscape. The second chapter analyzes existing technologies and current challenges in connected healthcare. The third chapter details our methodological approach and technological choices for system development. The fourth chapter presents the concrete implementation of our solution, including system architecture and developed functionalities. Finally, the fifth chapter evaluates the obtained results and proposes improvement perspectives.

Our system integrates cutting-edge technologies such as IoT, and artificial intelligence to provide a comprehensive hospital management solution, thereby improving care efficiency and patient experience.

## الملخص:

تقدم هذه الأطروحة تصميم وتنفيذ نظام مستشفى ذكي في سياق ثورة الصحة الإلكترونية. من خلال خمسة فصول، نستكشف الأسس النظرية والتقنيات الناشئة والحلول العملية لتحديث المؤسسات الصحية.

يقدم الفصل الأول المفاهيم الأساسية للصحة الإلكترونية وأهمية أنظمة المستشفيات الذكية في المشهد الطبي المعاصر. يحلل الفصل الثاني التقنيات الموجودة والتحديات الحالية في مجال الرعاية الصحية المتصلة. يشرح الفصل الثالث نهجنا المنهجي والخيارات التكنولوجية لتطوير النظام. يعرض الفصل الرابع التنفيذ الملموس لحلنا، بما في ذلك هندسة النظام والوظائف المطورة. أخيرًا، يقيم الفصل الخامس النتائج التي تم الحصول عليها ويقترح آفاقًا للتحسين.

يتم دمج نظامنا تقنيًا متطورة مثل إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي لتقديم حل شامل لإدارة المستشفى، مما يحسن كفاءة الرعاية وتجربة المريض.