

Remerciements

De prime abord je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné la force pour accomplir cette thèse.

Je tiens à remercier mon directeur de thèse le Professeur **HACHEMI Khalid** d'avoir eu l'amabilité et la patience de diriger cette thèse et de m'avoir témoigné une confiance infaillible tout au long de mon doctorat.

Qu'il trouve, ici, mon sentiment de gratitude et de reconnaissance le plus sincère.

Je remercie vivement M. le Pr. **HASSINI Abdelatif** qui a accepté, volontiers, de me faire l'honneur de présider ce jury de soutenance.

À Mme **GUENDOUZ Djilalia**, Maitre de Conférences A à l'université d'Oran 2, Mme **GHOMRI Latefa**, Maitre de Conférences A à l'Université de Tlemcen et Mme **TAGHEZOUT Noria**, Professeur à l'Université Oran 1, à qui incombe la lourde tâche d'examiner cette thèse, j'adresse mes remerciements les plus profonds pour la disponibilité qu'ils ont manifestée.

Je ne saurais remercier tous les membres de ma famille ainsi que mes collègues qui ont été constamment à mes côtés pour mener à terme ce travail en dépit des difficultés.

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Liste des figures

- Figure 1.1** *Le circuit de médicament autour de patient*
Figure 1.2 *Préparation magistrale effectuée au niveau d'un laboratoire*
Figure 1.3 *Le circuit clinique des médicaments autour de patients*
Figure 1.4 *Deux médicaments que se rassemble*
Figure 1.5 *Identification des patients par code- barre*
Figure 1.6 *E-Prescription liée au système informatisé de l'hôpital*
Figure 2.1 *Les composants d'un lecteur RFID*
Figure 2.2 *Principe de fonctionnement de lecture RFID*
Figure 2.3 *Les normes 18000 qui définissent les protocoles d'utilisation RFID*
Figure 2.4 *Tags à effet de SAW*
Figure 2.5 *Tags à effet de MDT*
Figure 2.6 *Tags à 1-bit*
Figure 2.7 *Carte crédit à l'intérieur*
Figure 2.8 *Classification selon la source d'énergie*
Figure 2.9 *Classification selon la fréquence de fonctionnement*
Figure 2.10 *Classification selon la fonctionnalité*
Figure 2.11 *La traçabilité de la chaîne de froid en utilisant le système RFID*
Figure 2.12 *Lieux visités par les aigles pendant 20 ans*
Figure 2.13 *La traçabilité des articles médicales à l'aide de RFID*
Figure 3.1 *L'intervention de la RFID dans la santé*
Figure 3.2 *Le problème de collision dans la lecture des tags*
Figure 3.3 *Le problème des interférences électromagnétiques*
Figure 4.1 *Organigramme haut niveau de l'approche de vérification de la correspondance*
Figure 4.2 *l'Organigramme du programme d'évaluation de la similarité*
Figure 4.3 *Le nombre de paires de médicaments par rapport à la similarité*
Figure 4.4 *Le risque d'erreur de distribution lié à S, pour différentes valeurs de K*
Figure 4.5 *La configuration basée sur RFID proposée pour l'UMC de l'EHU*
Figure 4.6 *Représentation illustrative de la puissance consommée par le lecteur RFID, le détecteur de mouvement et leur combinaison*
Figure 4.7 *Les choix d'intégration du détecteur de mouvement.*
Figure 4.8 *Schéma fonctionnel du système RFID intelligent*
Figure 4.9 *La consommation de puissance cumulée en 24 heures des systèmes RFID étudiés.*
Figure 4.10 *L'emplacement optimal proposé des tags inspecteurs doit être à l'extrémité de la portée du lecteur*
Figure 4.11 *Représentation des incidents du scénario sur la chronologie.*
Figure 4.12 *Représentation de l'amélioration de la disponibilité entre « salle 1 » et « salle 2 ».*

Liste des tableaux

Tableau 4.1 *Échantillon de la matrice des taux de similarité*

Tableau 4.2 *Adaptation de solutions déployées aux erreurs par rapport à la configuration proposée*

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviation	Signification
ADA	Armoires de Dispensation Automatisée
ASIC	Application-Specific Integrated Circuit /circuit intégré à application spécifique
ASK	Amplitude-Shift Keying / Incrustation par décalage d'amplitude
BF	Basse fréquence
CA / CC	Courant alternatif /courant continu
CEM	Champ électromagnétique
CEPT	Conférence européenne des postes et télécommunications
CHM	Conformité d'Hygiène des Mains
CI	Circuit intégré
CIRC	Centre international de recherche sur le cancer
CNC NPEM	Conseil National de Coordination pour la Notification et la Prévention des Erreurs de Médication
CRC	Code de redondance cyclique
DAM	Dossier d'administration des médicaments
E-prescription	Prescription électronique
EAS	Electronic Article Surveillance/ Surveillance électronique des articles
EDM	Erreur de dispensation de médicaments
EEPROM	Mémoire morte électrique
EHU	Établissement hospitalier universitaire
EPC	Electronic Product Code/ Code électronique de produit
FIM	Fiche d'instruction médicale
FM0	Codage Spatial Biphase
FN	Flying Null
FPGA	Field-programmable gate arrays/ matrice de portes programmable sur site
Gen 1	Génération 1
Gen 2	Génération 2
GPRS	General Packet Radio Service / Service général de radio par paquets
GPS	Système de Positionnement Global
HDL	Hardware description language / Langage de description matériel
HF	Haute fréquence
ICH	Infections contractées à l'hôpital
ID	Identifiant
IEC	International Electrotechnical Commission
IEM	Interférences électromagnétiques
IoT	Internet des objets
IR	Infrarouge
ISO	International Standard Organization/ organisation internationale de standardization
ITF	Interrogator Talks First /Lecteur dit le premier
IV	Intraveineuse
MC	Moment du check
MCU	Microcontrôleur
MDT	Magnetic Data Tagging /Taguage magnetique de data
MOS/CMOS	Oxyde de métal semi-conducteur / Circuit à Oxyde de métal semi-conducteur
MSR	Méthodologie de Surface de Réponse
OMS	Organisation mondiale de santé
ORL	Oto-Rhino-Laryngologie
PET	Polyéthylèneétherphtalate
PIE	Pulse Interval Encoding /Encodage par intervalles d'impulsions
PVC	Polyvinyl chloride /poly chlorure de vinyle
Q-Algorithm	Protocole d'anticollision dérivé de Slotted ALOHA
RAM	Random access memory/ Mémoire vive
RF	Radiofréquences
RFID	Identification par radiofréquences
RoM	RFID on METAL
ROM	Read only memory/ Mémoire morte

LISTE DES ABREVIATIONS

RSSI	Indicateur de force du signal reçu
SAW	Surface Acoustic Wave /Ondes acoustiques de surface
SHF	Supra-haute fréquence
SIH	Système d'information de l'hôpital
SoC	System-on-chip / système sur microprocesseur
Ti	Tag inspecteur
TIC	Technologies de l'information et communication
TID	Tag ID
TTF	Tag Talks First / tag dit le premier
UHF	Ultra haute fréquence
UMC	Urgence médico-chirurgicale
USN	Ubiquitous sensor network/Réseau de capteurs omniprésent
VHSIC-HDL	Very High-Speed Integrated Circuit Hardware Description Language
WCL	Weighted Centroid Localization / Localisation centroïde pondérée
WORM	Write Many Read Many/ Écrire plusieurs lire plusieurs
WORM	write once read many/ Écrire une fois lire plusieurs

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	I
LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX	II
LISTE DES ABREVIATIONS	III
SOMMAIRE	IV
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 LA SECURITE DES PATIENTS	4
1.1 Introduction	5
1.2 Définition	5
1.3 Le Circuit De Médicament Autour Du Patient	5
1.3.1 Le Circuit Logistique De Médicament (En Tant Que Produit)	6
1.3.2 Le Circuit Clinique De Médicament (Au Milieu Hospitalier)	11
1.4 Les Erreurs Médicamenteuses	18
1.4.1 Classification Des Erreurs	18
1.4.2 Les Causes Des Erreurs	19
1.4.3 Des Stratégies De Prévention Contre Les Erreurs	20
1.5 Conclusion	24
CHAPITRE 2 IDENTIFICATION PAR RADIOFREQUENCES RFID	25
2.1 Introduction	26
2.2 Définition	26
2.3 Composition Du Système RFID	26
2.3.1 Le Tag	26
2.3.2 Le Lecteur	29
2.4 Principe De Fonctionnement	32
2.5 Classification Des Systèmes RFID	34
2.5.1 Selon La Possession De Micropuce	34
2.5.2 Selon La Source D'énergie	38
2.5.3 Selon La Fréquence De Fonctionnement	40
2.5.4 Selon La Fonctionnalité	41
2.6 Domaines D'utilisation De Système RFID	44
2.7 Conclusion	48
CHAPITRE 3 DEPLOIEMENT DE RFID DANS LE SECTEUR MEDICAL	49
3.1 Introduction	50
3.2 Revue De La Littérature	50
3.2.1 Historique	50

3.2.2 RFID Et La Santé	52
3.3 Etat Récapitulatif Et Défis Actuels	63
3.4 Conclusion.....	66
CHAPITRE 4.....	68
EVALUATION DES PERFORMANCES DE LA SECURITE DES PATIENTS BASEE SUR L'UTILISATION DE LA	
RFID	68
4.1 Introduction	69
4.2 Estimation Des Erreurs De Dispensation Suivi Par Une Solution Basée Sur La RFID	
Passive	69
4.2.1 Contexte.....	69
4.2.2 Estimation Des Erreurs De Dispensation	70
4.2.3 Solution Basée Sur La RFID Passive	76
4.2.4 Discussion	77
4.3 La Faisabilité D'un Système RFID Intelligent Basé Sur Un Détecteur De Mouvement Et	
Un Microcontrôleur	80
4.3.1 Contexte.....	80
4.3.2 Protocole D'aide À La Décision.....	81
4.3.3 Système RFID Intelligent Basé Sur Un Détecteur De Mouvement.....	83
4.3.4 Discussion	84
4.4 La Détection Immédiate D'illisibilité Des Tags.....	87
4.4.1 Contexte.....	87
4.4.2 Méthode De La Détection Immédiate D'illisibilité	87
4.4.3 Discussion	89
4.5 Conclusion.....	92
CONCLUSION GENERALE.....	93
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	93
ANNEXES	V

INTRODUCTION GENERALE

La sécurité des patients se réfère à une bonne prestation de soins, elle est définie comme l'absence d'évènements accidentels lors de la prestation des soins au patient. Cependant, la définition actuellement utilisée impose en outre, que les établissements de soins veillent à ce que la sécurité des patients passe par la mise en place de systèmes et de processus opérationnels qui minimisent la probabilité d'erreurs et maximisent la probabilité de les intercepter lorsqu'elles se produisent. À l'échelle mondiale, elle est de plus en plus reconnue comme une priorité d'intervention qui nécessite une réponse collective et coordonnée. Une maîtrise prémunie et de qualité de soins implique l'amélioration des structures de services, des cultures et des comportements.

Le fait de ne pas donner à la sécurité des patients une priorité pose de nombreux problèmes. Une grande attention à la sécurité des patients conduit à protéger les patients et crée un environnement où de meilleurs soins de qualité sont possibles. Les protocoles de sécurité peuvent aider à réduire les erreurs médicales et à prévenir des événements indésirables pour les patients. Dès que l'objectif principal est de sécuriser l'acte de soins, il semble évident qu'il est important de s'employer à les protéger de tout dommage involontaire inattendu.

Le circuit du médicament comprend trois grandes phases à savoir ; la prescription, la dispensation et l'administration. La phase de prescription consiste en la rédaction par le médecin de l'ordonnance avec l'actualisation du dossier patient. La phase de dispensation correspond à la validation de la prescription, la préparation et la livraison des médicaments. La phase d'administration englobe la préparation et l'administration du médicament au patient. Des erreurs peuvent toucher ces trois phases, et par conséquent il faut envisager des moyens pour les réduire.

Le travail de cette thèse porte sur la gestion intelligente de sécurité des patients basé sur l'utilisation du système RFID (*Radio Frequency Identification, en anglais*). Nous proposerons une méthodologie permettant de mettre en place et d'évaluer une barrière technique de sécurité destinée à prévenir les erreurs de dispensation en utilisant la technologie RFID. Pour lutter contre les erreurs médicamenteuses, il faut bien comprendre comment et pourquoi les erreurs se produisent, après une analyse globale appropriée du circuit du médicament autour du patient.

Dans le premier chapitre, nous traitons du circuit du médicament en rapport avec la sécurité des patients, nous présenterons le circuit logistique ainsi que le circuit clinique des médicaments autour du patient, en exposant les erreurs de dispensation, leurs causes et leurs classes selon le dommage résultant.

Le deuxième chapitre présente la technologie RFID, ses composants, son principe de fonctionnement, ses classes et ses utilités.

Le troisième chapitre traite de l'utilisation de la technologie RFID dans le domaine de la santé. Un état de l'art est dressé qui passe en revue les différents axes de recherche. La revue couvre également mais pas exclusivement, tous ce qui est en relation avec le déploiement de la technologie RFID dans le milieu hospitalier, son emploi pour la traçabilité des personnels et des équipements médicaux et son rôle important dans le management d'inventaire médicale même en temps réel. À la fin de ce chapitre, nous donnons un état

récapitulatif en montrant les obstacles qui entravent le déploiement de la technologie RFID dans la santé, en dégageant les points de nos contributions.

Dans le quatrième chapitre, nous présenterons les contributions proposées. La première comprend une étude de cas concret ; une étude au niveau de l'urgence médico-chirurgical de l'établissement hospitalier universitaire (EHU-Oran) qui vise une estimation des erreurs de dispensation des médicaments suivi par une solution basée sur un système RFID passif. Pour chaque proposition, nous discutons son efficacité et sa faisabilité en plus de la comparer avec les solutions déjà existantes et déployées dans le milieu de la santé, l'avantage des solutions proposées est discuté. La deuxième contribution traite le sujet de fiabilité du système RFID où une méthode de détection d'illisibilité de tags passifs est proposée. La troisième contribution a pour but d'encourager l'adoption de système RFID en minimisant sa consommation inutile d'énergie, une combinaison optimale avec un détecteur de mouvement géré par un microcontrôleur est également proposée. Un protocole d'aide à la décision est aussi présenté.

Enfin, nous terminons par une conclusion générale qui retrace les apports de cette thèse.

CHAPITRE 1

LA SECURITE

DES PATIENTS

1.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous définissons la sécurité des patients, en exposant le circuit du médicament autour du patient et les erreurs médicamenteuses. À la fin, nous mentionnons quelques solutions utilisées dans la réduction des erreurs médicamenteuses.

1.2 Définition

D'après l'organisation mondiale de santé OMS, la sécurité des patients peut être définie comme l'absence de préjudice évitable à un patient pendant le processus de soins et la réduction du risque de préjudice associé aux soins à un minimum acceptable.

Un minimum acceptable fait référence aux notions collectives de connaissances actuelles données, de ressources disponibles et du contexte dans lequel les soins dispensés sont mis en balance avec les risques de non-traitement ou autre traitement. Chaque étape du processus de soins contient un certain degré d'insécurité inhérente.

La sécurité des patients est le but afin d'assurer des services essentiels de santé. A cet effet, une prestation sanitaire est considérée de qualité, à l'échelle mondiale, devraient être efficaces, sûrs et pertinentes sur la personne. En outre, pour accomplir le but de soins de qualité, les services de santé devraient être assurés en temps utile et de manière équitable, intégrée et efficace. (*URL-1*)

1.3 Le circuit de médicament autour du patient

On peut distinguer deux types (niveaux/phases) de circuits qui sont différents mais reliés. Le premier est le circuit logistique ; où le médicament est considéré en tant que produit, ce niveau comprend les étapes d'approvisionnement, de transport, de stockage et préparation. Le deuxième est le circuit clinique, ce circuit est pluridisciplinaire et inclut les étapes de prescription, de dispensation, d'administration et de suivi, le traitement de l'information est compris dans le processus. La figure 1.1 donne le circuit du médicament selon deux niveaux.

Chacune des phases de ces deux circuits fait participer des acteurs différents comprenant des professionnels de santé et les personnels qui traitent la logistique. La collaboration entre eux est un objectif pour assurer le parcours de soins pour un patient hospitalisé.

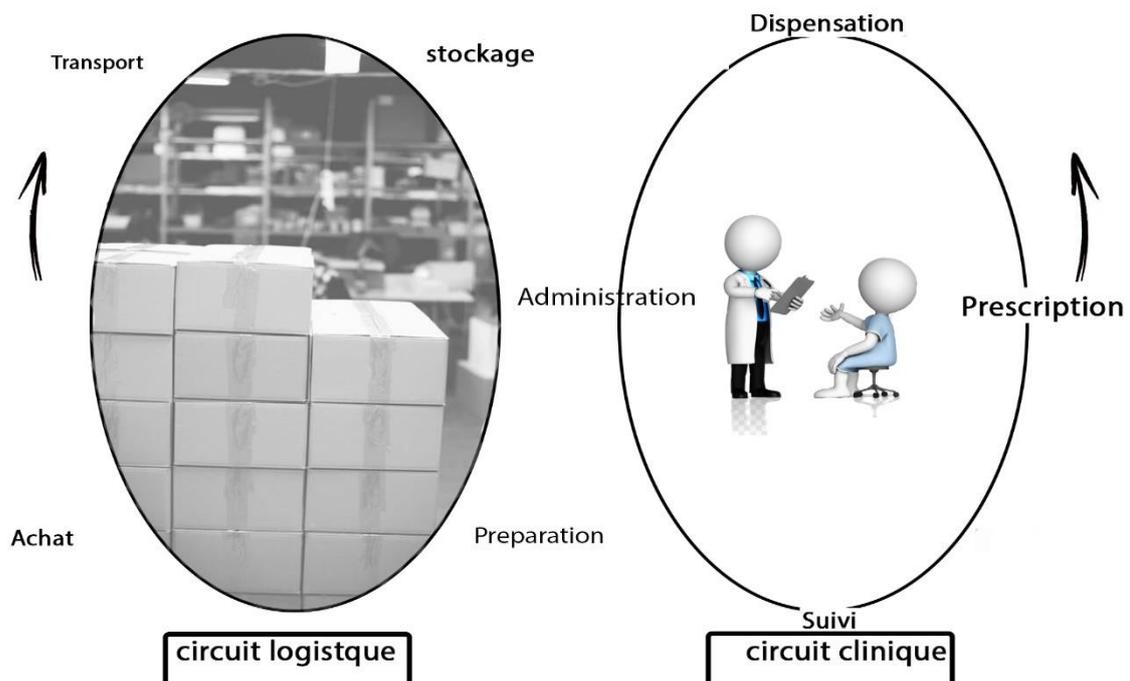


Figure 1.1 *Le circuit de médicament autour de patient*

1.3.1 Le circuit logistique de médicament (en tant que produit)

1.3.1.1 Achat/ Approvisionnement

L'approvisionnement de produits pharmaceutiques est un processus complexe qui implique un nombre d'étapes, agences, et fabricants. Et son efficacité est liée directement aux performances et niveau de coordination entre les entités incluses. Il comprend le système d'information, les ressources humaines nécessaires et la capacité de financement.

Le processus d'approvisionnement comporte plusieurs étapes. Il commence par sélectionner les médicaments essentiels les plus rentables pour traiter les maladies les plus courantes, ensuite quantifier les besoins, présélectionner les fournisseurs potentiels, et gérer les achats et la livraison. Cela pour assurer une bonne qualité des produits et surveiller la performance des fournisseurs et le système d'approvisionnement. L'échec dans l'un de ces domaines conduit à un manque d'accès aux médicaments appropriés ou au gaspillage.

Dans de nombreux systèmes d'approvisionnement publics, des pannes se produisent régulièrement à plusieurs niveaux de ce processus, donc, un plan robuste doit être mis en place pour assurer l'accessibilité aux médicaments nécessaires sans tomber dans le gaspillage et les pertes.

➤ Sélection des médicaments essentiels

La liste des médicaments essentiels est un guide pour l'achat de médicaments et sert de base pour décider dans quels médicaments investir. La sélection des médicaments doit viser de limiter les médicaments en stock et de déterminer quels médicaments doivent être toujours disponibles.

La sélection en vue des achats est importante pour rationaliser les ressources disponibles pour les produits vitaux qui doivent toujours être disponibles à tous les niveaux des services de soins.

➤ Estimation et prévision de la demande en médicaments

Les données de consommation sont un facteur important pour déterminer les besoins en matière de quantification et pour éviter des problèmes liés aux liquidités tel que la tenue des stocks ou leur épuisement. D'autres facteurs tels que les variations saisonnières sont pris en compte lorsque les schémas de morbidité varient au sein de l'année.

Lors de l'achat de médicaments, il convient de tenir compte des éléments suivants :

- Le niveau de financement ;
- Les stocks disponibles à tous les niveaux du système de distribution ;
- Les commandes en attente de livraison ;
- Les pertes attendues du fait de la péremption des médicaments ou d'éventuels dommages ;
- Les dons de médicaments ;
- Les stocks souhaités à la fin de chaque période de planification (stock de sécurité et stock d'exploitation à tous les niveaux).

➤ Achat de médicaments

L'achat de médicaments comprend le choix de méthodes d'achat appropriées, que ce soit par la présélection des fournisseurs et les produits appropriés, ou bien par des appels d'offres ouverts qui doivent être bien précis pour assurer des meilleurs qualité et prix.

Il s'agit aussi de quantification de besoins, d'établir les termes des contrats, de veiller à la qualité des médicaments, d'obtenir les meilleurs prix et de s'assurer du respect des termes du contrat.

1.3.1.2 Transport

➤ Respect des températures/humidité

Un véhicule destiné au transport de médicaments doit assurer la collecte, le transport et la livraison des médicaments au destinataire, étant équipé de systèmes de maintien et de surveillance de l'humidité / température des médicaments, selon les recommandations du fabricant (même à basse température / 2- 8 ° C).

Pendant ce transport, les médicaments sont stockés selon les conditions préétablies. Les conditions de transport des médicaments peuvent être communiquées directement par le fabricant ou se retrouver sur l'emballage extérieur des produits.

Il est recommandé que l'équipement de surveillance de la température soit étalonné au moins deux fois par an.

➤ Respect de stockage pendant le transport

Les espaces de stockage (conteneurs, emballages temporaires, etc.) ne doivent absolument pas générer d'impact négatif sur la qualité de l'environnement, tout en offrant un niveau de sécurité optimal face aux facteurs externes.

Les critères d'établissement des contenants / emballages sont les suivants :

- L'espace optimal pour un stockage sûr des médicaments ;
- Températures extérieures attendues pour la durée du transport ;
- Temps estimé par le transporteur (le chargement / déchargement peut également être inclus ici) ;
- Autres exigences particulières pour le stockage et le transport des médicaments.

Enfin, le transporteur doit garantir que tous les contenants et emballages utilisés pour le stockage des médicaments, pendant toute la durée de leur livraison, contiennent une série d'informations pertinentes :

- Des spécifications claires pour le transport, la manutention et le stockage ;
- Précautions pour le personnel manipulant des marchandises ;
- Informations sur le contenu des conteneurs, ainsi que sur l'origine du contenu.

1.3.1.3 Stockage

Le stockage consiste à conserver les médicaments en bon état tout au long du cycle d'approvisionnement pharmaceutique. Il convient de suivre chaque point de la chaîne de distribution des médicaments pour contrôler que les conditions physiques et les procédures de stockage sont respectées.

La tenue d'un stock nécessite de bonnes capacités et conditions de stockage afin de maintenir la durée de vie des médicaments.

Il est nécessaire de disposer, en nombre suffisant, d'outils et de ressources humaines compétentes, pour s'assurer que le stockage est conforme aux normes convenues. Pour cela, il est recommandé que l'équipement de surveillance de la température soit étalonné au moins deux fois par an.

Lors de stockage des médicaments, il est nécessaire de respecter les conditions suivantes :

- Respect de température : La température de stockage ne doit pas dépasser 25 ° C.
Les températures de stockage sont définies comme suit :
Congélateur (- 15 à 0 ° C) -Réfrigérateur (+ 2 à + 8 ° C) - frais (+ 8 à + 15 ° C) -
Température ambiante (+ 15 à + 25 ° C)
- Air et humidité : L'air est un facteur de détérioration à cause de sa teneur en oxygène et en humidité. Tous les conteneurs doivent rester fermés et l'humidité relative ne doit pas être supérieure à 65%.
- La lumière : Les médicaments doivent être protégés de la lumière, en particulier les solutions. Les formes parentérales doivent être conservées dans leur emballage. Le verre coloré peut offrir une protection illusoire contre la lumière. (*URL-2*)

1.3.1.4 Préparation

L'environnement de travail doit être organisé, avec un personnel bien formé et efficace. Un système de travail valable est essentiel pour un dispensaire. De plus, les règles de santé et de sécurité doivent être appliquées dans le dispensaire.

Conformément aux exigences d'hygiène ; les surfaces et les endroits de stockage des médicaments doivent être nettoyé régulièrement, en outre, des patrouilles de contrôle et

vérification des équipements de stockage doivent être planifiés pour garantir que les médicaments soient en bonne condition bien que leurs dates d'expiration. La tenue de registres complets de ces contrôles est une partie essentielle de ce processus.

❖ Préparation magistrale

Elle est la préparation d'une formulation personnalisée d'un médicament pour répondre au besoin unique d'un patient qui ne peut pas être satisfait avec des produits disponibles dans le commerce. Elle est destinée pour préparer un médicament sans licence pour un patient individuel conformément à une ordonnance. Elle peut être effectuée lorsqu'aucun produit sous licence n'est disponible ou lorsque la formulation du produit sous licence ne convient pas. A titre d'exemple, la préparation d'un médicament pédiatrique sous la forme d'un liquide oral à partir d'un médicament pour adulte.

Le pharmacien qui effectue la préparation magistrale a la responsabilité de maintenir l'équipement en état de fonctionnement, de s'assurer que la formule et la dose sont sûres et appropriées et que tous les matériaux proviennent de fabricants pharmaceutiques reconnus. Il existe également des exigences concernant les calculs, la tenue de bons registres et l'étiquetage. Tout membre du personnel impliqué dans le processus doit être bien formé.

Il est important que le médicament produit soit de la meilleure qualité possible. Ceci signifie que des critères élevés doivent être appliqués lors de ce processus. Le banc de distribution, le matériel, les ustensiles et le récipient qui doit contenir le produit final doivent tous être propres. Le manque de propreté peut entraîner une contamination de la préparation par d'autres ingrédients. (Watson *et al.* 2020 ; Bussièrès *et al.* 2004 ; URL-3) Figure 1.2 illustre un logo de préparation magistrale très utilisé au niveau mondiale. En Algérie ce type de préparation est réservée, particulièrement dans les hôpitaux, aux patients ayant des maladies cancérigènes.

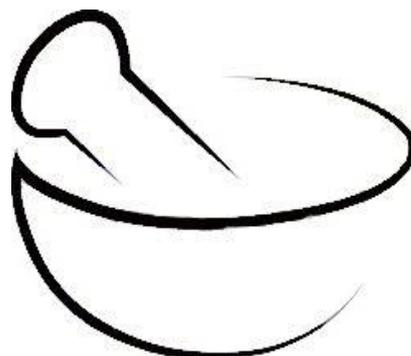


Figure 1.2 *Mortier et pilon est un logo très commun de préparation magistrale*

Les équipements de pesage sont des éléments clé dans ce processus, ils doivent être utilisés de manière correcte et entretenus en bon état. La même chose est dite pour les produits chimiques utilisés, il faut qu'ils soient stockés en bonne condition et traités avec attention afin de garantir leur efficacité et rendement.

1.3.2 Le circuit clinique de médicament (au milieu hospitalier)

Au sein d'établissement hospitalier, le circuit de médicament appelé aussi le circuit de domicile inclut les actions de prescription-transcription, dispensation, administration, suivi et évaluation du traitement. Cette phase de circuit comprend plusieurs acteurs dont leurs rôles sont interconnectés lancés par le prescripteur.

Tout au long de ces étapes, un ensemble multidisciplinaire de participants de la santé est impliqué ; médecins, pharmaciens, préparateurs et infirmiers, munis chacun d'un rôle bien défini. Et, pour garantir la fluidité de ce processus, tous ces acteurs doivent accomplir leurs rôles, en communiquant l'information et la coordonnant leurs tâches.

Figure 1.3 décrit la relation entre les acteurs dans le circuit clinique autour de patient.

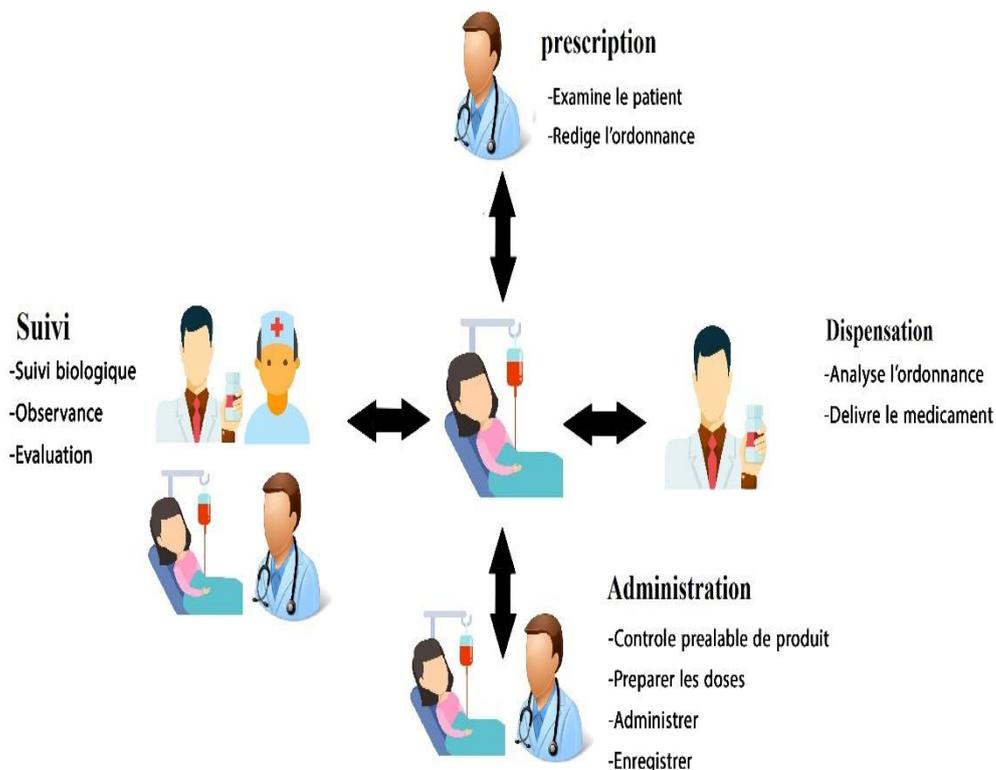


Figure 1.3 *Le circuit clinique des médicaments autour de patients***1.3.2.1 La prescription**

Typiquement, la prescription consiste en des conseils thérapeutiques donnés par un professionnel de la santé qualifié et habilité (généralement un médecin) auprès d'un patient après son diagnostic. Après son initialisation, la prescription fait participer d'autres membres du corps médico- pharmaceutique (pharmacien, radiologue...) qui partagent la responsabilité de sa bonne exécution avec le prescripteur au contraire aux auxiliaires médicaux (infirmiers). (*Longuefosse 2018*)

D'une manière générale, la prescription peut inclure ce qui suit :

- Recommandation d'un moyen thérapeutique tel qu'un médicament, rééducation...etc.
- Autorisation de dispensation de médicament spécifique, cette délivrance nécessite une vérification bien fondée par le pharmacien qui partage sa responsabilité avec le prescripteur.
- Des conseils pour le patient.

➤ Critères

Lors de l'opération de prescription, le prescripteur prend en considération l'âge du patient et son état physique, ses allergies et intolérances, les autres traitements en cours s'ils ont lieu ; pour éviter les interactions entre eux, ce qui amène à bien réviser la prescription. Pour garantir l'efficacité de traitement et pour éviter la progression de maladie, il s'avère utile d'avoir connaissance des précédents traitements. Les effets indésirables implicites et explicites doivent être pris en considération.

➤ Transcription

La transcription de prescription est le processus de copier les détails d'une prescription médicale sur un dossier d'administration des médicaments DAM ou une fiche d'instruction médicale FIM.

La transcription ne doit pas être confondue avec la prescription. En effet, un DAM et un FIM fournissent des instructions autorisant au personnel compétent d'administrer le médicament prescrit de manière sûre et efficace.

Un DAM ou un FIM n'est pas une prescription originale. L'ordonnance originale est fournie par le prescripteur et le médicament est délivré par le pharmacien selon les instructions du prescripteur.

1.3.2.2 Dispensation

La dispensation regroupe l'ensemble des actions effectuées par un acteur de santé qualifié et habilité (pharmacien) dans le contexte de la délivrance de médicament à une personne suivant une prescription dans la plupart du temps. Elle comprend les actes de la vérification de possibles interactions médicamenteuses, la vérification de l'identité du patient, la validité de la prescription et l'habilitation du prescripteur. La dispensation des médicaments concerne également l'information thérapeutique du patient et le conseil.

❖ Les étapes de la dispensation

➤ Étape 1. Réception et validation de l'ordonnance

Lors de la réception d'une ordonnance, le membre du personnel responsable doit confirmer le nom du patient. Cette action est particulièrement importante lorsque la clinique a un grand nombre de personnes et lorsqu'il y a un risque que le personnel ou les patients peuvent confondre les prescriptions. Une vérification croisée du nom et de l'identité du patient doit également être effectuée lors de la délivrance des médicaments. Les actes tel que l'utilisation d'identifiant ou de symboles correspondants, dont l'un attaché à l'ordonnance et l'autre au patient peut également contribuer à garantir que le bon patient reçoit les bons médicaments. Il est particulièrement utile dans les situations où de nombreuses personnes partagent le même nom de famille.

➤ Étape 2. Compréhension et interprétation de la prescription

L'interprétation d'une prescription doit être effectuée par un membre du personnel qui peut :

- Lire la prescription
- Interpréter correctement les abréviations utilisées par le prescripteur
- Confirmer que les doses prescrites sont dans la plage normale pour le patient (en notant le sexe et l'âge)
- Effectuer correctement tous les calculs de dose et de quantité d'émission
- Identifier les interactions médicamenteuses courantes

On suppose que la prescription sera sous forme écrite, car les ordonnances verbales de médicaments ne doivent être données que dans des situations exceptionnelles et d'urgence. Dans de tels cas, la commande doit être répétée au prescripteur pour garantir l'exactitude, et une confirmation écrite doit être fournie dans les meilleurs délais.

L'écriture illisible par les prescripteurs a de graves implications lorsque de nombreux noms de produits sont similaires engendrant une confusion. Si la personne qui distribue le médicament a le moindre doute sur ce qui est exigé par le prescripteur, elle doit vérifier auprès du prescripteur.

➤ Étape 3. Préparation et étiquetage de doses

La préparation des articles en vue de leur émission est la partie centrale du processus de distribution et doit inclure des procédures d'autocontrôle ou de contre-vérification pour garantir l'exactitude. Cette partie du processus commence après que la prescription est clairement comprise et que la quantité a été calculée. Il est judicieux d'écrire l'étiquette à cette étape comme une forme d'autocontrôle.

Typiquement, un distributeur sélectionne l'article en lisant l'étiquette et en faisant correspondre le nom et la concentration du produit à la prescription. Le dispensateur doit vérifier le stock pour s'assurer qu'il n'est pas expiré et choisir le stock le plus ancien (premier entré / premier sorti) ou la première expiration, en fonction de la méthode de rotation des stocks utilisée. La plupart des membres du personnel bien formés lisent délibérément l'étiquette du contenant au moins deux fois pendant le processus de distribution. La sélection en fonction de la couleur ou de l'emplacement du contenant, sans lire consciemment l'étiquette, est une mauvaise pratique de distribution qui peut avoir des conséquences fatales.

Une autre pratique dangereuse qui devrait être découragée consiste à ouvrir plusieurs conteneurs de stock en même temps. Dans cette situation, la sélection des produits se fait souvent uniquement en fonction de l'apparence, ce qui peut conduire à des erreurs. De plus, la qualité des médicaments exposés en permanence à l'air se détériore. Il est important d'ouvrir et de fermer un conteneur à la fois.

La mesure ou le comptage de la quantité à partir des conteneurs de stock doit se dérouler comme suit :

Les liquides doivent être mesurés dans un récipient propre et doivent être versés à partir de la bouteille de stock avec l'étiquette vers le haut. L'utilisation de cette technique évite d'endommager l'étiquette par tout liquide renversé ou dégoulinant.

Les comprimés et gélules peuvent être comptés avec ou sans l'aide d'un appareil de comptage. La règle la plus importante à suivre est que les bandes du distributeur ne doivent pas être en contact direct avec le médicament. L'utilisation des bandes est une mauvaise pratique pour des raisons d'hygiène et de qualité du produit.

Juste après la mesure ou le comptage, le couvercle du contenant de stock doit être remplacé et l'étiquette du contenant doit être revérifiée en matière de nom et concentration du médicament.

Les comprimés ou gélules doivent être emballés dans un contenant propre et sec, tel qu'une bouteille, une enveloppe en plastique, une boîte en carton ou une enveloppe en papier. Chacun de ces conteneurs est satisfaisant dans un climat sec. Pendant la saison des pluies ou dans un climat humide, cependant, le carton ou le papier ne protégeront pas les comprimés et les gélules de l'humidité de l'air, ce qui peut rapidement détruire les médicaments et les rendre impropres.

➤ Étape 4. Réalisation d'une dernière vérification

À cette étape, la préparation distribuée doit être vérifiée par rapport à la prescription et aux contenants utilisés. Bien que cette étape puisse être effectuée sous forme d'autocontrôle, il est utile de confier la dernière vérification à un autre membre du personnel.

Ce contrôle final doit inclure la lecture et l'interprétation de la prescription, vérifier les médicaments dispensés ; en matière d'interactions entre eux et l'adéquation des doses prescrites, ainsi, vérifier et comparer l'identité du médicament dispensé avec les étiquettes.

➤ Étape 5. Enregistrement

Lorsque la prescription est retournée au patient, les détails doivent être consignés dans un registre, tel que la date, le nom et l'âge du patient, le nom et la concentration du médicament, la quantité délivrée et le nom du distributeur doivent être inscrits dans le registre. Lorsque les distributeurs utilisent des ordinateurs pour enregistrer les détails de distribution, le programme informatique doit conserver ces enregistrements qui sont essentiels pour une gestion efficace. Ces registres peuvent être utilisés pour vérifier les stocks utilisés

pour la distribution, et ils seront nécessaires si un besoin se fait sentir pour retracer tout problème avec les médicaments délivrés aux patients.

➤ Étape 6. Distribution du médicament avec des instructions et des conseils clairs

Le médicament doit être administré au patient désigné, avec des instructions claires et tout conseil approprié concernant le médicament. Les conseils verbaux sont importants. Les instructions portent sur la dose, la fréquence, la durée du traitement et la voie d'administration.

Les conseils ont pour but de maximiser l'effet du traitement, ils doivent donc se concentrer sur :

- Quand prendre le médicament (en particulier en ce qui concerne la nourriture et d'autres médicaments)
- Comment prendre le médicament (mâché, avalé entier, pris avec beaucoup d'eau, etc.)
- Comment conserver le médicament

Les avertissements concernant les effets secondaires possibles doivent être donnés avec prudence. Les effets secondaires doivent être mentionnés pour empêcher un patient effrayé d'arrêter le traitement.

Tous les efforts doivent être faits pour confirmer que le patient comprend les instructions et les conseils.

1.3.2.3 Administration

L'administration d'un médicament est une procédure clinique courante mais importante. C'est la manière dont un médicament est administré qui déterminera dans une certaine mesure si le patient en retire un bénéfice clinique ou non, et s'il subit un effet indésirable de ses médicaments.

Deux facteurs principaux affectent l'efficacité d'administration :

- La voie d'administration.
- La biodisponibilité

Pour la biodisponibilité il s'agit de la vitesse du passage du médicament dans la circulation générale pour arriver au site d'action prévu.

Les médicaments administrés par voie intraveineuse IV sont dits biodisponibles à 100 %. Lorsqu'un médicament est administré par des voies autres que IV, sa biodisponibilité est généralement inférieure en raison de l'absorption de l'endothélium intestinal et du métabolisme de premier passage.

La voie d'administration et sa formulation (comprimé, capsule, liquide) peuvent clairement influencer la biodisponibilité d'un médicament.

➤ **Auto administration par le patient**

L'auto administration repose sur le fait que le patient est encouragé à jouer un rôle central et actif dans son traitement médicamenteux, tout comme on s'attendrait à ce qu'il le fasse s'il était à la maison.

Il faut savoir que le mode de fonctionnement traditionnel ne répond pas aux besoins de la plupart des patients et que cette approche peut être efficace et en faveur de patient. Mais, il faut garantir que le patient est capable de la bonne exécution de cette administration.

1.3.2.4 Suivi et évaluation

Il appartient plus que jamais aux médecins de savoir comment leurs patients prennent leurs médicaments et si ces médicaments sont pris comme prévu. C'est une information importante que les médecins peuvent utiliser pour s'assurer que leurs patients reçoivent les soins les plus appropriés et les bons médicaments.

➤ **Suivi biologique et clinique**

Tout traitement comporte généralement une surveillance de l'efficacité (surtout en cas de marge thérapeutique étroite) et éventuellement la surveillance de l'apparition des principaux effets secondaires. (*Lacour et al. 2013*)

➤ **Observance de traitement médicamenteux**

La conformité, l'engagement ou l'accord est un terme médical utilisé pour indiquer qu'un patient suit correctement les conseils médicaux. Dans la plupart des cas, les conseils médicaux sont liés à la manière de consommer des drogues mais le terme peut également être étendu pour inclure l'utilisation d'interventions chirurgicales telles que des bas de contention, des soins des plaies chroniques, des exercices de physiothérapie ou la participation à des

séances de conseil éducatif ou thérapeutique. L'un des moyens les plus efficaces qu'un médecin devrait adopter pour améliorer l'observance d'un patient à la consommation de drogue est d'établir une relation positive entre lui et son patient, basée sur

Parmi les principaux obstacles qui empêchent le patient de prendre des médicaments sur ordonnance, il y a la complexité qui prévaut dans les schémas thérapeutiques modernes, son manque de «connaissance de la santé», son manque de conscience des bénéfices du traitement, la survenue d'effets secondaires dont il n'était pas au courant, la prise en charge du coût du médicament mentionné dans la prescription et une mauvaise communication entre lui et Médecin traitant et manque de confiance entre eux.

1.4 Les erreurs médicamenteuses

Une erreur médicale est un effet indésirable évitable des soins qu'il soit évident ou non nocif pour le patient. Cela peut se produire au sein de tous le circuit du médicament ; dans la prescription, la dispensation et l'administration. L'erreur peut également se produire lors de la transcription, surtout, quand les instructions de médecin sont verbales ou à travers le téléphone. (*Oren et al. 2003 ; Cummings et al. 2005 ; Poon et al. 2006 ; Voshall et al. 2013 ; Muroi et al. 2017*).

Une erreur de dispensation peut entraîner des conséquences fatales, surtout pour un patient en état critique. Elle peut être définie comme une divergence évitable entre les médicaments pris par le patient et ceux donnés dans la prescription. Elle se présente sous de nombreuses formes, à commencer par la distribution d'un mauvais médicament, une forme posologique et une concentration inappropriée ou une distribution au mauvais moment.

Aussi, dans la phase d'administration, les erreurs peuvent porter sur une erreur dans le dosage ou la voie d'administration, l'utilisation de médicaments périmés, le non-respect du moment approprié pour l'administration du médicament ou le manque de connaissance des effets indésirables de certaines combinaisons de médicaments.

1.4.1 Classification des erreurs

Elles peuvent être classées selon leurs effets/ conséquences. Le Conseil National de Coordination pour la Notification et la Prévention des Erreurs de Médication (CNC NPEM) a classé les erreurs médicales en quatre grands groupes englobant un total de Neuf catégories (de A à I) (URL-4, URL-5) :

- Pas d'erreur
 - Catégorie A : Circonstances ou événements susceptibles de provoquer des erreurs.
- Erreur, pas de mal
 - Catégorie B : Une erreur s'est produite mais l'erreur n'a pas atteint le patient (Une "erreur d'omission" atteint le patient).
 - Catégorie C : Une erreur s'est produite et a atteint le patient mais n'a pas causé de préjudice au patient.
 - Catégorie D : Une erreur s'est produite qui a atteint le patient et a nécessité une surveillance pour confirmer qu'elle n'a causé aucun dommage au patient et / ou une intervention requise pour éviter tout dommage.
- Erreur, dommage
 - Catégorie E : Une erreur s'est produite qui peut avoir contribué ou entraîné un préjudice temporaire pour le patient et une intervention requise.
 - Catégorie F : Une erreur s'est produite qui a pu contribuer ou entraîner un préjudice temporaire pour le patient et nécessiter une hospitalisation initiale ou prolongée.
 - Catégorie G : Une erreur s'est produite qui a pu contribuer ou entraîner un préjudice permanent au patient.
 - Catégorie H : Une erreur s'est produite et a nécessité une intervention nécessaire pour maintenir la vie.
- Erreur, mort
 - Catégorie I : Une erreur est survenue qui peut avoir contribué ou entraîné le décès du patient.

1.4.2 Les causes des erreurs

Suite aux analyses profondes des causes ou par des enquêtes, les études précédentes (*Anacleto et al. 2005 ; Edoh et al. 2016 ; Berdotet al. 2019 ; Seidling & Bates, 2019 ; Caleres et al. 2020*) imputent les causes d'erreurs faites par le pharmacien ou le vendeur aux états suivants : être occupé, en manque de personnel, être soumis à des contraintes de temps, à la fatigue des professionnels de la santé, aux interruptions lors de la dispensation, confusion entre les médicaments « look-alike/sound-alike » ; c'est-à-dire ayant des noms et/ou des consonances similaires.

Des études ((*Ball, 1971 ; Barnett, 1974 ; Collen & Miller, 2015*) ont également révélé qu'un retard ou manque de médicaments et dosage inapproprié étaient les deux erreurs médicales les plus courantes commises dans un milieu hospitalier. Ils ont conclu qu'il existe des millions d'erreurs de médication commises chaque année, avec plus de 5% des erreurs considérées graves. En outre, il est estimé que seulement environ 1,5% des erreurs sont en réalité signalées. En effet, il est estimé que plus de 250000 personnes meurent chaque année en raison d'erreurs de médication aux États-Unis (*Anderson et Abrahamson, 2017 ; Ker et al. 2010*).

Les causes d'erreur peuvent provenir de la difficulté à lire les ordres manuscrits, la confusion au sujet de différents médicaments portant des noms similaires et le manque d'informations sur les allergies ou les sensibilités médicamenteuses d'un patient.

1.4.3 Des Stratégies de prévention contre les erreurs

La profession médicale a la responsabilité de fournir des soins sûrs et efficaces, ce qui comprend la réduction des événements médicamenteuses indésirable. Il existe un large éventail d'outils de prévention des erreurs, notamment

- L'utilisation la règle de 5 bons,
- L'utilisation de précautions supplémentaires concernant les médicaments à alerte élevée,
- L'adoption du système du lettrage Tallman,
- Évitement des abréviations sujettes aux erreurs,
- L'utilisation de la technologie, tel que la lecture code à barres, RFID...etc.

1.4.3.1 La règle de Cinq bons

Pour aider à réduire le risque d'erreurs de médication, les infirmières apprennent la règle de cinq bons. Aussi connus sous le nom de «5Rights, 5R », ces principes aident à garantir le bon médicament, la bonne dose, la bonne voie et le bon patient, au bon moment. (*URL-2*)

1. Bon patient

Une double vérification est nécessaire pour assurer que le nom de patient ; ceci est particulièrement important dans les cas où plusieurs personnes prennent les mêmes médicaments avec des doses différentes. Des recommandations recommandent de demander

au patient de présenter son nom, et si son état ne permet pas, l'utilisation d'autre moyen d'identification tel que le bracelet à code-barre ou l'identification par radiofréquence.

2. Bon médicament

Une double vérification de l'étiquette et du flacon est nécessaire. Il peut être facile de donner accidentellement le mauvais médicament au mauvais patient. Une lecture attentive de la prescription est essentielle, surtout juste avant d'administrer le médicament au patient.

3. Bonne dose

La plupart du temps, cela peut être réalisé simplement en revérifiant l'étiquette pour voir quelle dose doit être administrée. Cependant, un médicament liquide peut être un peu plus délicat car la personne qui le donne doit mesurer la dose. La mesure de la dose avec une seringue pour administration orale et non avec une cuillère à café domestique est recommandée, surtout quand le médicament n'est pas fourni avec un gobelet doseur.

L'administrateur doit avoir une connaissance des doses habituelles des médicaments, et si la dose ordonnée ne rassemble pas aux quantités habituelles, il est encouragé de solliciter le prescripteur.

4. Bonne voie

Bien que cela puisse sembler unimaginable, il est souvent survenu que des médicaments étaient administrés par une voie non intentionnelle. Par exemple, des gouttes auriculaires administrées sous forme de gouttes oculaires ou des médicaments à avaler destinés à être utilisés avec un inhalateur.

Pour cela, il faut revérifier l'étiquette pour s'assurer que le bon médicament est administré par la bonne voie.

5. Bon moment

Il faut s'assurer que l'administration du médicament est faite au bon moment. Il peut être difficile de se rappeler et cela autant que le nombre de médicaments ou de leur fréquence augmente.

L'utilisation de l'alarme de téléphone s'avère bien une solution efficace contre l'oubli des heures d'administration.

1.4.3.2 Le système du lettrage Tallman

Pour s'adresser aux erreurs visuels potentiels (Look-Alike), l'approche de système de lettrage Tallman a été proposée, où les noms des médicaments sont suggérés d'être écrits en minuscules ; seule la partie du texte qui est critique est mise en surbrillance en majuscules (par exemple cycloSERINE et cycloSPORINE). Cette solution a apporté une amélioration dans la réduction de la confusion visuelle des noms de médicaments qui peut conduire à l'erreur de dispensation, et elle a une grande approbation parmi les acteurs de la santé. Alors que de nombreuses études entre 2000 et 2017 (Oren et al. 2003 ; Cummings et al. 2005 ; Poon et al. 2006 ; Voshall et al. 2013 ; Muroi et al. 2017) ont démontré la capacité des lettrage Tallman seules ou en coordination avec d'autres techniques, à améliorer l'exactitude de la perception des noms de médicaments et à réduire les erreurs dues à la similitude des noms.

Figure 1.4 ci-dessous montre exemple des médicaments qui se rassemblent dans plusieurs facteurs (ils sont tellement similaires qu'ils se diffèrent que dans quelques lettres), ce qui nécessite une bonne conscience du distributeur pour éviter l'erreur.



Figure 1.4 Des médicaments qui se rassemblent

1.4.3.3 La technologie de code-barres

Parmi les solutions les plus adoptées pour améliorer la sécurité de patients est le système de codes-barres qui a aidé à rationaliser le processus d'admission des patients, à suivre les médicaments et à identifier les patients au sein de leur séjour. Les bracelets à code-barres sont généralement créés au moment de l'entrée et les informations spécifiques aux patients sont continuellement mises à jour en fonction des besoins des patients. Les dossiers médicaux, les médicaments et les échantillons sont munis de code-barres que les médecins et

les infirmières peuvent scanner facilement afin de retracer les informations critiques sur les patients. (Figure 1.5)



Figure 1.5 *administration suivie par code- barre*

Par exemple, une infirmière peut utiliser une imprimante mobile pour créer un bracelet à code-barres au chevet du patient. Chaque fois qu'un médicament est administré, une infirmière ou un médecin peut scanner le bracelet du patient, scanner le code-barres sur le médicament et il sera instantanément enregistré dans le dossier médical du patient.

Cette technologie peut garantir que le bon médicament est administré au bon patient, réduisant ainsi les erreurs et garantissant la sécurité du patient.

1.4.3.4 La prescription informatisée

La prescription électronique souvent appelée E-prescription est la rédaction, la transmission électronique informatisés d'une ordonnance médicale, qui remplace les ordonnances papier. La prescription électronique permet à un médecin, à un pharmacien ou à une infirmière praticienne à travers un logiciel de E-prescription de transmettre électroniquement une nouvelle ordonnance ou une autorisation de renouvellement.

Cela permet d'envoyer des ordonnances sans erreurs, exactes et compréhensibles par voie électronique du prescripteur au pharmacien. La prescription électronique vise à réduire les risques associés à la rédaction des ordonnances traditionnels. C'est aussi l'une des principales raisons d'encourager les dossiers médicaux électroniques.



Figure 1.6 *E-Prescription liée au système informatisé de l'hôpital*

De nos jours, la E-Prescription n'est pas limitée à des ordinateurs de médecins, l'utilité des smartphones et tablettes rends leur utilisation très facile et utile. Figure1.6

L'introduction de la technologie numérique a été d'un grand apport en ce qui concerne les dossiers médicaux des patients. Dans ce mémoire nous nous focaliserons sur l'utilisation de la technologie identification par radiofréquences RFID dans l'amélioration de la sécurité vis-à-vis des erreurs de dispensation et d'administration pouvant affecter les patients.

1.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons défini la sécurité des patients, et en expliquant les deux niveaux du circuit de médicament autour du patient, nous avons montré la relation entre le médicament et le patient, ce qui permet de localiser les erreurs, les évaluer et les anticiper. Nous avons terminé par exposer les types d'erreurs médicamenteuses et les techniques existantes pour empêcher leur occurrence.

Dans le prochain chapitre nous allons expliquer d'une manière générale et simple la technologie identification par radiofréquences.

CHAPITRE 2

IDENTIFICATION PAR

RADIOFREQUENCES

RFID

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons la technologie d'identification par radiofréquence RFID (*Radio Frequency IDentification*, en anglais), et nous décrivons sa composition, principe de fonctionnement et ses utilités.

2.2 Définition

La RFID (identification par radiofréquence) est une forme de communication sans fil qui comprends l'utilisation d'un couplage électromagnétique ou électrostatique dans la partie radiofréquence du spectre électromagnétique pour identifier de manière unique un objet, un animal ou une personne. Un système RFID peut inclure les quatre éléments suivants : le tag, le lecteur, la base de données et l'application.

Le tag ; est attachée aux objets pour les identifier, le lecteur communique avec le tag via une antenne pour lire les informations stockées, la base de données stocke et évalue les informations du tag, et enfin, l'application ; où le les informations des tags sont exploitées en exécutant une « action dure » comme l'ouverture de la porte ou une « action douce » comme la sauvegarde de données à des fins d'administration. (*Inoue et al. 2006; Domdouzis et al. 2007; Dobkin et al. 2005 ; Cheng et al. 2009 Rahmati et al. 2007*)

2.3 Composition du système RFID

2.3.1 Le Tag

Les tags RFID sont constitués principalement de trois pièces : une micropuce (un circuit intégré CI qui stocke et traite les informations et module et démodule les signaux radiofréquences RF), une antenne (*Transceiver*) pour recevoir et transmettre le signal et un substrat. Les informations de tag sont stockées dans une mémoire non volatile (EEPROM).

– La micropuce

Un circuit intégré, également appelé circuit électronique, micropuce ou puce, est conçu et fabriqué par un fabricant de semi-conducteurs.

Le CI a une unité logique qui prend des décisions et fournit de la mémoire pour stocker les données. En fait, le CI est généralement un petit microprocesseur, comprennent 40 à 50 000 transistors. Il a besoin d'alimentation pour fonctionner, cette puissance peut provenir d'une batterie sur le tag (le cas d'un tag actif) ou bien à partir à

partir de l'énergie radio rayonnée par l'antenne de l'interrogateur (le cas d'un tag passif). Une partie du CI est dédiée au contrôle de la puissance.

Un protocole de communication est nécessaire, il est également utilisé pour s'accorder à moduler / démoduler les signaux, pour encoder / décoder des bits numériques lors de la communication entre le lecteur et le tag. La mémoire du CI peut être divisée en différents blocs, appelés Banques. Un bloc peut être un type en lecture seule, un type en écriture seule pour une seule fois ou un type en écriture plusieurs fois. Les tags utilisent une mémoire morte électrique (EEPROM), programmable et effaçable électriquement. Ce type de mémoire ne nécessite pas d'alimentation continue pour stocker les données. Par conséquent, les données stockées sur le tag sont conservées pendant une longue période (plusieurs années), même si aucune alimentation ne peut être disponible pour le tag pendant cette période. Le type de données stockées dans la mémoire dépend du protocole utilisé. Le CI peut stocker l'identifiant ID du tag, l'identificateur d'objet, le mot de passe et le code de détection d'erreur tel que le code de redondance cyclique (CRC).

Les circuits intégrés sont créés sur une grande plaquette semi-conductrice. Une tranche peut contenir 40 000 circuits intégrés. La fabrication des circuits intégrés nécessite des salles blanches à la pointe de la technologie, et quand ils sont finalisés, ils sont testés individuellement pour garantir une fonctionnalité fiable sur le terrain. Avec les progrès de la technologie des semi-conducteurs, les circuits intégrés sont de plus en plus petits - aussi petits qu'un grain de sable. Plus le circuit intégré est petit, moins le coût et la puissance nécessaires pour le faire fonctionner sont faibles. L'efficacité de consommation d'énergie des circuits intégrés permet d'augmenter la plage de lecture des tags passives.

Les circuits intégrés de chaque micropuce doivent être coupés et séparés, puis attachés à une antenne. Au fur et à mesure que la taille du CI diminue, il faut un équipement plus précis pour le connecter à l'antenne, ce qui peut augmenter le coût d'assemblage du tag.

– **L'antenne**

L'antenne est la plus grande partie du tag et est connectée au circuit intégré du tag. L'antenne reçoit les signaux de l'interrogateur et, selon le type du tag, elle transmet ou réfléchit le signal reçu en retour. Pour les tags actifs, il transmet les signaux, et pour les tags semi-passifs et passifs, il réfléchit les signaux. Pour les tags passives, l'antenne collecte également l'énergie des ondes radio et la fournit au CI.

La géométrie d'une antenne est déterminée par la fréquence à laquelle le tag fonctionne. Bien que les tags puissent utiliser le même circuit intégré, les variations de conception d'antenne permettent aux tags d'avoir des propriétés et des comportements complètement différents. L'antenne peut avoir la forme d'une bobine en spirale, d'un seul dipôle, de doubles dipôles (l'un perpendiculaire à l'autre) ou d'un dipôle plié. Au sein de ces types de base, il existe de nombreuses variantes de formes d'antennes, en fonction des exigences spécifiques de l'application et des capacités du concepteur.

L'antenne est conçue pour une fréquence de fonctionnement spécifique et est ensuite accordée en fonction des propriétés du matériau à attacher. La fréquence désignée détermine la longueur d'antenne effective, mais la longueur réelle de l'antenne est généralement réduite en utilisant une conception d'antenne créative.

Les antennes sont généralement constituées de fines bandes métalliques de cuivre, d'aluminium ou d'argent. Ces bandes sont déposées sur le substrat à des vitesses élevées, selon l'une des trois méthodes suivantes : gravure sur cuivre, dorure à la feuille et sérigraphie.

La sérigraphie est le plus rapide et le moins coûteux des trois processus, mais les antennes créées à l'aide de cette méthode sont moins efficaces que celles créées par les deux autres méthodes. Parce que plusieurs tags seront inclus dans des étiquettes adhésives et que l'expertise des étiqueteurs est dans l'impression. Une antenne sérigraphiée utilisant une encre conductrice contenant du cuivre, du nickel ou du carbone rendrait le processus de création de tags moins coûteux et permet de l'intégrer à la fabrication des étiquettes adhésives.

– **Support (substrat)**

Le substrat contient tous les autres composants du tag ensemble. L'antenne du tag est déposée ou imprimée sur le substrat, et le circuit intégré est ensuite fixé à cette antenne. Un substrat est généralement fait d'un matériau flexible tel qu'un plastique mince, mais il peut également être fait d'un matériau rigide. La plupart des tags passives utilisent des substrats en matériau flexible d'une épaisseur de 100 à 200 nm. Le matériau du substrat doit être capable de résister à diverses conditions environnementales à travers lesquelles le tag peut passer au cours de son cycle de vie.

Parmi les matériaux utilisés pour le substrat ; le polymère, le PVC, le polyéthylèneétherphtalate PET, les composés phénoliques, les polyesters, le styrène et même le papier. Le matériau du substrat doit fournir une dissipation de l'accumulation d'électricité statique, une surface d'impression lisse pour la disposition de l'antenne, la durabilité et la stabilité dans diverses conditions de fonctionnement, et une protection mécanique pour l'antenne, la puce et leurs interconnexions.

Certaines des conditions environnementales qui peuvent affecter le substrat sont la chaleur, l'humidité, les vibrations, les produits chimiques, la lumière du soleil, l'abrasion, les chocs et la corrosion. Le matériau du substrat peut affecter la fréquence de conception de l'antenne ; par conséquent, l'effet du matériau du substrat doit être pris en compte lors du réglage correct de l'antenne.

Un côté du substrat est généralement enduit d'un matériau adhésif pour fixer le tag à un objet. Le matériau adhésif doit pouvoir résister aux conditions environnementales appropriées. Parfois, une couche de protection fabriquée à partir de matériaux tels que la stratification de PVC, la résine époxy ou le papier adhésif est ajoutée pour protéger le tag des effets environnementaux.

2.3.2 Le lecteur

Le lecteur est la partie centrale du système RFID, il communique avec les tags, lit son ID et permet également de leur transmettre des informations (phase écriture).

Un lecteur RFID est composé essentiellement de quatre parties : une micropuce et une antenne (transceiver) mêmes que celles des tags, en outre, une interface de communication et une source d'énergie. (Figure 2.1)

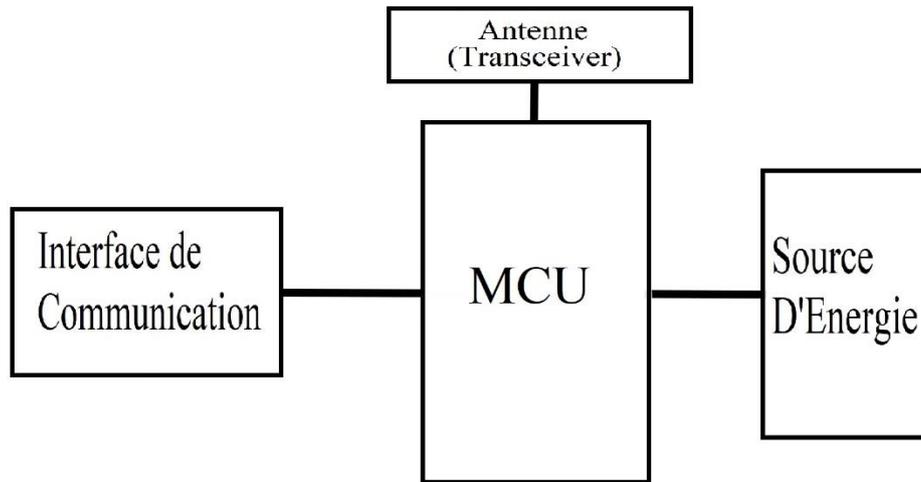


Figure 2.1 Les composants d'un lecteur RFID

– L'antenne

Comme mentionné dans la figure 2.1, l'antenne RFID est également un élément primordial du système RFID qui est généralement intégré au lecteur RFID et au tag, elle permet d'activer les tags afin de recevoir des données et d'en transmettre les informations.

Dans le cas des lecteurs à courte portée les antennes sont généralement intégrées dans les lecteurs RFID, mais dans le cas de lecture de moyenne et de longue portée ; il est nécessaire d'ajouter une ou plusieurs antennes RFID externes afin d'intercepter les informations émises par les tags RFID.

Les diversités entre les différents antennes RFID se résument en deux points :

- La longueur de portée : une portée courte ou longue à choisir en fonction de l'amplitude désirée.
- La densité du champ : une densité de champ haute ou faible à choisir en fonction de la nature d'environnement et du nombre des tags à lire de manière simultanée.

– Microprocesseur

La microprocesseur utilisée dans un lecteur RFID est généralement de type ASIC (Application-Specific Integrated Circuit) qui est un circuit intégré dédié à une application spécifique, ce circuit intégré spécialisé met en œuvre une fonction particulière qui fait appel à un large marché.

Les puces ASIC sont généralement fabriquées à l'aide de la technologie oxyde de métal semi-conducteur MOS, en tant que puces de circuit intégré MOS. La taille des fonctionnalités ayant diminué et les outils de conception améliorés au fil des ans, sa complexité maximale et sa fonctionnalité peut atteindre jusqu'à plus de 100 millions de portes logiques.

Les ASIC incluent souvent des microprocesseurs entiers, des blocs de mémoire comprenant la ROM, la RAM, l'EEPROM, la mémoire flash et d'autres grands blocs de construction. Un tel ASIC est souvent appelé un SoC (system-on-chip). Les concepteurs d'ASIC numériques utilisent souvent un langage de description de matériel HDL, tel que Verilog ou VHIC-HDL, pour décrire la fonctionnalité des ASIC.

Afin de moduler les signaux et pour crypter les informations lors de la communication entre le lecteur et le tag, suivre des protocoles de communications est inévitable. Ces protocoles indiquent l'ensemble des caractéristiques qui permettent à un tag de communiquer avec un lecteur RFID sans conflit indésirable.

Le protocole de communication doit répondre à des exigences qui sont liées à des questions de confidentialités, de sécurités et de performances.

– **L'interface de communication**

L'interface de communication est le dispositif qui permet des échanges et interactions entre différents acteurs du système. Dans le cas de lecteur RFID, l'interface de communication avec la base des données est une Transmission Série, cette modalité de transmission de données permet d'échanger les éléments d'information d'une manière successive ; les uns après les autres, sur une seule voie entre deux points. Cette transmission série peut être en forme de signaux électriques, optiques ou radio.

– **Source d'Energie**

Contrairement au Tag, un lecteur RFID a besoin d'alimentation pour qu'il peut assurer ses fonctions, cette énergie peut être traditionnelle, elle peut également être une alimentation embarquée comme dans le cas d'un lecteur mobile.

Chacun des types d'alimentation a ses avantages et inconvénients, l'endroit d'utilisation et la fonctionnalité de système reste le facteur décisif de la sélection de type d'alimentation adoptée. Si, par exemple, le système RFID est dévoué pour une action hard

tel qu'ouverture d'une porte d'un ascenseur ou bien une barrière d'un parking, un lecteur optimalement fixé est suffisant ; surtout quand on a une seule entrée. Mais si le système est utilisé pour des fonctions d'audit ou de contrôle, tel qu'utilisé par le service de contrôle dans les métros et tramway, un lecteur mobile avec une alimentation embarquée est plus efficace.

2.4 Principe de fonctionnement

La figure 2.2 représente sommairement la manière d'échange des données entre un lecteur et un tag.

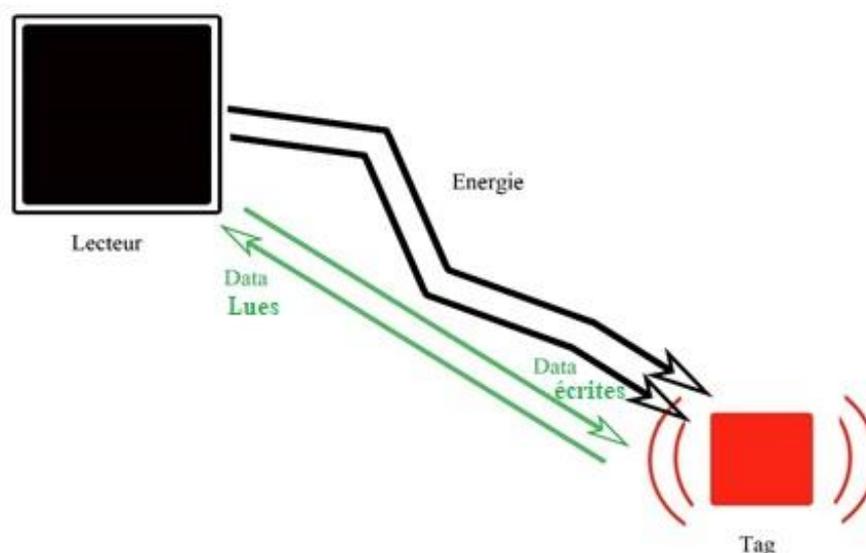


Figure 2.2 Principe de fonctionnement de lecture RFID

- Le lecteur est l'élément qui coordonne la communication RFID et assure la télé-alimentation des tags, il transmet de l'énergie en une onde radio à travers son antenne. Il lance donc une requête d'interrogation de tag et attend la réponse.
- L'antenne de Tag joue le rôle de génératrice, et alimenter la puce (alimentation par induction électromagnétique).
- Le tag transmet l'information stockée dans la micropuce en utilisant la même antenne après l'avoir modulé.
- Le lecteur reçoit l'information modulée émis par le Tag, élimine les brouilles de collisions entre réponses et la démodule.
- Enfin, le lecteur passe le résultat obtenu à l'application concernée afin d'être examinée et exploitée (une action planifiée soit soft ou hard)

➤ Modes de communication et protocoles

Le mode de communication RFID, semi-duplex signifie que les deux parties peuvent communiquer entre eux, mais pas simultanément ; la communication est vers une direction à la fois, soit le lecteur parle et le tag écoute, ou bien l'inverse, le récepteur doit attendre la cessation d'émission de l'émetteur, avant de répondre. Lors de la communication RFID, on peut distinguer deux sous-modes liés aux types des données transmis :

- Synchrones : les informations et l'énergie sont transmises de manière simultanée
- Asynchrones : les informations et l'énergie sont fournies de manière alternative

Le mode de communication et les sous-modes ci-dessus ne s'appliquent pas pour un système RFID active, car dans ce type, les tags ont leurs propres sources d'énergie embarqués.

Pour effectuer une communication, typiquement, l'un des deux interlocuteurs doit nécessairement l'initialiser, Donc, on peut citer deux modes selon qui commence la communication :

- TTF (Tag Talks First) : lorsque le tag entre dans le champ d'un lecteur, il annonce sa présence.
- ITF (Interrogator Talks First) : dans ce mode, le lecteur lance des requêtes de façon régulière, et, lorsqu'un tag entre dans son champ, il répond en annonçant sa présence.

Pour éviter un éventuel conflit, il faut sélectionner un seul mode lors de l'utilisation dans un endroit fermé.

Comme toute télécommunication à la base des radiofréquences, des protocoles qui définissent les mécanismes d'échange d'informations sont conçus pour assurer un transfert d'information sécurisé, fiable et pour éviter des collisions. En outre, face au grand déploiement de cette technologie au niveau mondiale, des normes standardisées rédigées par ISO/IEC (International Standard Organization et International Electrotechnical Commission) sous la référence 18000, dont 18000-1 définit les paramètres génériques de la technologie RFID, et les normes 18000-2 à 18000-7 définissent les standards pour chaque gamme de fréquence utilisée en RFID, comme mentionné dans la Figure 2.3:

STANDARD CODE	DESCRIPTION
ISO 18000-V1	Generic parameter for air interfaces globally accepted frequencies
ISO 18000-V2	Air Interface 135 KHz
ISO 18000-V3	Air Interface 13.56 MHz
ISO 18000-V4	Air Interface 2.45 GHz
ISO 18000-V5	Air Interface 5.8 GHz
ISO 18000-V6 Part A, B, C, D	Air Interface 860 MHz – 960 MHz
ISO 18000-V7	Air Interface 433.92 MHz

Figure 2.3 Les normes 18000 qui définissent les protocoles d'utilisation RFID (smiley, 2016)

Ces normes définissent également trois spécifications de la communication entre le lecteur et le tag ; comment les informations sont codées, comment elles sont modulées et les protocoles d'anticollisions utilisés. Par exemple, la norme 18000 6-C correspond aux normes pour l'UHF passif, elle stipule que les systèmes passifs UHF sont ITF (Interrogator Talk First) et utilisent ce qui suit :

- Pour l'encodage

Encodage par intervalles d'impulsions (PIE Pulse Interval Encoding) (Lecteur – Tag)

Codage Spatial Biphase (FM0) (Tag – Lecteur)

- Pour la modulation

Incrustation par décalage d'amplitude (ASK Amplitude-Shift Keying)

- Pour le protocole d'anticollision

Q-Algorithmme (dérivé d'un algorithme appelé Slotted ALOHA) (smiley, 2016)

2.5 Classification des systèmes RFID

Généralement, la classification des systèmes RFID se fait par rapport à leurs tags :

2.5.1 Selon la possession de micropuce

2.5.1.1 Tag à effet physique

Ce type de tags ne nécessite pas de microprocesseur lors de son fonctionnement, il est associé à un lecteur spécifique qui interroge le tag en se basant sur une émission d'une onde électromagnétique spécifique et la capture du signal qui se réfère à l'identifiant du tag. Ce type fonctionne sans protocole de communication. Ils utilisent un réseau d'antennes dipôles qui sont accordées à différentes fréquences.

– **Les tags à effet de SAW (Surface Acoustic Wave) :**

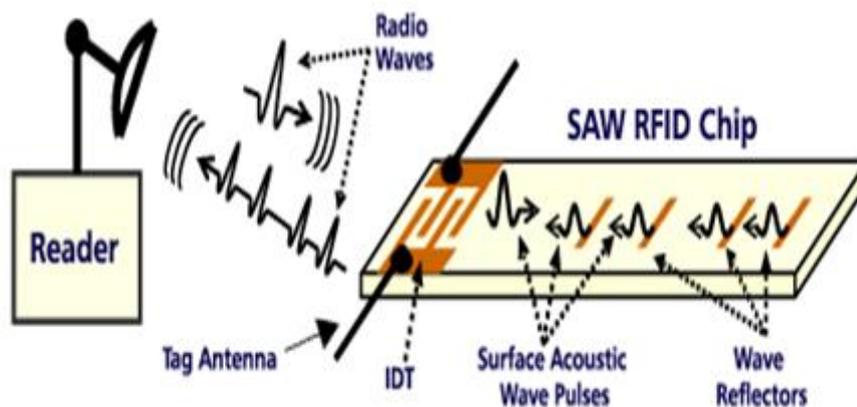


Figure 2.4 Tags à effet de SAW. (Plessky et al. 2010)

Sont des tags utilisant l'effet SAW (ondes acoustiques de surface), où les signaux micro-ondes faibles sont convertis en signaux ultrasonores, qui parcourent la surface d'un cristal piézoélectrique et sont réfléchis par des marques sur la surface.

Ce type de tags se caractérise par sa résistance aux grandes températures (jusqu'à 320° C), sa robustesse et rapidité de lecture même dans des environnements très difficiles. (Plessky et al. 2010)

Figure 2.4 ci-dessus explique le principe de fonctionnement de s tag à effet SAW.

– **Les tags à effet MDT (Magnetic Data Tagging) :**

Cette technologie magnétique appelée aussi (Flying Null FN) a été développée plus récemment, elle utilise une série de structures magnétiques passives, qui ressemble aux lignes de codes-barres. Ces lignes sont en matériau magnétique doux. Le lecteur contient

deux aimants permanents avec des pôles identiques. Figure 2.5 montre le principe de fonctionnement de ce type de tags.

Elle a un niveau haut de sécurité liée à sa fabrication, et ne peut pas être modifiée magnétiquement et peut être lu à distance.

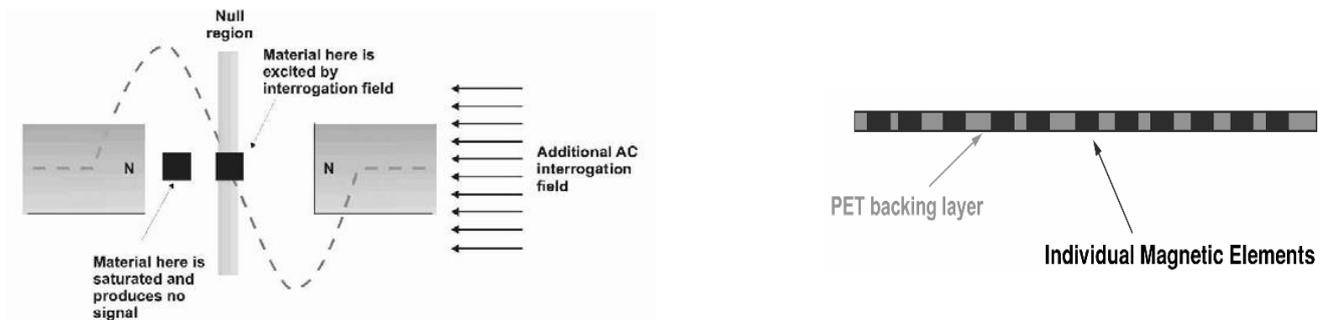


Figure 2.5 Tags à effet de MDT. (Karsten 2001)

– Les tags codes-barres RF

Ils sont des tags passifs et à très faible coût, composé de réseau d'antennes qui sont réglées à des fréquences différentes. L'identifiant de tag est déterminé à partir de la présence /absence d'un ensemble de fréquences de résonance prédéterminées. Le lecteur génère un signal de balayage de fréquence et recherche l'écho de signal. Ce type de tags est en lecture seule en multi-bits.

– Les tags à 1-bit

Appelés aussi EAS (Electronic Article Surveillance), porte 1-bit d'information ; à savoir la présence / absence de l'élément tagué dans la zone de détection. Ce type est souvent utilisé dans les magasins et les bibliothèques comme mesure antivol. Un simple circuit électronique et antenne, attachés à un produit répondent à une fréquence spécifique transmise par un socle à l'entrée / sortie d'un magasin. La réponse de tag est ensuite captée par une antenne réceptrice. La réception de la réponse déclenchera une alarme. Figure 2.6 montre un exemple des tags EAS très vus dans les magasins.



Figure 2.6 *Tags à 1-bit*

2.5.1.2 Tag à circuit intégré

– Les tags à circuit à machine d'état

Ce type de tags équipés de circuits intégrés numériques dotés de portes logiques (et, ou et non), ils sont de tailles réduites et de designs améliorés. Malgré leur complexité, la production en grande masse les rend relativement accessibles.

La technologie moderne utilisée pour la construction des maquettes est FPGA (Field-programmable gate arrays), les blocs logiques programmables et les interconnexions programmables avec FPGA, permettent de rendre les circuits intégrés plus petit et moins coûteux. De plus, la puissance nécessaire pour les faire fonctionner est devenue faible.

– Les tags à microprocesseur

Ce sont les plus répandus dans le marché de RFID, ASIC modernes incluent des microprocesseurs entiers, des blocs de mémoire comprenant l'EEPROM, la RAM, la ROM, la mémoire flash et d'autres grands blocs de construction.

Ce type des tags contient des micropuces qui sont équivalents à un système complet, ils sont appelés SoC (system on chip). Ils s'avèrent particulièrement compétent pour des applications dont la confidentialité, la fiabilité et la sécurité est nécessaire, tel que les données financières dans les cartes de crédit, et même les informations biométriques dans les passeports et les cartes d'identité. Figure 2.7 montre des composants internes d'une carte crédit (section).

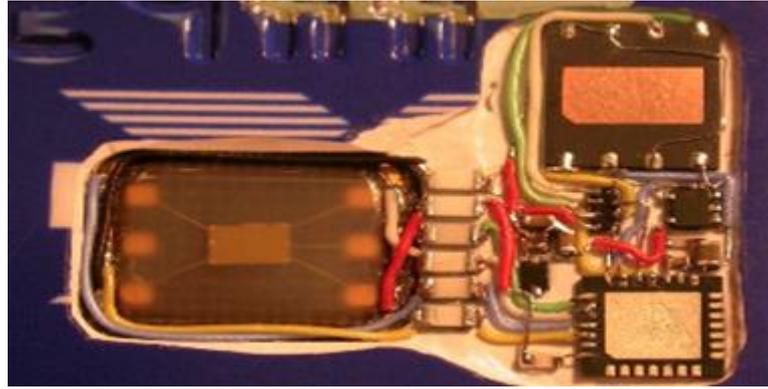


Figure 2.7 Constitution interne d'une carte crédit

2.5.2 Selon la source d'énergie

– Passif

Ce type de tags ne contient pas de source d'énergie interne, l'alimentation est fournie par le lecteur. Lorsque les ondes électromagnétiques du lecteur sont rencontrées par un tag RFID passive, l'antenne enroulée à l'intérieur de tag forme un champ magnétique. Le tag reçoit de l'énergie, alimentant le circuit intégré, et envoie alors les informations encodées dans sa mémoire. Ils sont peu coûteux et de petites tailles, et leurs plages de lecture dépendent de l'espace intermédiaire (air, liquide, corp ...) et aussi de la fréquence de fonctionnement qui est contrôlée par des réglementations internationales (ISO et IEC). Il n'est pas possible de l'associer à un capteur électrique.

– Actif

Au contraire des ceux passifs, les tags actifs comprennent une source d'énergie embarquée, cette source est dédiée pour alimenter le circuit intégré et l'antenne de tag. Ce type est plus complexe à produire et plus chère, il est possible de les associer à des capteurs ; et également, les utiliser pour des fonctions de transmission ou de traitement. Leur taille est grande ce qui limite leurs applications, aussi leur coût d'entretien est plus élevé ; surtout quand il inclut le changement des batteries. Toutefois, les tags de ce type ont la plus longue portée de communication de tous les tags, ils ont la capacité d'initier la communication, et sont considérés particulièrement comme les plus adaptés à la surveillance en temps réel.

– Semi-passif

Ces tags sont similaires aux ceux du système passif, ils ont le même principe de fonctionnement avec certaines spécifications importantes. Ils sont équipés d'une source d'énergie embarquée qui assure une alimentation permanente, cette alimentation est dévouée pour le circuit intégré et le capteur, s'il existe, l'antenne est alimentée seulement lors de la communication avec le lecteur pour récupérer les données collectées par le capteur et stockées dans le circuit intégré. Par rapport aux tags passifs ces tags permettent une communication plus rapide, cependant, ils sont plus coûteux.

Généralement, ce type de tags est adopté pour répondre aux utilités de circuit intégré de tag, tel qu'un stockage automatique et continu des données obtenu auprès des capteurs. Si on prend l'exemple de transport de produits alimentaires tagué par des tags semi-passif, l'utilisation d'une source d'énergie embarquée est dédiée pour le capteur de température et le stockage automatique et continu de ces données, ce qui permet de vérifier le taux de respect la chaine de froid.

Figure 2.8 présente un organigramme simplifié de classification de systèmes RFID selon leurs sources d'énergie

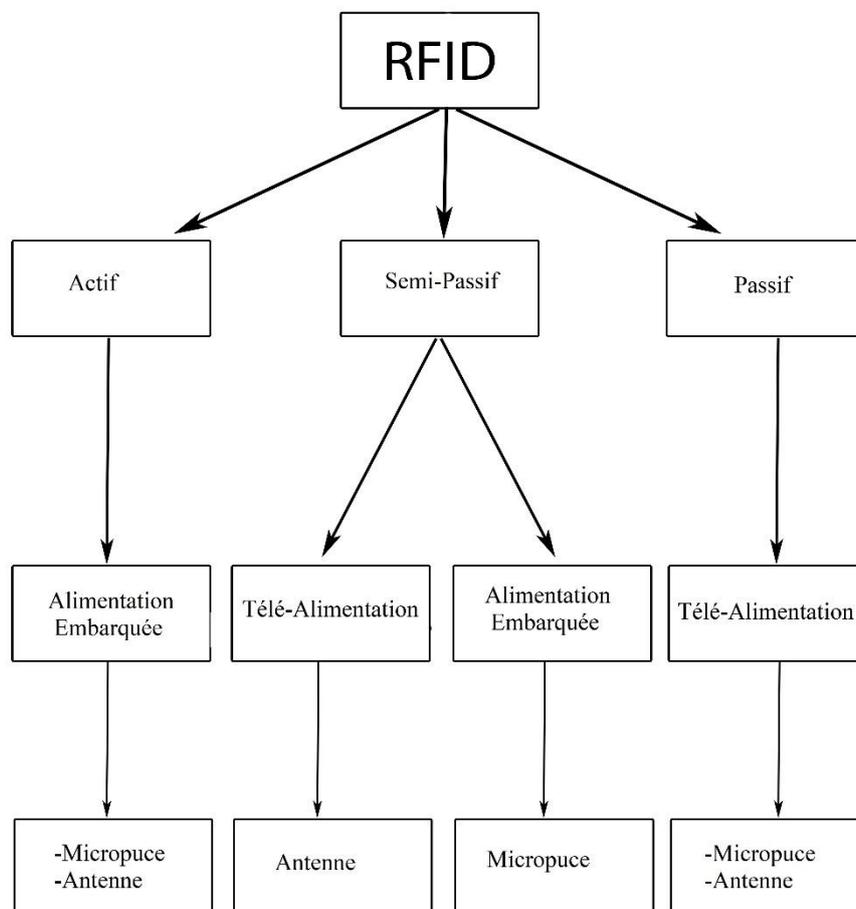


Figure 2.8 *Classification selon la source d'énergie*

2.5.3 Selon la fréquence de fonctionnement

Le système RFID n'est pas le seul qui utilise des ondes électromagnétiques dans son communication. Donc, il faut notamment que ces systèmes qui fonctionnent avec des ondes électromagnétiques veillent à ne pas brouiller le workflow les uns les autres.

Le rayonnement électromagnétique fait référence aux ondes du champ électromagnétique, se propageant (rayonnant) à travers l'espace, transportant de l'énergie électromagnétique radiante. La fréquence d'oscillation est le facteur qui permet de caractériser ces ondes que ce soit radio, micro-ondes, infrarouge, lumière (visible), ultraviolets, rayons X et rayons gamma.

Lors de la communication entre la puce et l'antenne, on peut distinguer plusieurs fréquences utilisables selon le type d'application visé et les performances souhaité :

– **Basse fréquence BF** 125 kHz ; 134,2 kHz

Les tags utilisés pour cette fréquence sont de petites tailles et poids, ils permettent une lecture en tout milieu et peuvent être intégrés dans tout type de matériaux. Toutefois, Les basses-fréquences ont une plage de lecture court (quelques décimètres au maximum).

– **Haute fréquence HF** 13,56 MHz

Cette fréquence de fonctionnement est la plus utilisé actuellement dans l'industrie et la vie quotidienne pour des applications à courte portée. La plage de lecture de cette fréquence est de l'ordre d'un mètre, mais elle n'est pas appropriée pour tout environnement, la proximité de métaux ou de liquides peut affecter la lecture des tags.

Ces tags sont minces, leurs tailles et poids est réduits. Ils sont utilisés notamment pour des applications de logistique, tel que de transport et d'identité : passeport, badge de transport, les cartes d'accès et dans les badgeuses de métros.

Vu sa grande adoption dans plusieurs domaines, elles sont intégrées même dans les smartphones sous la dénomination NFC (Near Field Communication).

– **Ultra haute fréquence UHF** 868MHz (EU) ; 915 MHz (US)

Dans ces fréquences la plage de lecture typique max est de 3 à 6 m, ces tags sont moins chers que ceux de HF et LF, mais ils sont sensibles aux métaux et liquides, ils ne

sont pas normalisés mondialement ; 868MHz (EU) ; 915 MHz (US). Ils sont utilisés pour des applications de localisation et traçabilité à moyenne portée tel qu'un inventaire en temps réel, ou bien le suivi des trains etc.

– **Supra-haute fréquence SHF** 2,45 GHz ou 5,8 GHz (micro-ondes)

La performance dans ces fréquences est presque similaire à l'UHF, avec une sensibilité très élevée aux métaux et liquides. Elle permet une lecture très rapide avec des portées qui dépassent 90 m. cette fréquence est utilisée particulièrement en Outdoor pour des applications tel que le télépéage dans les autoroutes.

Figure 2.9 résume les fréquences de fonctionnements de système RFID.

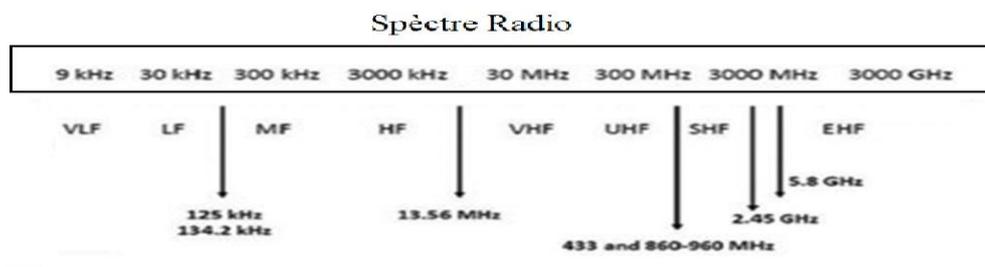


Figure 2.9 Classification selon la fréquence de fonctionnement

Bien que le lecteur puisse avoir plusieurs capacités de fréquence, il fonctionne sur une seule fréquence à la fois.

2.5.4 Selon la fonctionnalité

On peut rencontrer un autre type de classification des systèmes RFID selon leur fonctionnalité. La plupart des tags RFID contenant un code de produit électronique EPC (Electronic Product Code) sont régis par des normes et des directives créées par EPC global. Ce format de standardisation proposée par EPC global comprend un en-tête, un identifiant EPC unique et une valeur de filtre qui sont ratifiées par l'ISO.

Les capacités des tags sont divisées en classes et chaque classe a des capacités spécifiques et est rétro compatible avec la classe précédente. Chaque classe supérieure conserve les capacités et caractéristiques précédentes et ajoute de nouvelles capacités.

– **Classe 0**

Cette classe est également appelée génération 1 Gen 1. Cette génération autorise la lecture plusieurs fois, mais elle ne supporte l'écriture qu'une seule fois (WORM write once read many). Elle est, donc, programmable en usine et non programmable sur site.

– **Classe 1**

La classe 1 comprend 2 générations ; Gen 1 et Gen 2. Les tags de classe 1- Gen 1 sont de type WORM mais peuvent être lus par les lecteurs d'autres sociétés EPC. La Classe 1-Gen 2 sont de type WMRM (Write Many Read Many) avec une mémoire minimale de 256 bits, dont 96 bits pour le numéro EPC. Cette génération Gen 2 a une capacité d'identification supérieure à Gen 1, ils peuvent être lus jusqu'à 10 fois plus vite que Gen 1 et offrent des taux de lecture des tags extrêmement élevés, littéralement 100%, ils peuvent également être lus par tous les lecteurs Gen 2. En outre, due à l'évolution de son circuit intégré, il est 2 à 3 fois plus petit que le premier Gen 1.

Cette classe supporte la mise en service et l'hors service, un contrôle d'accès protégé par mot de passe et un espace de mémoire pour utilisateur en option.

– **Classe2**

Les tags Gen 2 sont disponibles dans une très grande variété de types, de formes et de tailles, ils sont généralement conçus pour des applications spécifiques.

Les tags de classe 2 sont des tags améliorés de classe 1 de Gen 2. Ils contiennent toutes les fonctionnalités de classe 1 plus un Tag ID étendu (TID) ; qui identifie le fabricant du tag, un espace mémoire pour utilisateur étendue, un contrôle d'accès authentifié.

Tous les tags Gen 2 contiennent les mêmes fonctionnalités de mémoire de base suivantes :

- 96 bits pour numéro EPC
- 32-64 bit pour l'identificateur de tag (TID) - identifie le fabricant du tag et dispose également de capacités de lecture et d'écriture
- 32 bits pour le mot de passe de suppression qui peut désactiver définitivement le tag
- 32 bits pour le mot de passe d'accès pour verrouiller les caractéristiques de lecture / écriture du tag

- Un espace mémoire pour utilisateur qui peut excéder 2048 bits

- **Classe 3**

Les tags de classe 3 sont des passifs assistés par batterie, ils sont appelés parfois des tags semi-passifs. L'alimentation n'inclue pas l'antenne.

Toutefois, ces tags de classe 3 communiqueront toujours passivement, ce qui signifie qu'elles nécessiteront un lecteur pour initier les communications et envoyer des informations au lecteur en utilisant soit des techniques de rétrodiffusion ou de modulation de charge.

- **Classe 4**

La classe 4 est la technologie des tags actifs. Ils sont des tags UHF qui contiennent des batteries et peuvent initier des communications avec un lecteur ou avec un autre tag. Les tags de classe 4 n'interféreront pas avec les protocoles de communication des tags de classe 1, 2 ou 3. Ils contiennent un identifiant de tag TID étendu, un contrôle d'accès authentifié, une source d'alimentation, des communications via un émetteur autonome, un espace de mémoire pour utilisateur et des capteurs en option avec ou sans capacités d'enregistrement de données.

- **Classe 5**

Les tags de classe 5 sont des tags actifs même que ceux de classe 4. Ils comprennent un contrôle d'accès authentifié, un identifiant de tag TID étendu, une source d'énergie, des communications via un émetteur autonome, un espace de mémoire pour utilisateur. Ils offrent de plus la possibilité de communication avec les tags et lecteurs de classe 4 et classe 5 et d'autres capteurs et dispositifs électroniques.

Dans Figure 2.10, les classes suscitées dont le système RFID peut se classifier selon sont illustrées.

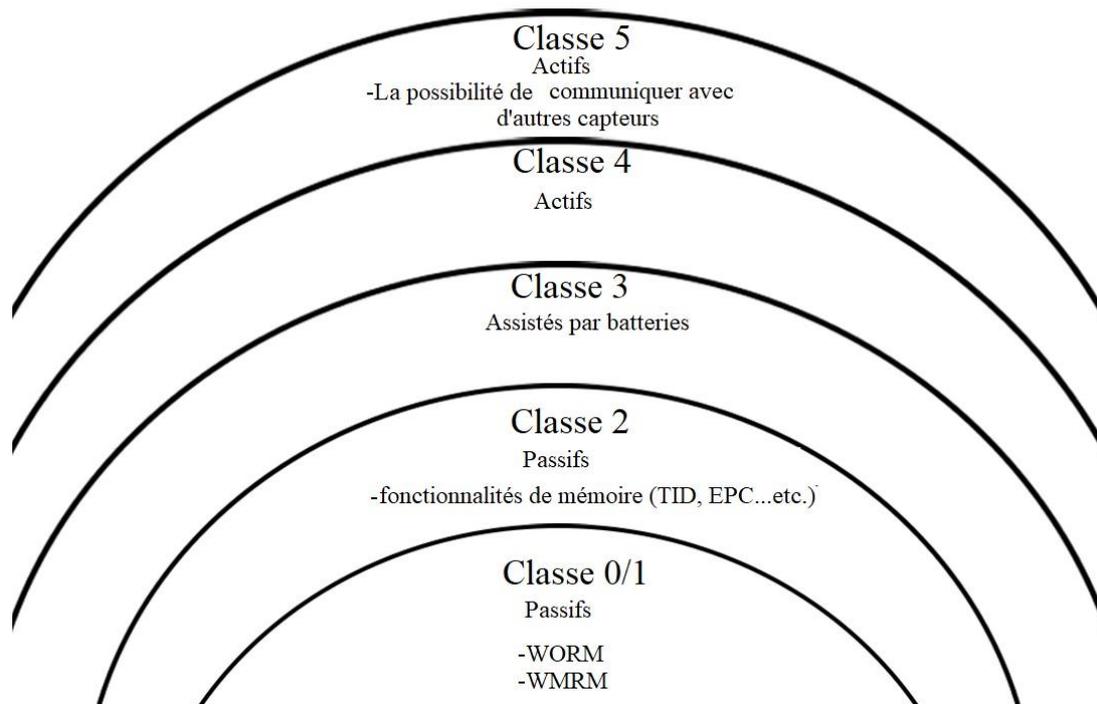


Figure 2.10 Classification selon la fonctionnalité

2.6 Domaines d'utilisation de système RFID

Au début, la technologie RFID était dédiée pour gérer et suivre les articles, puis son utilisation s'est étendue pour atteindre de nombreuses autres applications, parmi elles, nous citons

– La traçabilité des objets

Généralement, les tags qui fonctionnent à basse et haute fréquence (125 à 135 kHz et 13,56 MHz) sont utilisées pour la traçabilité d'objets avec une précision d'une chambre ou d'un bureau "Room Precision Tracability " tels que les livres dans les bibliothèques ou les systèmes anti-vols des marchandises installées dans les magasins, dès lors que cette fréquence n'a pas une grande portée (maximum 0.5 m pour les basses fréquences et 1 m pour les hautes fréquences).

Dans la traçabilité distante des objets, les tags qui fonctionnent à ultra haute fréquence (868MHz ; 915 MHz) et à micro-ondes (2,45 GHz) permettent la traçabilité à longue distance, ces tags sont généralement actifs. À cette fréquence, la lecture n'est

théoriquement pas possible à travers l'eau et donc le corps humain. Toutefois, des solutions ont été apportées, optimisées pour des environnements de travail qui s'imposent.

Il est remarqué que l'adoption de ce système facilite beaucoup la gestion de stockage et d'inventaire, surtout pour les grandes plateformes de livraison.

– **Le contrôle d'accès**

La technologie RFID est couramment utilisée dans les systèmes de contrôle d'accès pour permettre uniquement au personnel authentifié et autorisé d'entrer dans des espaces sécurisés. Généralement, le TID qui distingue un tag d'un autre est la clé d'utilisation RFID dans un programme.

– **Le contrôle de la chaîne du froid**

La traçabilité dans la chaîne d'approvisionnement alimentaire devient de plus en plus nécessaire, le système RFID offre une solution très utile, malgré que la gestion de la chaîne d'approvisionnement pour des produits surgelés et froids ajoute une couche supplémentaire de complexité, généralement, le type des tags utilisés pour ce domaine d'utilisation est semi-passif, ils comprennent des capteurs dédiés pour l'enregistrement des variations de température et de localisations.

Etant donné que la définition de la traçabilité alimentaire a été fournie pour la première fois en 1994 par l'organisation internationale de normalisation (ISO 8402 : 1994) comme la capacité à tracer et suivre une denrée alimentaire, aliments pour animaux, animaux producteurs de denrées alimentaires ou ingrédients, dans toutes les étapes de la production et de la distribution.

Figure 2.11 présente un exemple dont le système RFID est utile pour la traçabilité des produits alimentaires. L'architecture proposée par *Sohail et al. (2018)*.

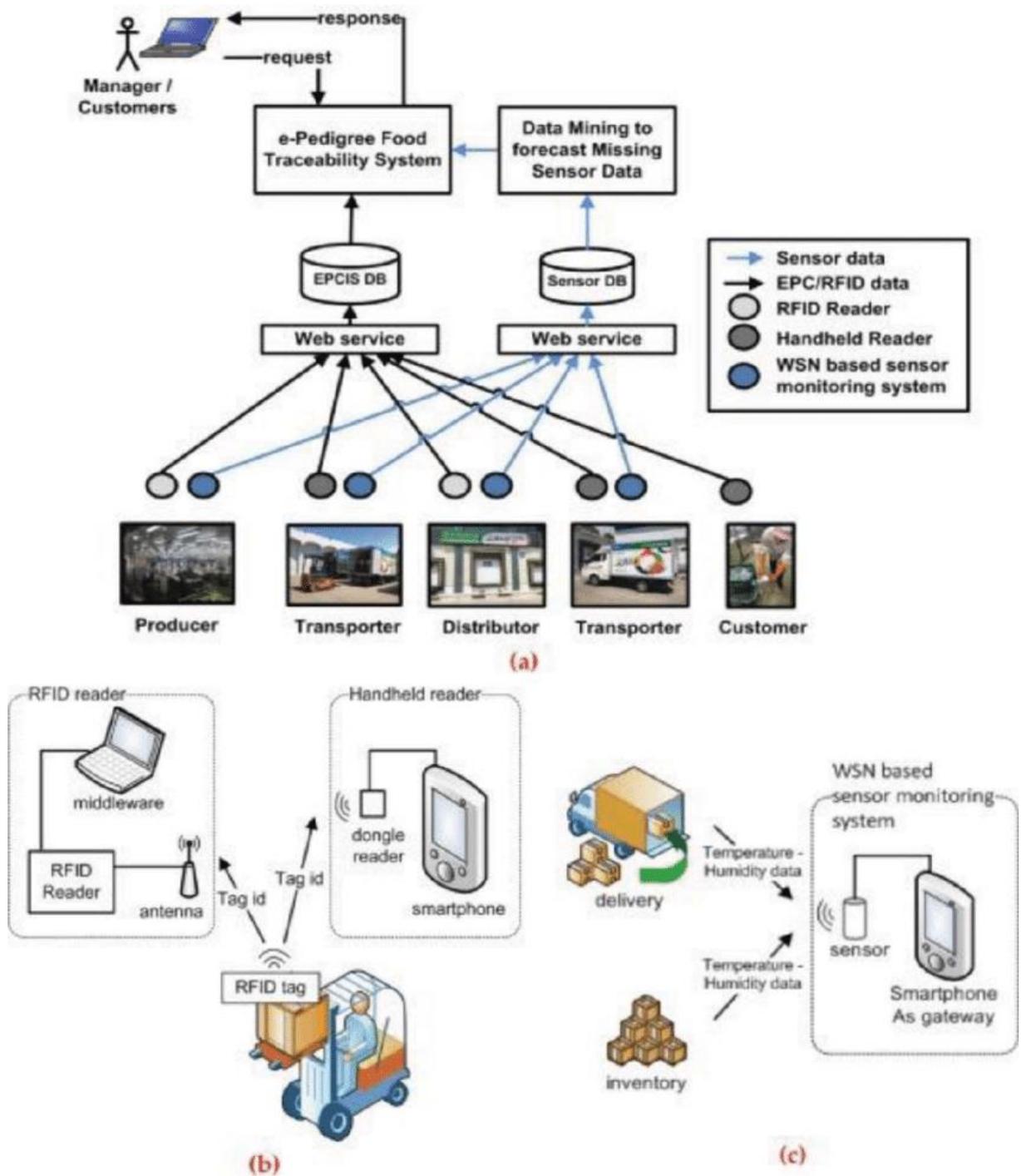


Figure 2.11 La traçabilité de la chaîne de froid en utilisant le système RFID. (Sohail et al. 2018)

– **Le suivi des êtres vivants**

Ces systèmes sont également associés à des capteurs biomédicaux sensibles aux fonctions vitales du corps humain et sont utilisés comme des dispositifs intelligents de suivi et contrôle de l'état de santé des patients.

En plus de de traçabilité incluse dans le suivi de la chaîne de froid mentionné ci-dessus, la technologie RFID elle est utilisée pour les études et documentation des êtres vivants tel que mentionné dans Figure 2.12 ci-dessous.



Figure 2.12 *Lieux visités par un aigles pendant 20 ans. (URL-5)*

Cette utilité permet aux spécialistes d'étudier certains aspects importants de vies d'êtres vivants émigrés, ce qui aide, par exemple, à localiser et explorer des espèces de plantes en se basant sur l'analyse de nourriture d'êtres vivants suivis.

– **Les opérations financières**

Vu la sécurité que cette technologie offre, tous les paiements sans contact qu'on utilise dans notre vie quotidienne ; tel que des cartes de crédit, cartes à puce ou paiement par des smartphones sont à base de la technologie RFID.

– **Le domaine de santé**

Dans ce secteur, la technologie RFID est utilisée dans de nombreuses tâches, tel que, la traçabilité de nouveau-nés, les analyses, la traçabilité des médicaments et des équipements et le suivi des patients atteints de maladies nécessitant des exigences thérapeutiques spécifiques ou d'urgence ; personnes âgées ou souffrant par exemple de la maladie d'Alzheimer ou de diabète. L'utilisation de RFID dans ce secteur est liée aux exigences de sécurité des patients. (Wu *et al.* 2005 ; Ngai *et al.* 2009 ; Yao *et al.* 2010 ; Wamba *et al.* 2013 ; Camacho-Cogollo *et al.* 2020). Figure 2.13 illustre l'utilité de système RFID pour la traçabilité au milieu hospitalier.

CHAPITRE 3

DEPLOIEMENT DE RFID

DANS LE SECTEUR

MEDICAL

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous dressons une revue de la littérature des travaux en rapport avec l'évolution de la technologie RFID et ses utilisations pour des tâches de traçabilité, de localisation et de management au milieu hospitalier. Nous commençons par quelques travaux relatifs aux technologies qui sont courantes dans le secteur de santé, et nous terminons par exposer les entraves et les défis techniques qui font face au déploiement de la RFID dans le domaine de la santé.

3.2 Revue de la littérature

3.2.1 Historique

La Radiofréquence identification RFID qui a récemment connue une grande évolution et pénétré un large nombre de domaines de notre vie quotidienne, tire ses racines depuis la 2^{ème} guerre mondiale, où elle a été introduite pour distinguer les avions ennemis descelles amis. Les Britanniques équipaient leurs avions de transpondeurs afin de répondre aux interrogations de leurs radars.

Après l'invention et le développement du circuit intégré dans la fin des années 60s, la RFID était une tendance de recherche théorique et expérimentale. Les développeurs, inventeurs, établissements universitaires et même les gouvernements ont travaillé activement sur la RFID avec des avancées notables. En 1975 le travail de (*Koelle et al. 1975*) était une grande contribution, où il introduisait des solutions pratiques dans la modulation du signal rétrodiffusé, c'était la base des premières tags passifs pratiques avec une plage de lecture acceptable (des dizaines de mètres).

Dans les années 80, cette technologie a connu une explosion et succès mondiaux, la fabrication des tags identiques était à grande échelle, grâce aux circuits CMOS à basse tension, les mémoires mortes ROM et les mémoires non volatiles EEPROM. Un système à basse fréquence (125 kHz) a été développé comportant des tags plus petits. Parmi les premiers domaines touchés par cette technologie après le domaine militaire, c'était l'agriculture. Un tag encapsulé dans le verre pourrait être injecté sous la peau des animaux, ce système est encore utilisé chez les vaches dans le monde entier. Les plus grands intérêts de la RFID aux États-Unis étaient pour le transport, l'accès de personnel et, dans une moindre mesure, les animaux. En Europe, les utilisations principales portaient sur le suivi des animaux et les applications

industrielles, bien qu'en Italie, France, Espagne, le Portugal et la Norvège les routes à péage ont été équipées avec la RFID.

Les entreprises ont commercialisé des systèmes à 125 kHz puis ont augmenté le spectre radioélectrique à haute fréquence (13,56 MHz), qui était non utilisé dans la plupart des régions du monde. Cette haute fréquence offre une plus grande plage de lecture et des taux de transfert de données plus rapides, elle était utilisée en Europe pour suivre les conteneurs réutilisables et les autres actifs. Le développement de l'ordinateur personnel (PC) a permis une collecte pratique et économique des données de systèmes RFID et a facilité ses gestions. C'était un grand facteur d'expansion de la technologie à travers le monde, sauf que la taille des circuits était encore un facteur limitant. Les tests de la RFID pour la collecte des péages avaient été pendant de nombreuses années, et la première application commerciale a commencé en Europe en 1987 en Norvège qui a été suivi rapidement aux États-Unis par le Dallas Nord Turnpike en 1989.

Au début des années 1990, les ingénieurs de la société IBM ont réussi à développer et breveter un système RFID à ultra-haute fréquence UHF qui a offert une longue plage de lecture et un transfert de données plus rapide. La RFID a tenu aussi l'attention des grandes compagnies en Europe tels qu'Alcatel, Bosch, Philips et Tagmaster qui sont devenues actifs dans la course d'amélioration de la RFID. Le développement des tags RFID a trouvé un avancement précieux ; lorsque les diodes micro-ondes Schottky avaient pu être intégrées dans la technologie CMOS, à la fin des années 90 ; ce déploiement a permis au circuit du tag d'être entièrement contenu à l'intérieur d'un seul circuit intégré (RFID ASIC). Ça annonça la naissance des tags passive modernes. Ils peuvent être fabriqués sous la forme de Tags minces collants équipées d'antennes planaires, qui pourraient être facilement attachés à l'objet à gérer.

Au début des années 2000, la RFID est devenue largement populaire et se répandait dans le monde entier avec une pénétration croissante du marché. Beaucoup d'efforts ont concerné l'élaboration des normes pour réglementer les protocoles de communication dans les différents pays. Le travail d'organisations comme la Conférence européenne des postes et télécommunications CEPT et l'organisation internationale de normalisation (ISO), a conduit à de nombreux protocoles utilisés jusqu'aujourd'hui.

3.2.2 RFID et la santé

La sécurité des patients est un objectif ancré au cœur des pratiques des professionnels et du système de santé. Dans la partie de gestion, plusieurs technologies ont interféré dans le secteur de santé, leur utilisation principale est pour faciliter la traçabilité des patients, des personnels et des équipements médicaux. La fonction d'identification et le transfert rapide des données sont des privilèges qui font favoriser la technologie RFID parmi les autres, surtout dans la localisation à l'intérieur. Les travaux qui suivent s'occupent de la sécurité des patients, avec un focus sur l'effet de la RFID sur la gestion.

Figure 3.1 aborde l'arbre qui simplifier les sujets traités dans le présent état de l'art.

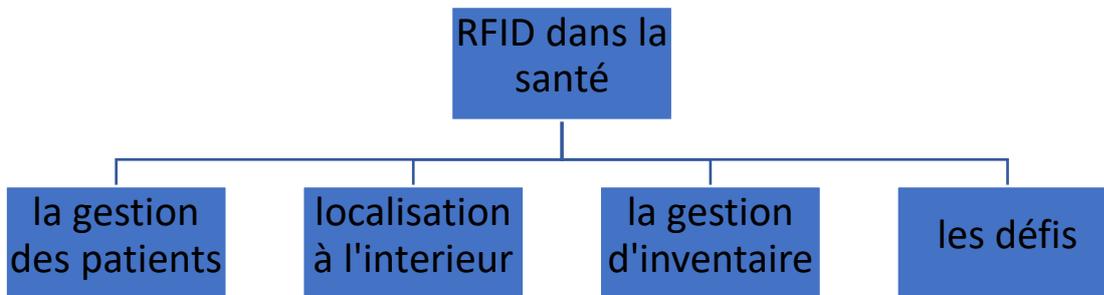


Figure 3.1 *L'intervention de la RFID dans la santé*

La technologie de code barre a pénétré tous les domaines, elle est utilisée pour identifier tous les articles à vendre. Son intégration aux hôpitaux a été étudié par *Truitt et al. (2016)* qui ont évalué les effets de la mise en œuvre de l'administration de médicaments à code-barres et la technologie de l'enregistrement électronique des médicaments en milieu hospitalier. Ils ont étudié un cas dans un centre médical académique de 400 lits avant et après l'implantation d'un système à code barre ; et ils ont trouvé que le taux d'erreurs de dispensation des médicaments a considérablement diminué de 0,26% à 0,20%, les erreurs de prescription de 0.089% à 0.036% ainsi que les erreurs d'administration après la mise en œuvre de la technologie.

Le travail de *Sun et al. (2008)* est basé sur l'intégration des codes à barres et des tags RFID, dans le but de rendre l'environnement de soins efficace et fiable aux patients, et pour

prévenir le risque d'erreur de médicaments. Ils ont montré que le système peut renforcer la sécurité des patients, à travers une évaluation de la satisfaction des utilisateurs, une fiabilité de 0,92 et un critère lié la validité de 0,82.

Dans l'étude de *Sakowski et al. (2013)*, les auteurs ont fourni des informations concernant le prix d'intégration d'un système code barre dans les hôpitaux, les coûts comprenaient les dépenses directes en immobilisations, l'infrastructure, le personnel supplémentaire et les coûts du temps pour le personnel existant travaillant sur le projet, en collectant les données de quatre hôpitaux. Ils ont trouvé que le coût de la mise en œuvre et de l'exploitation de la technologie code-barre, y compris la gestion électronique des pharmacies et le reconditionnement des médicaments sur 5 ans, est de (35 600 \$ à 54 600 \$) par lit et de 2 000 \$ à 2 600 \$ par erreur nocive.

Parmi les solutions adoptées pour améliorer la sécurité des patients, la prescription informatisée et la télé médecine. *Deslich et al. (2014)* ont fait une étude qualitative de la télé médecine basée sur des littératures qui sont des « études de cas ». Ils se sont limités aux publications en anglais pendant 10 années, ils ont trouvé que malgré un coût de démarrage qui peut atteindre 100 000 \$ par lit, il reste encore bénéfique d'utiliser cette méthode en réduisant la période de séjour, ce qui fait que la télé médecine représente un moyen efficace pour réduire les coûts des soins intensifs.

Dans le travail de *Poon et al. (2004)*, les chercheurs ont montré les obstacles qui empêchent la mise en place de prescription informatisée E-prescription malgré son efficacité à prévenir des erreurs graves de médication. Dans leur travail ils ont interviewé la direction qui gère 26 hôpitaux pour trouver des façons de surmonter les obstacles à l'adoption. Ils ont trouvé que les hôpitaux qui accordent une grande priorité à la sécurité des patients pourraient plus facilement justifier le coût d'implantation.

Dans l'article de *Wylid (2008)*, l'auteur a étudié le problème des ordonnances contrefaites, et comment protéger la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique contre les médicaments contrefaits pour protéger la santé publique, il a démontré que la RFID constitue la seule méthode efficace qui peut fournir une traçabilité électronique pour les médicaments d'ordonnance.

Dans la partie gestion de la sécurité des patients, la technologie RFID a fait l'objet d'une littérature riche, en l'intégrant dans le système d'information de l'hôpital SIH. Dans ce

qui suit une revue de la littérature qui met en évidence l'avantage d'adoption de la RFID et le SIH.

Dans un travail intéressant et dans une optique d'introduction de la RFID à l'hôpital, *Fan et al. (2005)* ont proposé un Framework, ils ont intégré la technologie RFID dans le système d'information de l'hôpital SIH pour la gestion des médicaments. Ce système associé aux tags RFID peut identifier automatiquement l'identité du patient, comparer les médicaments qu'il prend, puis synchroniser l'enregistrement dans le dossier médical du patient. Avec ce système, la discordance, le surdosage ou les erreurs médicamenteuses peuvent être alertés puis éliminés.

Dans le travail de *Pérez et al. (2017)*, les chercheurs ont développé une solution basée sur la technologie RFID qui a pour objectif de faciliter la traçabilité des données des patients et des médicaments, et les rendre accessibles aux médecins et pharmacies. Ce travail est basé sur l'utilisation d'un système mixte, des tags RFID passifs pour les patients tandis que les médecins et les infirmières sont équipés par des tags actifs et utilisent des tablettes connectées au système d'information de l'hôpital pour l'informatisation de prescription et dispensation.

Dans le cadre du suivi des interventions cliniques telles que l'administration des médicaments et analyses de sang au lit du patient, et dans le but d'une comparaison avec un système d'administration à code barre, *Ohashi et al. (2010)* ont développé un système de suivi automatique sans fil. Ils ont conclu que le système a un grand potentiel et efficacité pour réduire les erreurs médicales et la charge de travail pour les infirmières.

Dans le cadre des hôpitaux intelligents, *Wamba, et al. (2013)* proposent l'intégration de la technologie RFID le représentant de « l'Internet des objets IOT » dans le domaine de santé, l'objectif principal des chercheurs dans cette étude est d'évaluer l'importance de la technologie RFID dans le secteur de la santé et aussi montrer l'impact de la RFID sur les processus liés à la gestion des biens dans les soins de santé en utilisant une étude par la méthode Delphi.

Pour prévenir les erreurs médicamenteuses, *Agrawal (2009)* a étudié l'impact d'utiliser un système SIH pour la prévention contre les erreurs de médication, il a trouvé que l'utilisation d'une technologie comme par exemple système à code-barres peut diminuer les erreurs médicales à l'hôpital, en se basant sur des statistiques.

Une autre étude qui montre la pertinence du système RFID est de *Wang et al. (2013)*, dont les chercheurs ont proposé l'introduction de la technologie de l'identification RFID dans

le système d'information de l'hôpital pour éviter les erreurs médicales et même les accidents, leur travail s'est focalisé sur la vérification d'exécution des ordres du médecin ; en basant sur la collection d'information en utilisant le système RFID.

Dans le but de la valorisation du système RFID Zare Mehrjerdi (2010) a fait une étude pour décrire les points clés de la RFID, les adoptions technologiques, les risques et les avantages, et les domaines de ses applications dans le secteur de la santé, il a trouvé qu'on peut utiliser des solutions RFID pour réduire les coûts d'exploitation en réduisant les coûts de main-d'œuvre, les coûts liés à l'assurance, les risques associée à des erreurs médicales, et des erreurs dans le remplissage de médicaments en pharmacies, il a fourni même des statistique à propos des coût des tags et lecteurs.

Le travail de *Gagnon et al. (2012)* représente une référence importante, car les chercheurs dans cette étude ont fourni une revue de littérature comprenant 101 articles décrivant les facteurs qui peuvent influencer l'adoption des technologies de l'information et de la communication dans le secteur de santé. Les problèmes de conception, les problèmes techniques, la connaissance des techniques de communication et le temps, étaient les facteurs limitants les plus fréquemment identifiés. Par la suite, ils ont proposé des stratégies qui peuvent efficacement encourager l'adoption réussie des technologies déférentes dans les environnements professionnels de la santé.

En outre l'étude de *Yao et al. (2010)* passe en revue la littérature sur les applications RFID dans les soins visant à identifier les opportunités actuelles, en matière des potentiels, des avantages et des obstacles concernant l'adoption. Leur étude conclut que la plupart des fournisseurs de soins ont indiqué que la RFID est fonctionnelle et utile.

Dans l'étude de *Varshney (2006)*, l'auteur a discuté la manière dont les technologies sans fil peuvent être appliquées dans l'environnement de santé, incluant la technologie d'identification par radiofréquences. De plus, certains problèmes et défis ouverts sont également discutés.

Dans la recherche *Setia et al. (2011)*, les auteurs ont examiné les impacts de l'utilisation de systèmes informatisés y compris les technologies telles que le code-barres et l'identification par radiofréquences sur la performance financière des hôpitaux. Ils ont constaté que la longévité de l'architecture des applications informatiques a un effet important sur la performance financière.

En ce qui concerne la partie de traçabilité, le système RFID est utilisé aussi pour la localisation des nouveau-nées, la conformité d'hygiène des mains, le traçage du sang et des équipements médicaux. *Ou et al. (2012)* ont utilisé la technologie RFID avec ses fonctions d'identification, de suivi et de répétition de lecture-écriture, et l'ont appliqué à l'identification de l'identité du nouveau-né, de la naissance à la sortie de l'hôpital. Grâce à ce système, la précision d'identification de l'identité du nouveau-née et la livraison de ses médicaments peut être améliorée.

Dans le travail de *Lin et al. (2011)*, les auteurs ont développé un système contre l'enlèvement des enfants et qui peut améliorer la sécurité des nourrissons dans les hôpitaux. Ils ont développé un système RFID actif qui suit la température des nouveau-nés. Ce système peut mesurer la température du corps à travers le capteur proche infrarouge attaché au poignet du bébé et d'estimer l'emplacement du sujet à travers le signal reçu par le réseau de lecteurs RFID. Il peut alerter sur une situation anormale avec un texte, voyant d'avertissement ou une alarme.

Dans le cadre de la prévention contre les infections contractées à l'hôpital *Pineles et al. (2014)* ont proposé de tracer la Conformité d'Hygiène des Mains (CHM) dans les cliniques en utilisant la RFID en la comparant à la norme actuelle de surveillance de la conformité qui est l'observation visuelle directe. Ils ont fait un essai comparatif entre les deux méthodes dans deux hôpitaux, pour évaluer l'utilisation de la RFID dans pour estimer la CHM. Au total, 1554 événements d'Hygiène des Mains ont été observés. Les résultats ont montré que la précision pour l'identification des événements liée à l'hygiène des mains était élevée dans le cadre de la l'étude par simulation (88,5%) mais relativement faible dans le cas de vérification réel (52,4%) ce qui signifie qu'à peu près la moitié des cas non validés.

Albert et al. (2017) ont proposé une solution qui vise l'amélioration de prévention contre les infections contractées à l'hôpital ICH par le traçage de la conformité d'hygiène des mains (CHM), ils ont proposé un algorithme basé sur l'utilisation d'un système de vision non intrusive et l'ont comparé aux observateurs et un système RFID. Une précision de 75% atteinte dans le traçage de CHM par rapport à 63% pour les observateurs et 18% pour la RFID.

Pour éviter le risque mortel causé par la transfusion de sang, *Jiang et al. (2006)* ont proposé un système basé sur la RFID et deux autres technologies. Un capteur d'empreintes digitales est adopté pour permettre le processus d'identification fiable et crédible du donneur

de sang et un tag RFID est utilisé pour la gestion pratique de l'information sur le sang. En outre, le GPRS est appliqué dans ce système afin que les données entre le fourgon et le centre puissent être transmises en temps réel. Ce travail vise la conformité en type et en qualité de sang la plus sûre possible pour les récepteurs.

Par ailleurs, dans le travail de (*Kim et al. 2007*), les chercheurs ont ramené une solution contre le risque de d'erreur de concrétisation de sang qui est de mauvais type ou a dépassé la température normale, pour leur travail ils ont combiné un système utilisant l'identification par radiofréquence (RFID) et la technologie de réseau de capteurs omniprésent (ubiquitous sensor network USN). Ce système peut suivre la température de la banque sanguine, suivre l'emplacement des sacs de sang, et peut confirmer que le sac de sang attribué a été transporté au patient prévu dans le besoin de transfusion.

Pour tracer les équipements médicaux *Cambre et al. (2009)* ont développé et breveté un système de commande basé sur la RFID pour assembler et vérifier les équipements chirurgicaux sortants correspondant à une chirurgie particulière. Ce système permet de localiser et gérer les équipements chirurgicaux dans les cliniques.

Dans le travail de *Wass et al. (2009)*, les auteurs ont inventé et breveté un système et un procédé pour suivre des fournitures médicales, et en particulier des articles médicaux individuels, jusqu'à la fin du cycle de vie du produit. Leur invention est composée d'un cabinet d'alimentation médicale, comportant un lecteur pour lire des tags RFID avec un système de gestion qui permet la surveillance de la consommation des fournitures médicales RFID ce qui a des bénéfices dans la gestion de stock et l'inventaire.

Dans la partie de gestion de la chaîne logistique et d'inventaire, le système RFID a prouvé son efficacité comme nouvelle alternative, par exemple dans *Bagchi et al. (2007)* qui ont présenté des arguments qui prouvent que le système RFID est supérieur à la technologie existante en réduisant le coût total de l'inventaire. Ils ont trouvé que la RFID peut réduire le temps moyen de cycle des stocks qui agit directement sur le coût d'inventaire. Aussi la transmission rapide des données par RFID, permet d'éviter des stocks excessifs.

Dans le cadre du management de chaîne logistique, le travail de *Sarac et al. (2010)* vise à étudier l'impact de la technologie RFID dans l'amélioration de la gestion des chaînes d'approvisionnement, ils ont montré dans leur revue de littérature que le système RFID peut réduire les pertes d'inventaire, augmenter l'efficacité et de la rapidité des processus et en améliorant la précision de l'information.

(ÇAKIÇI *et al.* (2011) ont analysé l'impact de comptabilité automatique en temps réel offerte par le système RFID par rapport au système à code barre en étudiant un cas dans un service de radiologie, ils ont expliqué l'avantage de traitement des informations en temps réel, ils ont trouvé que l'adoption du système RFID diminue le coût de gestion d'inventaire pharmaceutique, et rend facile sa maîtrise.

L'objectif principal de projet de *Ganguly et al.* (2018) est d'éliminer le système papier et de mettre en œuvre un système numérique pour le stockage à long terme des données médicales et de faciliter la recherche médicale. De plus, cela permet de lutter contre les problèmes du système traditionnel ; tel que les pertes des données médicales qui survient presque tout le temps et qui empêche de réutiliser cette énorme quantité de données pour des recherches ultérieures. En utilisant un système basé sur la RFID, les patients pourront obtenir de meilleurs soins de santé en moins de temps et de manière organisée. Le partage de données entre les départements et les sections se fera en quelques secondes et sans nécessiter de main-d'œuvre ou de temps supplémentaire.

D'autre part, dans le travail de *Romero et al.* (2015), les auteurs ont suggéré la combinaison entre le système code-barre et la technologie d'identification par radiofréquence RFID, les chercheurs se sont focalisés sur l'aspect empiriques à propos des possibilités d'amélioration de la logistique interne liée aux pharmacies hospitalières. Deux questions ont été traitées, l'état de situation actuelle, les bénéfices tirés de l'adoption d'une solution Track-and-Trace basée sur des codes-barres et / ou RFID. La recherche sur le terrain a été menée dans quatre hôpitaux et dans cinq organisations externes liées à la gestion des médicaments. Les données quantitatives et qualitatives ont été analysées principalement par l'analyse du contenu et la cartographie des processus. Enfin, les résultats démontrent que l'importance relative des bénéfices tirés d'un système de traçabilité diffère en fonction de la configuration choisie : que ce soit à base de code-barres seul, de RFID seule ou de la combinaison des deux.

Un système de surveillance et d'assistance basé sur une gestion intelligente a été conçu dans le travail de *Abdulkadhim, et al.* (2020), dont l'objectif est de concevoir une plateforme de stockage de données dans le cloud et la mise en œuvre d'un système qui détermine le type de médicament et calculer la dose pour chaque patient en fonction de l'état du patient. Le système est réalisé en connectant chaque article (flacon de médicament) à un dispositif RFID pour assurer que l'arrivé au patient est le bon médicament, les boîtiers/flacons de médicament sont équipés des capteurs de poids. Toutes les informations sont transmises à l'unité de contrôle puis téléversé sur Internet.

Dans l'étude de *Del Carmen León-Araujo et al. (2019)*, les chercheurs ont conduit une étude pendant 6 mois, où ils ont évalué et mis en œuvre une armoire intelligente basée sur la RFID. Ils ont évalué, sur une base mensuelle, le système en estimant la rupture de stock, l'inadéquation des stocks, le réapprovisionnement urgent, l'attribution de produits médicaux de grande valeur aux patients et le temps alloué par le personnel d'encadrement à la gestion des stocks. Leurs résultats montrent :0% de rupture de stock et 0% de non-concordance de stock. La RFID a été observée au cours de l'étude. Les pourcentages mensuels de produits nécessitant un réapprovisionnement urgent allaient de 0% à 13,3%. Aucune attribution incorrecte aux patients de produits chirurgicaux ou de prothèses n'a été détectée. Le pourcentage d'affectations correctes est passé de 36,1% à 86,1% à 100% au cours des 4 à 5 premiers mois. Le temps moyen total alloué par le personnel d'encadrement à l'ensemble de la chaîne logistique a été réduit de 58% (995 min avec le système manuel traditionnel contre 428 min avec la RFID). En conclusion, le système RFID a la capacité de surveiller à la fois la traçabilité et la consommation par patient de produits chirurgicaux de grande valeur et a contribué à un gain de temps significatif.

Haddara, et al. (2020) ont établi une revue de la littérature, dans laquelle ils explorent les potentiels et les défis d'adoption de la RFID dans le secteur de la santé, en mettant l'accent sur la sécurité des patients. Etant donné que, la technologie d'identification par radiofréquence (RFID) est envisagée comme une innovation disruptive dans le domaine de la santé et représente plusieurs opportunités pour une sécurité accrue. Cependant, l'adoption de la RFID dans la santé est toujours en retard par rapport aux autres industries. Leurs résultats suggèrent que les coûts élevés d'adoption, les problèmes de sécurité et de confidentialité et les risques pour la sécurité humaine sont les principaux obstacles à l'adoption.

Une solution pratique et efficace proposée par *Sharif et al. (2019)*, où ils proposent une antenne de tag RFID à faible coût ; imprimé par jet d'encre conçu pour des applications de soins à distance. Le petit tag se compose d'une configuration de fentes imbriquées et de bandes parallèles. L'antenne de tag est exploitée comme un capteur en modifiant son circuit équivalent pour diminuer les effets de l'eau, des effets de mouvement sanguin et du corps humain. En conséquence, l'antenne de tag RFID proposée avec des dimensions compactes, présente une correspondance avec la micropuce RFID « Impinj » conçue. En outre, ce tag a une portée de lecture de 3 m, 2,5 m et 1,5 m sur la bouteille d'eau, la solution intraveineuse IV et la poche de sang, respectivement. Cependant, la plage de lecture de tag RFID sur une bouteille d'eau vide ou un sac de solution IV est de 0,5 m. En comparant la plage de lecture de

tag sur les sacs vides et remplis de solution, le tag proposé peut également être utilisé comme capteur de proximité de l'eau.

Dans le cadre du management, l'auteur *Thayananthan (2019)* propose un rapprochement basé sur l'IoT, la 5G et les dernières technologies tel que le système RFID. Cette recherche fournit une méthode efficace pour résoudre les problèmes relatifs à la disponibilité du traitement dans les établissements sanitaires. En outre ils démontrent comment cette approche représente une manière efficace de gérer les données médicales. Dans leur méthode, les technologies de l'information et communication TIC basées sur les réseaux 5G, l'IoT sont les principaux composants de prise en charge des patients et des personnes âgées via les applications E-Health appropriées. En conséquence, ils ont trouvé, en se référant à la précision et la qualité des services des soins et la satisfaction des clients, que les TIC basées sur la RFID et les dernières technologies comme la 5G améliorent la disponibilité thérapeutique dans les établissements sanitaires et ont la capacité de gérer les données médicales de patients ce qui augmente leur satisfaction.

Une autre solution de management a été proposé par *Urbano et al. (2020)*, elle consiste en une conception et validation d'un système de traçabilité, basé sur la technologie RFID et les services de l'Internet des objets (IoT), destiné à résoudre les problèmes d'interconnexion et des coûts de mise en œuvre typiques des systèmes de traçabilité. La couche RFID intègre des capteurs de température dans les tags RFID, pour suivre et tracer les conditions alimentaires pendant le transport. Le paradigme IoT permet de connecter plusieurs systèmes à la même plateforme, en résolvant les problèmes d'interconnexion entre différents fournisseurs de technologies.

Dans le travail de *Khalil et al. (2019)*, une nouvelle méthode d'identification des patients à l'aide de la technologie d'identification (RFID) est proposée. Ce papier explique le concept de dossier médical électronique et explique comment utiliser la technologie RFID pour créer une carte médicale électronique pour les patients. La méthodologie proposée vise également à identifier rapidement les patients en cas d'urgence à l'aide du lecteur de carte magnétique, qui fournit des informations médicales pour le dossier patient. Etant donné que les dossiers médicaux jouent un rôle important dans le processus de prestation de soins dans les hôpitaux et dans divers types d'établissements médicaux, cela aide également les médecins qui sont présents dans l'ambulance du patient. Cette méthodologie proposée peut être crucial dans certains cas d'urgence où les patients ne peuvent pas fournir leurs informations à l'hôpital car ils ne connaissaient ni leur identité ni leurs antécédents médicaux.

Dans le but de traiter le manque d'efficacité et de précision que les systèmes existants de traçabilité tel que le Système de Positionnement Global GPS, capteurs, Wi-Fi, infrarouge IR, signaux cellulaires... etc. Lors de l'amélioration de la localisation des patients à l'intérieur de l'hôpital pour optimiser les ressources disponibles (médecins, infirmières, personnel et équipement) a aussi intéressé des chercheurs. Le système proposé par *Chhetri et al. (2019)* comprend un indicateur de force du signal reçu RSSI avec les méthodes existantes de localisation centroïde pondérée WCL améliorant la force du signal reçu du tag et déterminant la position exacte de tag en mouvement en réduisant l'erreur de localisation et en améliorant le temps de traitement. Le suivi efficace du patient en mouvement à l'intérieur de l'hôpital avec un temps de traitement réduit de 86 ms à 52 ms et 116 ms à 97 ms, réduction d'erreur de localisation de 0,08 m à 0,03 m et de 0,18 m à 0,15 m en fonction du nombre de tags déployés. Ainsi, cette solution permet la gestion intelligente hospitalière avec un suivi précis des patients en mouvement pour une allocation efficace de personnels disponibles.

Dans le travail de *Balog et al. (2020)*, les chercheurs développent une solution pour surveiller les médicaments et le consommable médical. Ils ont décrit les principes existants de surveillance des médicaments dans les établissements de santé en plus de la méthode proposée ; le système de comptabilité d'identification automatique, qui est destiné pour la gestion des stocks et la comptabilité. Le système comptable proposé dans ce travail, est basé sur l'étiquetage RFID du médicament, il a été simulé par mouvement réel des médicaments à travers les points de comptabilité à l'aide d'un système conçu de comptabilité des médicaments. En outre, des méthodes efficaces d'étiquetage RFID et de transport des médicaments lors de la manutention du matériel dans l'entrepôt ou aux points de comptabilité ont été testées. Ils ont trouvé que la mise en œuvre des technologies d'identification tel que RFID, a un effet positif sur la qualité des services et l'efficacité du mouvement des médicaments et du contrôle de la date d'expiration.

Bien que l'identification par radiofréquence soit une technologie de traitement complète qui a conduit à une révolution dans l'industrie et la médecine comme alternative aux codes-barres commerciaux, et qu'elle est même utilisée pour suivre les médecins et les patients, cependant, les problèmes de sécurité et de confidentialité n'ont pas encore été résolus de manière satisfaisante. Les défis techniques et économiques dans ce sens sont nombreux. Ces solutions doivent être bon marché, efficaces, fiables, flexibles et durables. Dans l'article de *Damghaniet et al. (2019)*, quelques recherches et techniques actuelles sur les problèmes de confidentialité et de sécurité ont été étudiées dans la méthode d'identification par

radiofréquence dans un but de sécurité. Ils ont trouvé que pour atteindre un certain niveau de sécurité individuelle acceptable, de multiples technologies de développement de la sécurité RFID devraient se combiner les uns avec les autres.

Dès que le système RFID est excepté de servir en qualité d'un système de gestion de distribution alternative amélioré au système code-barres. Le fait qu'une antenne de tag peut être identifiée même lorsqu'elle est fixée à une surface d'un métal ou d'un diélectrique à pertes élevées est développée, une haute précision et une automatisation de la gestion de divers produits peuvent être attendues.

Pour assurer la qualité des solutions RFID, des améliorations doivent être apportées dans la détection des objets dans différents environnements, tel que les milieux aqueux. Dans l'article de *Kadono et al. (2019)*, les chercheurs développent une antenne de tag pour le système UHF-RFID qui peut être attaché à des conteneurs tels que des échantillons de sang ou des médicaments liquides. Ce qui permet une traçabilité automatisée précise à l'intérieur.

D'autres part, *Lahiri (2011)* a proposé une invention, avec un procédé, un système et un programme informatique pour créer et gérer des empreintes digitales d'identification par radiofréquence RFID pour garantir l'authenticité de l'article. Le procédé comprend la réception d'un signal détecté depuis au moins un lecteur RFID résultant d'au moins un tag RFID apposée sur un objet cible. La méthode proposée permet l'extraction d'une tension produite par le tag RFID à partir du signal détecté. Enfin, le procédé inclut le stockage de la tension sous forme d'empreinte digitale pour l'objet cible, pour une comparaison ultérieure avec une autre empreinte digitale afin de déterminer si l'objet d'authentification est ou non l'objet cible.

Dans le travail de *Costanza et al. (2016)*, les chercheurs évaluent les effets environnementaux sur les performances du système RFID commercial basé sur des tags passifs. L'étude empirique est conduite dans une salle standard qui est supposée comme scénario de test, et l'évaluation de l'émission de champ ainsi que le seuil de puissance minimum requis pour une détection précise en présence d'obstacles est effectuée. Ces mesures préliminaires obtenues par l'étude pratique peuvent être utilement appliquée pour mettre en œuvre correctement les potentialités ainsi que les limites des systèmes RFID lorsqu'appliqué pour le suivi précis surtout pour des domaines critiques tel que la santé.

Les auteurs dans l'article *Farhat et al. (2017)*, étudient l'influence d'un environnement particulier sur les performances des tags RFID UHF passifs attachés à des produits présentés

dans un magasin. Les effets de l'environnement de champ proche et de l'environnement de champ lointain sont mis en évidence successivement et séparément en comparant les résultats de mesures effectuées dans différents types de configurations. Ces configurations sont respectivement le cas d'un tag seul, d'un tag attaché à un article. Environ 600 articles tagués d'un tag RFID chacun, disposés sur des étagères dans une chambre anéchoïque puis dans un vrai magasin. Cette approche permet de relever le comportement similaire de groupes de tags ce qui pourrait améliorer la détection même lorsqu'ils sont placés en groupe.

Etant donné que les performances d'un système RFID peuvent être réduites lors de son fonctionnement dans des conditions atmosphériques extrêmes, *Choudhary et al. (2020)*, ont mené une étude expérimentale, une analyse statistique et une optimisation de la plage de lecture du système RFID basse fréquence par rapport à quatre paramètres d'entrée majeurs. Il s'agit des tailles de grains de sol sableux variables qui sont présentes entre le lecteur RFID et le tag, la température, l'humidité et l'épaisseur de la couche de sol sableux. En outre, l'optimisation est effectuée en utilisant la méthodologie de surface de réponse MSR. Ils ont trouvé que la valeur maximale de la plage de lecture que le système RFID BF peut atteindre est de 118,14 mm pour la combinaison optimale des variables d'entrée, c'est-à-dire la température, l'épaisseur de la couche de sol, l'humidité relative et la granulométrie du sol qui sont de 25,606 ° C, 0 mm, 35% et 2 mm respectivement.

3.3 Etat récapitulatif et défis actuels

Il ressort de ce qui a été présenté avant que la technologie RFID est très courante aujourd'hui dans de nombreux secteurs commerciaux et industriels pour des tâches de traçabilité, de localisation et de management, mais le taux de déploiement est réduit dans le secteur médical, dès lors que dans un tel domaine l'erreur est payable ; car il peut conduire à des situations graves voire fatales, et surtout quand il est utilisé avec une dépendance totale.

Des chercheurs ont constaté que la lecture des tags RFID peut s'affecter par plusieurs facteurs, tel que les environnements aqueux, métalliques, les interférences électromagnétiques, et la collision.

– Environnement aqueux

La RFID, comme toutes les technologies radio, n'est pas adaptée au travail en présence d'eau, puisque l'eau n'est pas un conducteur naturel, mais la présence de sels dissous ou d'autres matériaux en fait un conducteur partiel. Les ondes électromagnétiques ne peuvent pas

traverser les conducteurs électriques : cela signifie que dans la plupart des cas, les ondes radio ne peuvent pas être utilisées pour communiquer sous l'eau. Toutefois, des études tels que ci-dessus ont prouvé que la chance de transmettre des signaux radio sous l'eau dépend principalement de deux facteurs : la conductivité de l'eau et la fréquence de l'onde radio. Et puisqu'il n'est pas possible de modifier la conductivité de l'eau pour augmenter la possibilité d'utiliser les ondes radio sous l'eau, il reste qu'un seul facteur qui peut être modifié pour augmenter les performances qui est évidemment la fréquence radio.

– Environnement métallique

La lecture de radio-tags posés sur des objets situés dans un conteneur métallique est plus difficile. Du fait de la présence d'un plan de masse, l'accord de l'antenne du tag est modifié. Ceci peut réduire de manière drastique la distance de lecture. De nouvelles familles de tags intègrent la présence d'un plan métallique dans le design de l'antenne ce qui permet de garder des distances de lecture proches de celles observées sur des supports plus neutres. Dans tous les cas, un tag placé à l'intérieur d'une enceinte métallique ne pourra pas être lu par un lecteur situé à l'extérieur, et donc, les tags RoM (RFID on METAL) sont conçus pour compenser les effets du métal. Il existe plusieurs méthodes de conception de tag pour créer des tags RoM. La méthode originale consistait à fournir une séparation pour protéger l'antenne de tag du métal, menant à des tags plus grands. Les nouvelles techniques se concentrent sur la conception d'antenne spécialisée qui utilise l'interférence métallique et la réflexion du signal pour une portée de lecture plus longue que les tags de taille similaire fixées à des objets non métalliques.

– Collisions

La collision se produise lorsque plusieurs tags sont activés simultanément par le lecteur et reflètent leurs signaux respectifs vers le lecteur en même temps. Ce problème est souvent observé chaque fois qu'un grand volume de tags doit être lu ensemble dans le même champ RF. Le lecteur est incapable de différencier ces signaux ; la collision de tag perturbe le lecteur. La détection de la collision est en fait une détection d'erreur de transmission. Le traitement de ce problème est fait par des algorithmes d'anticollision qui définissent le rangement de lecture quand il s'agit de plusieurs tags à la fois, ils sont normalisés au niveau mondial tel que mentionné dans le chapitre précédant. Figure 3.4 exemplifier un lecteur RFID qui lie les tags par un ordre.

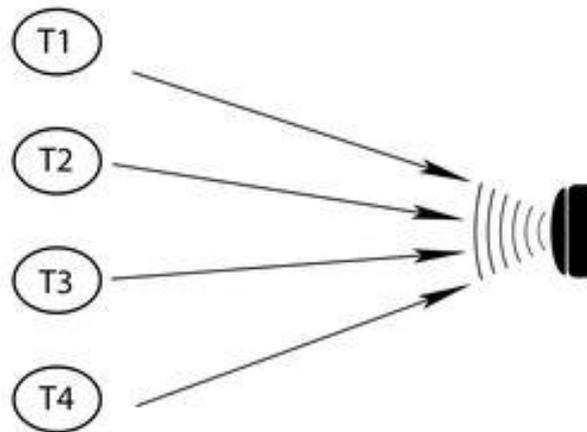


Figure 3.2 le problème de collision dans la lecture des tags

– Interférences électromagnétiques IEM

Lorsque le lecteur RFID est connecté, ses ondes électromagnétiques couvrent toute sa plage. Étant donné que sa fréquence de travail, dans le domaine radio, est classée dans la catégorie 2B (peut-être cancérigène) par le centre international de recherche sur le cancer CIRC, de nombreux différends ont été soulevés quant à ses implications sanitaires. Bien que ces revendications ne soient pas encore réglées, il est certain que les ondes radio peuvent entraîner des interférences électromagnétiques susceptibles d'interrompre le flux de travail d'autres équipements (*Fields et al. 1999 ; Costea et al. 2014*). Les IEM (Interférences Electromagnétiques) peuvent être provoquées de deux manières ; par un contact physique direct avec un conducteur, appelé IEM conduit, ou par induction (sans contact physique), appelée IEM rayonnée. (*Cheng and Prabhu, 2009 ; Miclaus et al. 2009; Pous Solà et al. 2010; Van Der Togt et al. 2008; Astaneh and Gheisari, 2018*).

Alors que presque tous les appareils électriques génèrent des émissions susceptibles de provoquer des IEM (moteurs électriques, les téléphones portables, les équipements médicaux dans les établissements hospitaliers ...etc.), les câbles d'alimentation électrique et le câblage à grande vitesse sont les sources les plus courantes de l'IEM rayonnées. Figure 3.5 illustre simplement le problème d'IEM.

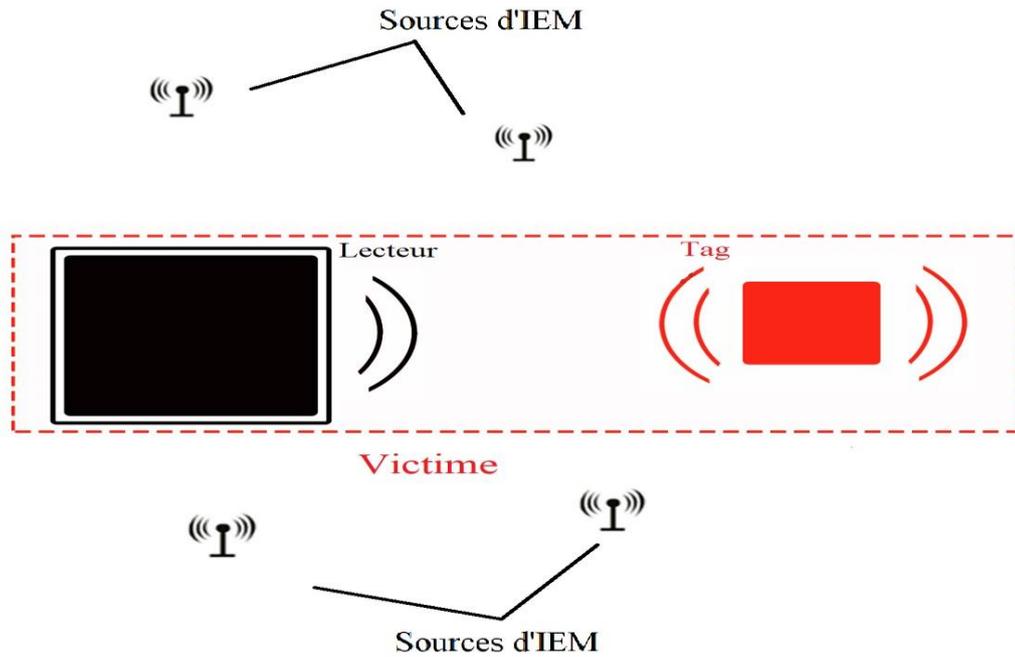


Figure 3.3 *Le problème des interférences électromagnétiques*

Cependant, afin de garantir que l'IEM ne soit pas un problème pour la grande variété d'équipements électroniques disponibles aujourd'hui, de nombreuses normes de champ électromagnétique CEM sont utilisées et celles-ci sont souvent prises en charge par la législation CEM pour garantir que tous les produits électriques entrant dans une zone sont conformes aux normes requises.

– Le coût d'adoption et de maîtrise

Un enjeu majeur du déploiement de la technologie RFID réside dans l'optimisation des coûts des tags en offrant la possibilité d'avoir un grand volume et à faible coût, favorisant ainsi leur pénétration dans les grands établissements. La classification des tags a diminué la contrainte de l'utilisation de tags coûteux dans toutes les situations d'adoption de système RFID. Les personnes en charge et les concepteurs doivent identifier les tags les mieux adaptés en termes d'exigences du système, de ses fonctionnalités et du budget. L'évolution des technologies de fabrication telles que l'encre conductrice, facilite le développement des tags imprimables moins coûteux que ceux traditionnelles et plus faciles à manipuler.

3.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons dressé un état de l'art des applications RFID en abordant les contraintes qui entravent leur déploiement. Un focus est également mis sur les défis et les enjeux propres à l'utilisation de la RFID dans le domaine de la santé.

Des recherches ont essayé de surmonter les obstacles de déploiement ; en apportant des solutions qui ont traité l'opportunité d'utiliser les systèmes RFID dans des milieux aqueux, métalliques et même dans des environnements où le système subit des interférences électromagnétiques. A noter que les limites techniques peuvent être dans certains cas insurmontables.

Dans le prochain chapitre nous allons aborder des solutions proposées qui visent à améliorer le déploiement de la technologie RFID et encourager son adoption.

CHAPITRE 4

EVALUATION DES

PERFORMANCES DE LA

SECURITE DES

PATIENTS BASEE SUR

L'UTILISATION DE LA

RFID

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous développons une estimation des erreurs de dispensation basée sur le taux de similarité entre les médicaments, constituant un facteur clé pouvant engendrer des confusions pour le personnel. En outre, nous proposons des solutions dans le but de rationaliser l'utilisation de la RFID en termes de fiabilité et de consommation énergétique.

Dans cette optique, nous avons apporté plusieurs contributions qui ont fait l'objet d'une communication internationale (Mouattah et Hachemi 2019) et deux publications internationales (Mouattah et Hachemi 2020 ; 2021). Ces contributions ont porté sur les aspects suivants :

- La fiabilité du système RFID, où nous avons proposé une technique pour la détection de l'illisibilité des tags d'une façon immédiate.
- Économisation de l'énergie, en présentant une combinaison optimale du système RFID avec un détecteur de mouvement, le tout géré par un microcontrôleur en se basant sur un protocole d'aide à la décision proposé.
- Proposition d'une configuration d'installation intelligente des lecteurs RFID passives au niveau du service d'urgence médico-chirurgical UMC de l'établissement hospitalier universitaire EHU d'Oran. Ce travail comprend l'estimation des erreurs de dispensation de médicaments en se basant sur un modèle mathématique qui considère des caractéristiques telles que ; même concentration, même forme posologique ...etc. qui traduisent des facteurs de similarité entre les médicaments, pouvant engendrer des confusions de sélection conduisant à des erreurs de dispensation.

4.2 Estimation des erreurs de dispensation suivi par une solution basée sur la RFID passive

4.2.1 Contexte

Cette étude qui vise à évaluer et améliorer la sécurité des patients dans le service d'urgence médico-chirurgical UMC est principalement motivée par la nécessité d'atteindre deux objectifs principaux.

Premièrement, il est indispensable d'effectuer une évaluation quantitative du niveau de sécurité des patients vis-à-vis des erreurs de dispensation. Comme étude de cas, nous avons

choisi le service d'urgence médico-chirurgical UMC de l'EHU d'Oran. Il faut noter ici que bien que l'EHU soit équipé d'un système informatique Hospitalier SIH qui prend en charge à la fois la prescription informatisée et l'enregistrement électronique des données des patients, il n'y pas de système disponible pour effectuer le contrôle de conformité lors de la dispensation des médicaments. Par conséquent, aucune donnée à propos du taux d'erreur de la dispensation n'a été rendue disponible pour évaluer la sécurité du patient. Pour pallier ce manque d'information, une approche d'évaluation a été proposée et qui adopte le modèle mathématique de *Pazour et Meller (2012)* dans lequel la sécurité des patients peut être évaluée via des facteurs spécifiques de similarité représentant une estimation des taux d'erreurs de dispensation de médicaments EDM. Deuxièmement, pour aborder plus complètement le problème de la sécurité des patients et pour garder des traces matérielles sur les pratiques de médication à l'EHU, nous avons essayé de simuler les performances d'une configuration RFID passive appliquée à l'UMC.

Etant donné que la détection des erreurs de médication est l'objectif principal, il est essentiel que ces erreurs, qui pourraient avoir des conséquences fatales, ne soient pas découvertes tardivement ; à cet effet, cette étude propose une configuration qui consiste à installer des lecteurs RFID passifs au chevet du patient, ce qui renforce le circuit clinique de médicaments autour des patients. L'objectif poursuivi est de limiter au maximum la possibilité d'erreur de médication, tout en prenant compte des considérations économiques de déploiement, d'ergonomie et de facilité d'intégration aux systèmes existants.

4.2.2 Estimation des erreurs de dispensation

Dans cette étude nous nous sommes inspirés d'un modèle mathématique utilisé par de *Pazour et Meller (2012)*, pour évaluer la question de EDM pour les Armoires de Dispensation Automatisé (ADA). Nous avons exploité ce modèle pour évaluer le taux d'erreur de dispensation sans usage de la RFID.

Afin d'estimer la possibilité d'occurrence des EDM, le taux de similitude pour chaque paire de médicaments est exprimé en fonction de leurs facteurs en communs selon plusieurs critères.

La liste des médicaments [Annexe 1], qui représente la matière de recherche de la présente étude, contient Quatre-Vingt-Deux (82) médicaments utilisés dans l'UMC de l'EHU d'Oran. Dans notre étude, les facteurs impliqués dans le taux de similarité comprennent : la

classe thérapeutique des médicaments, les formes posologiques, la fréquence de la demande, la concentration et les noms de médicaments avec consonance/apparence similaires.

La valeur du taux de similarité est attribuée dans l'intervalle $[0, 1]$, où 0 représente la non-similarité stricte de la paire de médicaments, qui fait référence à la possibilité d'occurrence la plus faible d'erreur de distribution, tandis que 1 représente la similitude absolue, ce qui correspond à la possibilité d'occurrence d'erreur la plus élevée.

Le résultat du taux de similitude des médicaments est obtenu en fonction du nombre de facteurs communs par rapport au nombre maximal de facteurs pouvant survenir. En exprimant cela mathématiquement, soient S_{ij} , l et L respectivement les taux de similarité des médicaments i et j , le nombre de facteurs communs et le nombre maximal de facteurs, ce qui signifie que $l \leq L$.

$$S = \frac{l}{L} \quad (1)$$

Pour notre cas, $L = 5$.

Le taux de similitude S_{ij} exprime le degré de confusion (et donc d'occurrence d'erreur de distribution) entre la paire de médicaments i et j . Ainsi, le risque d'erreur de distribution R peut être défini par rapport à S comme suit :

$$R = S^k \text{ avec } (k= 1, 2, 3 \dots) \quad (2)$$

Où la valeur du paramètre de mise à l'échelle k est choisie en fonction de la priorité de sécurité du patient à l'hôpital. Notons que k est choisi à 1 lorsque l'administration hospitalière prend en considération la primauté de la sécurité des patients.

Ceci étant, nous avons développé un algorithme pour calculer la matrice de similitude des médicaments. Figure 4.1 représente l'organigramme suivi pour obtenir les taux de similarité de la liste des médicaments dans l'UMC de l'EHU d'Oran (Annexe 1).

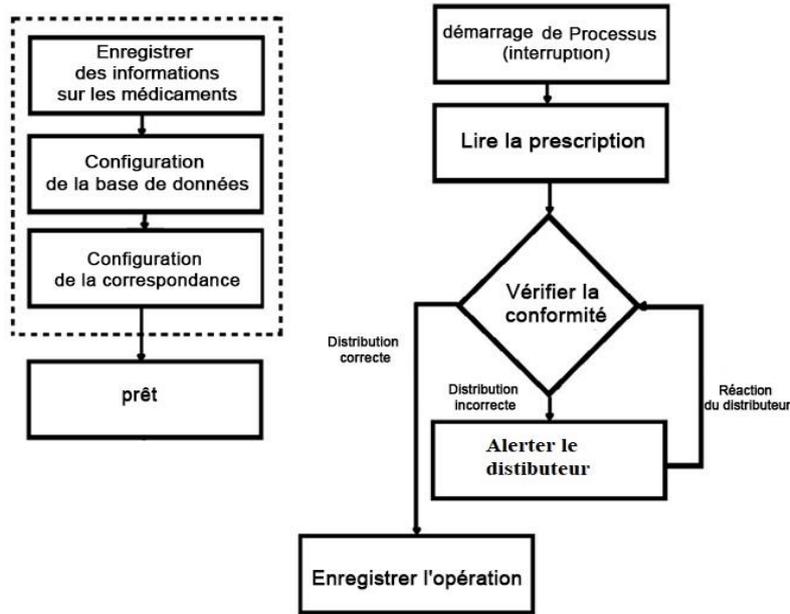


Figure 4.1 Organigramme de haut niveau de l'approche de vérification de la correspondance

Puisque l'algorithme consiste à comparer les médicaments de la liste, et afin de simplifier son exécution, la liste est codée numériquement. Il s'agit donc des noms des médicaments, des classes thérapeutiques, des formes posologiques et des fréquences de demande, qui sont tous liés à un numéro de référence.

Enfin, pour prendre en compte les différentes unités de mesure de concentration, ce facteur catégoriel est noté à l'aide d'un codage à 5 digits, où le premier bit à gauche se réfère à l'unité et le reste à la valeur. Les fréquences de demande des médicaments sont obtenues en interrogeant le pharmacien de l'EHU. En global, la liste est déclarée comme un tableau à deux dimensions, où les médicaments ayant les mêmes facteurs en commun ont les mêmes références en commun. Les spécifications sont illustrées à annexe 1.

La figure 4.2 ci-dessous, illustre l'algorithme du programme développé pour obtenir les taux de la similarité entre les médicaments. Le logiciel DEV C ++ IDE (version 2) a été utilisé pour coder et exécuter l'algorithme.

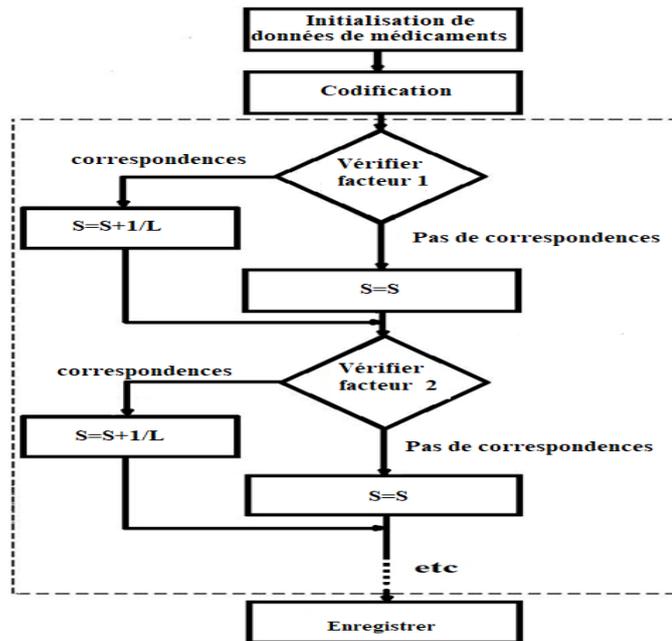


Figure 4.2 l'Organigramme du programme d'évaluation de la similarité

La pharmacie de l'UMC contient Soixante-Sept (67) médicaments différents, et certains d'entre eux ont également des concentrations différentes. Par conséquent, la liste est étendue à Quatre-Vingt-Deux (82) éléments.

Chaque élément est vérifié par rapport aux autres sans répétition ni auto-vérification, ce qui donne un nombre total de paires de 3321 paires comme indiqué dans les formules (3) et (4) ci-dessous :

$$\text{Nombre de paires} = ((\text{nombre de médicaments}) * (\text{nombre de médicaments} + 1)) / 2 - \text{nombre de médicaments.} \quad (3)$$

$$\text{Nombre de paires} = 82 * 83 / 2 - 82 = 3,321 \text{ paires.} \quad (4)$$

Le résultat est une matrice symétrique carrée ; où $S_{ij} = S_{ji}$.

Le tableau 4.1 donne un aperçu des taux de similarité entre les médicaments de l'UMC, après application de l'algorithme de calcul des taux de similarité ci-dessus.

Tableau 4.1 Aperçu de la matrice des taux de similarité

		TRANEXAMIC ACID IV	ADRENALINE	ADRENALINE	AMIODARONE	DIGOXINE	DOBUTAMINE		POTASSIUM GLUCONATE	REHYDRATION SALT	SODIUM BICARBONATE	SODIUM BICARBONATE	SODIUM CHLORIDE	IOBITRIDOL
	1	2	3	4	5	6			77	78	79	80	81	82
TRANEXAMIC ACID IV	1	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4			0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2
ADRENALINE	2		0.8	0.4	0.4	0.6			0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4
ADRENALINE	3			0.4	0.4	0.6			0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4
AMIODARONE	4				0.4	0.4			0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2
DIGOXINE	5					0.4			0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2
DOBUTAMINE	6								0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4
DOPAMINE	7								0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4
DOPAMINE	8								0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4
EPHEDRINE	9								0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4
POTASSIUM CHLORIDE	76								0.8	0.4	0.6	0.6	0.8	0.4
POTASSIUM GLUCONATE	77									0.4	0.6	0.6	0.6	0.4
REHYDRATION SALT	78										0.4	0.4	0.4	0.2
SODIUM BICARBONATE	79											0.8	0.6	0.4
SODIUM BICARBONATE	80												0.6	0.4
SODIUM CHLORIDE	81													0.4
IOBITRIDOL	82													

Selon la matrice de similitude, 5,81% des médicaments de la liste sont presque similaires (193/3321 paires ayant un taux de similitude supérieur à 0,5). Le graphique à barres représenté sur Figure 4.3 correspond au nombre de paires de médicaments similaires en fonction de S, qui est obtenu à partir de la matrice de similarité.

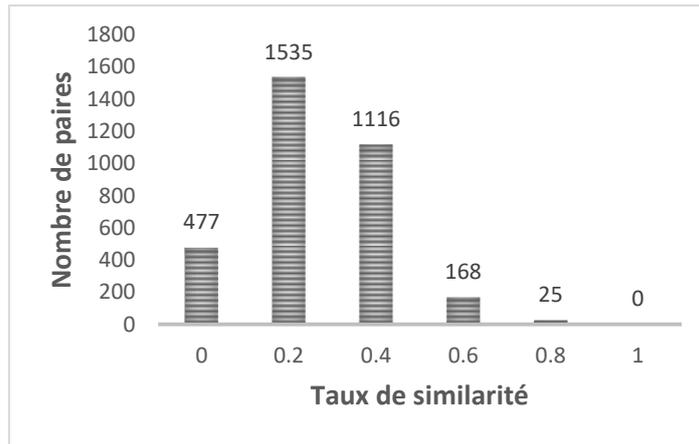


Figure 4.3 Le nombre de paires de médicaments par rapport à la similarité

Pour différentes valeurs du paramètre de mise à l'échelle K, les résultats présentés dans le graphique de Figure 4.4 représentent le risque d'erreur de dispensation R par rapport au nombre de paires de chaque taux de similarité

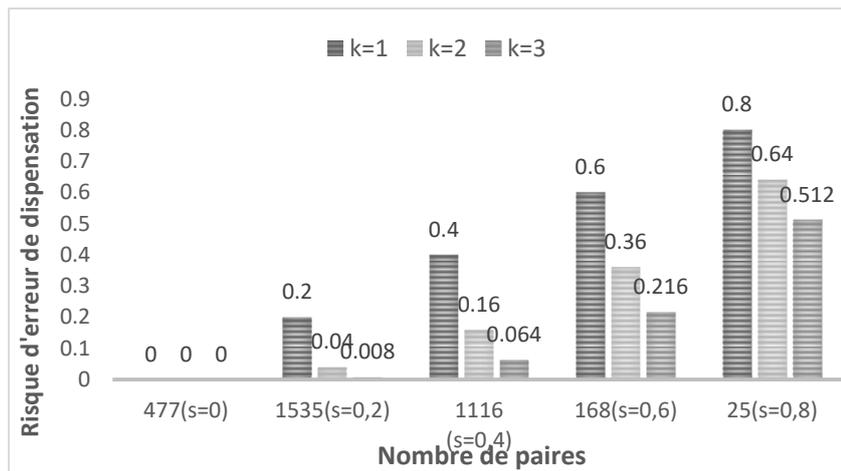


Figure 4.4 Le risque d'erreur de distribution lié à S, pour différentes valeurs de K

Dans notre cas, les taux de similitude élevés sont principalement liés au même médicament avec des concentrations différentes, comme DOPAMINE 50 mg et 200 mg.

En outre, les résultats montrent des taux qui semblent relativement élevés ; toutefois, ils restent acceptables conformément aux études précédentes (*Anacleto et al. 2005 ; Cheung et al. 2009 ; Berdot et al. 2019*). Etant donné que dans toutes les études où les taux d'erreur sont élevés, par exemple, lorsque les erreurs de distribution atteignent un taux allant jusqu'à Quarante-Cinq pour cent (45%) dans les littératures, les chercheurs eux même annotait le processus de dispensation et validaient la conformité entre les prescriptions et les

médicaments dispensés. (Anacleto et al. 2005 ; Cheung et al. 2009 ; Berdot et al. 2019 ; Seidling et al. 2019 ; Caleres et al. 2020).

Afin de limiter les EDMs, une solution basée sur la RFID passive est proposée, permettant au processus de promouvoir une distribution plus sûre des médicaments en déclenchant une alerte, en cas d'erreur. Les détails concernant l'adoption de cette solution et sa valeur ajoutée sont traités dans la section suivante.

4.2.3 Solution basée sur la RFID passive

L'UMC a trois étages, chaque étage ayant un certain nombre d'unités de soins. Les patients sont traités dans la même unité s'ils appartiennent à la même classe thérapeutique. Chaque unité a une capacité de Douze (12) patients (douze lits mobiles). Chaque lit a une référence d'emplacement dont les données connectées au SIH. Les trois niveaux sont presque identiques. La pharmacie de l'UMC est située au premier étage (Figure 4.5).

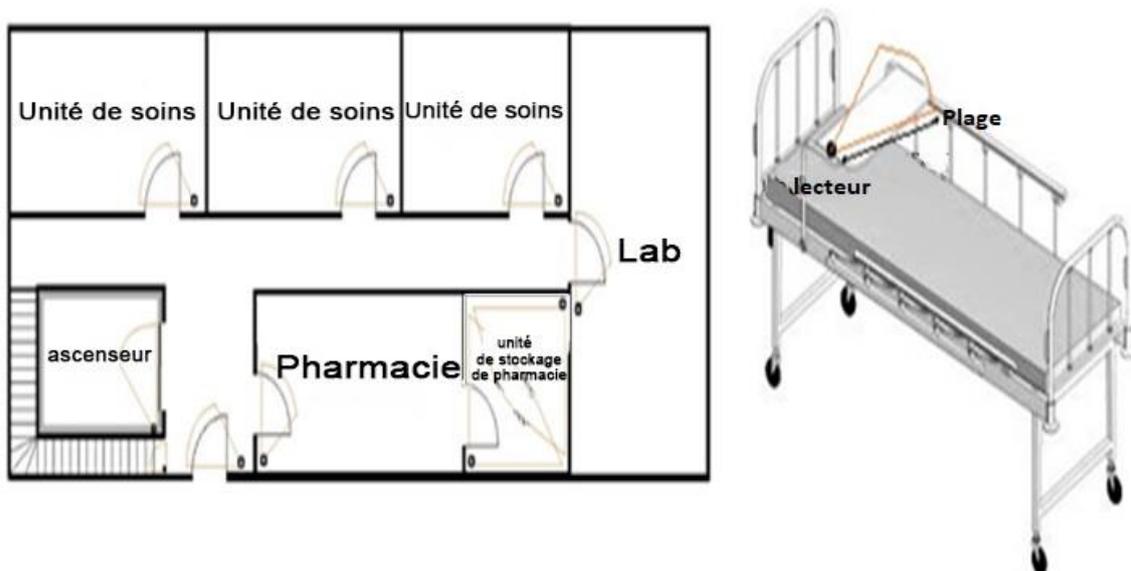


Figure 4.5 La configuration basée sur la RFID proposée pour l'UMC de l'EHU

Dans la solution proposée, un tag RFID est attaché à chaque médicament, des lecteurs de moyenne portée sont mis en œuvre pour couvrir chaque portail au niveau de l'UMC, y compris l'ascenseur et l'entrée. Un autre lecteur de gamme basse est fixé sur chaque lit de patient. En plus des lecteurs sont implantés dans la pharmacie et son unité de stockage ; trois lecteurs moyenne portée sont nécessaire pour couvrir toute la surface de l'unité de stockage de la pharmacie.

4.2.4 Discussion

Bien que les résultats de la présente étude de cas soient basés sur des estimations, compte tenu du volume élevé de médicaments dispensés ainsi que du nombre de patients traités quotidiennement, ces résultats indiquent que le niveau de sécurité des patients à l'UMC de l'EHU présente des risques sérieux. En effet, même avec des taux faibles de similarité, des erreurs peuvent être favorisées par un manque d'attention des infirmiers. Par conséquent, une intervention est nécessaire.

L'absence d'enregistrement de données sur l'état de conformité de la distribution des médicaments dans l'UMC de l'EHU constitue un obstacle à la traçabilité des erreurs d'où la nécessité d'améliorer la sécurité du processus de distribution des médicaments. Nous différencions trois sous-étapes entre la délivrance au niveau de la pharmacie et l'administration du (des) médicament (s) au chevet du patient

La configuration proposée est consacrée à la surveillance à la fois des objets en mouvement (lecteurs aux portails) ainsi que des objets fixes (à la pharmacie). Les lecteurs fixes sur les lits coûtent environ 65 € par lit, et les lecteurs sur portails coûtent 1 200 € par étage, en plus de deux lecteurs de l'unité de stockage de la pharmacie au premier étage et les tags RFID pour les médicaments, ce qui donne un coût total d'environ 12 000 € pour équiper l'UMC de l'EHU. Les lecteurs fixes en pharmacie peuvent avoir un rôle supplémentaire dans les tâches de gestion des stocks, ce qui améliore considérablement le fonctionnement en termes de temps et facilite la surveillance des erreurs.

En outre, en plus de la traçabilité des médicaments à partir du moment où ils quittent le magasin jusqu'à ce qu'ils atteignent le lit patient cible, la configuration suggérée permet une traçabilité en temps réel de la pièce pour les patients. Les lecteurs sur les portails des unités de soins sont destinés à la détection précoce des non-conformités, tandis que le 2^{ème} contrôle au niveau du lit est considéré décisif ; il permet même de détecter les mauvais médicaments (concentration, formes galéniques... etc.) distribués aux patients de la même unité de soins, tout en évitant les distributions intempestives. Par conséquent, l'adoption de cette configuration proposée couvre également le cas des transferts inter-unités de patients.

Par ailleurs un signal d'alerte, basé sur des voyants verts et rouges (veut dire resp. que la dispensation est conforme resp. non conforme) est utilisé pour signaler la décision de conformité. En outre, la configuration proposée n'interrompt pas le flux de travail du système d'information existant et déjà en place, y compris l'e-prescription ce qui garantit

l'indépendance de l'approche proposée. En effet, l'adoption d'une telle solution technologique permettra de garder intacts les registres et les données de distribution et de traçabilité des médicaments à la fois de manière efficace et efficiente.

Notons que le système RFID présente plusieurs avantages par rapport au système de gestion des codes-barres est couramment utilisé dans le monde entier qui ne peut cependant être dédié qu'au contrôle de conformité de la distribution des médicaments. En effet, les systèmes de gestion de codes-barres ne permettent pas la traçabilité en temps réel, critère clé de l'audit médical. En plus de sa limitation de lecture, puisqu'il nécessite d'être proche pour lire les identifiants IDs des patients et des médicaments un par un, ce qui fait qu'il ne peut lire qu'un seul ID à la fois. En fin de compte, l'utilisation de codes à barres allongerait considérablement la durée requise pour le processus de vérification et donc pour la distribution des médicaments. En outre, les codes - barres sont moins sûrs et moins fiables que les systèmes RFID. Car les codes - barres peuvent être copiés ou falsifiés facilement ; de plus, ces codes peuvent également être vulnérables aux rayures.

Néanmoins, le choix entre l'adoption de lecteurs RFID mobiles et la configuration proposée reste quelque peu ambigu. Cependant, il convient de noter que l'adoption de lecteurs RFID mobiles ne peut pas fournir aux objets une traçabilité « en temps réel » et ces lecteurs sont moins ergonomiques que la configuration suggérée, car ils nécessitent un apprentissage lors de la vérification de la conformité de la distribution et le personnel prendrait plus de temps à s'y habituer, sans oublier que le changement de batteries peut engendrer casse-tête sérieux.

L'adoption des armoires de dispensation automatisée ADA peut améliorer la sécurité des patients étant donné qu'elle ne dispense que les médicaments mentionnés dans l'e-prescription, mais elle reste moins fluide, car elle est conçue pour gérer un nombre limité de demandes (environ 30 patients par ADA). Donc comparativement à un système RFID, le temps que le personnel consacre à se familiariser avec la technologie et le prix des ADA (à partir d'environ 25 000 €) peut être exagérément coûteux. Enfin, il est possible que des erreurs se produisent à la phase du remplissage des ADA et la traçabilité est limitée aux seuls médicaments stockés dans les ADA et non à la totalité du stock disponible.

Afin d'évaluer l'efficacité de la configuration proposée, nous allons la comparer aux solutions existantes, qui ont été mises à l'essai selon trois scénarios supposés vis-à-vis de l'apparition de trois erreurs de distribution correspondantes (tel qu'un mauvais médicament,

une mauvaise dose... etc.) à trois sous-étapes différentes. Comme indiqué, ces scénarios se produisent principalement entre le point de dispensation et le point d'administration, ce qui peut être utilisé pour simuler la détectabilité des erreurs de distribution selon les différentes solutions disponibles, à savoir la solution à base de code-barres, ADA ou RFID :

- *Erreur 1* : se produit lors de la distribution, dans la pharmacie,
- *Erreur 2* : survient lors du transport, c'est-à-dire lors du trajet entre la pharmacie et une unité de soins, ou entre les unités de soins.
- *Erreur 3* : survient juste avant l'administration ; à l'intérieur de l'unité de soins, c'est-à-dire entre les patients de la même unité de soins.

Notez que l'étape d'*Erreur 3* correspond au dernier point de contrôle et qu'elle est, donc, la plus critique, puisque *Erreur 1* et *Erreur 2* sont toutes deux rectifiables à condition que l'*Erreur 3* soit détectable.

Tableau 4.2 ci-dessous illustre la détectabilité des erreurs à l'aide des différentes solutions disponibles, y compris la configuration proposée.

Tableau 4.2 *Adaptation de solutions déployées aux erreurs par rapport à la configuration proposée*

	Code-barre	ADA	RFID	
			Lecteur Mobile	Configuration Proposée
<i>Erreur 1</i>	Indétectable	/	Indétectable	Indétectable
<i>Erreur 2</i>	Indétectable	Indétectable	Indétectable	Détectable
<i>Erreur 3</i>	Détectable	Indétectable	Détectable	Détectable

Dans un ADA *Erreur 1* n'est pas envisageable parce qu'il ne s'ouvre que les tiroirs contenant les médicaments mentionnés dans l'E-prescription, par rapport aux autres technologies.

Erreur 2 n'est détectable que via l'approche proposé, permettant une intervention précoce ; à l'inverse, *Erreur 3* peut également être détecté lors de l'utilisation des technologies de codes à barres et RFID mobile, ce qui rend *Erreur1* et *Erreur2* rectifiables pour ces technologies, contrairement aux ADA.

Globalement, la configuration proposée est plus avantageuse car son niveau de sécurité peut être considérée supérieur. En fait, l'utilisation du code-barres nécessite plus de temps par patient, tandis que le lecteur mobile impose des charges supplémentaires. En termes simples, la mise en œuvre du système RFID passif se distingue dans notre cas, par rapport aux technologies courantes telles que le code à barres et les ADA. La configuration proposée avec la particularité des lecteurs supplémentaires fixés sur des lits est encore plus efficace et ergonomique que les systèmes RFID actifs et mobiles.

Enfin, la solution proposée répond aux normes de qualité fixées en concertation avec la direction de l'hôpital, car elle améliore la sécurité des patients en détectant la non-conformité des distributions de médicaments tout en alertant l'entité concernée en cas d'erreur. De plus, elle est rentable et contribue à une pratique centrée sur la sécurité des patients sans perturber le flux de travail des autres systèmes en cours d'utilisation.

4.3 La faisabilité d'un système RFID intelligent basé sur un détecteur de mouvement et un microcontrôleur

4.3.1 Contexte

En général, le système RFID n'est pas gourmand en énergie, mais avec de grandes installations, déployant un réseau de plusieurs lecteurs peut affecter de manière significative la facture d'électricité à long terme (*Bing et al. 2017 ; Weinstein, 2005 ; Williams et al. 2019 ; Zumsteg and Qu, 2018*). La littérature montre un manque remarquable de recherche sur cet aspect, la seule proposition traitant de ce problème a été faite par *Austin et coll, 2014*. grâce à une RFID basée sur un détecteur de mouvement intégré dans le lecteur. Les capteurs de mouvement sont largement utilisés dans plusieurs activités intérieures et extérieures comme ouvrir une porte automatiquement ou allumer / éteindre les lumières publiques et caméras de surveillance (*Kroeger et al. 2012 ; Tan, 2019 ; Tsai et al. 2011 ; Hernandez et Sallis, 2019 ; Ling, 2015 ; Sovacool and Rio, 2020 ; Aman and Anitha, 2017, McGarry, 2004*).

Plusieurs phénomènes sont exploités dans le cadre de la détection mouvement, nous citons l'optique, les micro-ondes et l'acoustique (*Khan et al. 2019 ; Micko, 2008 ; Lvov et al. 2018 ; Bakhsheshi et al. 2019 ; Moghavvemi et Seng, 2004*). Cependant, le détecteur de mouvement dans ce travail n'est pas spécifié, et les défis exposés faisant obstacle à l'adoption de ce lecteur, provient principalement d'une conception intégrée. Premièrement, son coût d'installation est significativement élevé pour les entreprises exécutant déjà un réseau de

systèmes RFID, car ils ont besoin de remplacer tous les lecteurs existants par de nouveaux. De plus, son entretien peut engendrer plus de complexité, c'est-à-dire, si un détecteur connaît une panne, il entraînera l'arrêt du fonctionnement du lecteur, ainsi, il doit être réparé par un technicien spécialisé. Cela peut entraîner un inconvénient important pour les institutions qui n'ont pas de service de maintenance interne, car ils doivent rechercher un service externe spécialisé, qui peut même augmenter les temps d'arrêt dus aux dispositions procédurales.

4.3.2 Protocole d'aide à la décision

Ce protocole d'aide à la décision proposé définit la démarche à prendre en compte lors de l'adoption de toute combinaison incluant un détecteur de mouvement, visant à réduire la puissance de consommation, afin de garantir que, lors d'une période définie (généralement 24 heures), la puissance cumulée consommée par la combinaison est inférieure à la puissance consommée par le lecteur utilisé seul, ce qui reflète la faisabilité de la combinaison en économie d'énergie. Le protocole est divisé en deux parties :

- Première partie : détermination de la consommation électrique, pendant une période définie pour chacun des lecteurs, du détecteur de mouvement et leur combinaison.
 - Deuxième partie : vérification de la condition définie, pour aider à la mise à niveau.
- **Première partie**

On note r , s et c , correspondant à la puissance de consommation (exprimée en watt) du lecteur RFID, le détecteur de mouvement et leur combinaison, respectivement (Figure 4.6).

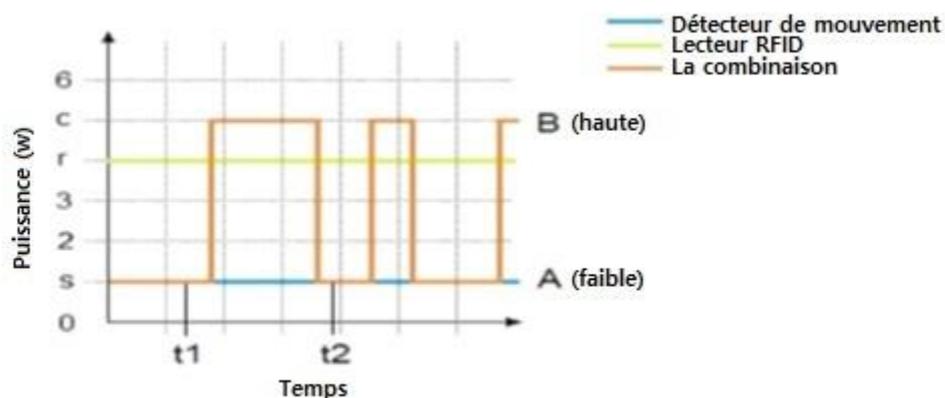


Figure 4.6 Représentation illustrative de la puissance consommée par le lecteur RFID, le détecteur de mouvement et leur combinaison.

Pendant une période de temps $[t_1 ; t_2]$, la puissance consommée par le détecteur de mouvement (S) est :

$$S = \int_{t_1}^{t_2} s \, dt \quad (5)$$

et la puissance consommée par le lecteur RFID (R) est *Austin et al. (2014)* :

$$R = \int_{t_1}^{t_2} r \, dt \quad (6)$$

La puissance consommée par leur combinaison (C) est identifiée à la suite de deux états : bas (A) et haut (B) (Figure 4.5).

Le premier état (A) fait référence à « pas de mouvement détecté », ce qui signifie que seul le détecteur de mouvement consomme de l'énergie. Cela peut être modélisé, selon à l'équation (3), par :

$$C = C1 = S = \int_{t_1}^{t_2} s \, dt \quad (7)$$

Le deuxième état (B) fait référence au « mouvement détecté », ce qui signifie à la fois que le détecteur de mouvement et le lecteur RFID consomment de l'énergie électrique. Cela peut être modélisé en combinant les équations (2) et (3) telles que :

$$C = C2 = S + R = \int_{t_1}^{t_2} s \, dt + \int_{t_1}^{t_2} r \, dt \quad (8)$$

Chacun des états ci-dessus ne peut se produire qu'indépendamment et jamais simultanément, c'est-à-dire qu'à un moment donné nous avons exclusivement soit $C = C1$ ou $C = C2$. Ainsi, pendant une période de temps $[t_1 ; t_2]$ impliquant les deux états, la puissance consommée par la combinaison peut être déduite des équations (3) et (4) tel que :

$$C = C1 + C2 \quad (9)$$

– Deuxième partie

Après avoir déterminé la puissance consommée par les deux, le lecteur et la combinaison qui inclue le détecteur de mouvement, nous pouvons calculer l'indicateur de décision (K) en utilisant l'équation (6) et en se référant aux équations (2) et (5), ce qui nous permet d'identifier la meilleure option en termes d'efficacité énergétique tels que :

$$K = R - C$$

(10)

- Si $K > 0$, la combinaison est rentable en consommation d'énergie.
- Si $K = 0$, la combinaison ne permet pas de sauvegarder la puissance consommée, mais elle pourrait servir pour la réduction des interférences électromagnétiques possibles.
- Si $K < 0$, la combinaison est onéreuse et inutile.

Pour bien comprendre l'objectif de cette aide à la décision, supposant qu'on applique la combinaison proposée sur deux services. D'une part un service d'urgence médico-chirurgical qui fonctionne 7 jours sur 7 et 24H/24H et d'autre part un service d'Oto-Rhino-Laryngologie ORL qui ne fonctionne pas en 7j/7 et 24H/24H. La combinaison dans le premier service devrait être inutile si elle est dédiée pour optimiser la consommation d'énergie, car le service est tellement occupé qu'à la fois le détecteur du mouvement et le lecteur RFID consomment de l'énergie pendant toute la journée, mais pour le service d'ORL beaucoup moins occupé, la combinaison devrait être rentable car en mode veille nous n'avons que le détecteur du mouvement qui est à l'état actif.

4.3.3 Système RFID intelligent basé sur un détecteur de mouvement

Ce système intelligent basé sur un détecteur de mouvement qui peut être réalisé de deux manières, comme le montre Figure 4.7.

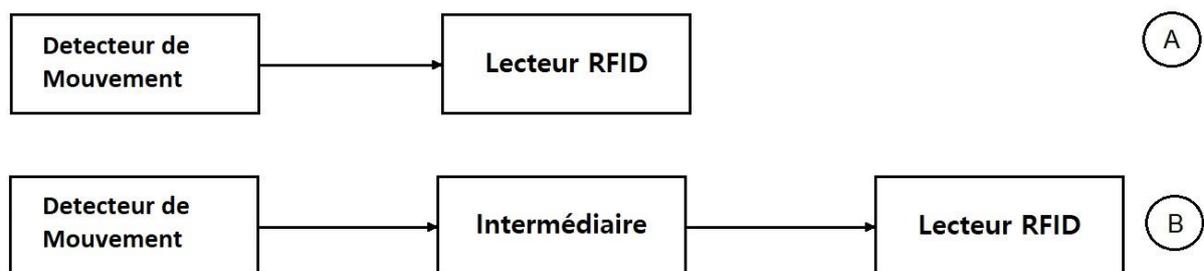


Figure 4.7 Les choix d'intégration du détecteur de mouvement.

La première manière (Type A) est la manière intégrée, telle qu'elle est appliquée dans *Shenkman (2006)*, alors que la seconde voie (Type B) suggère d'utiliser un organe intermédiaire externe pour déclencher le lecteur RFID. Cet intermédiaire peut être un simple relais ou un thyristor ou particulièrement un microcontrôleur MCU. Le détecteur de

mouvement détecte si un éventuel tag transporté approche ou non. Sur cette base, le MCU allume / éteint le lecteur ; via le relais.

Figure 4.8 décrit la combinaison qui comprend le MCU. Ce système intelligent est adapté pour les grandes installations.

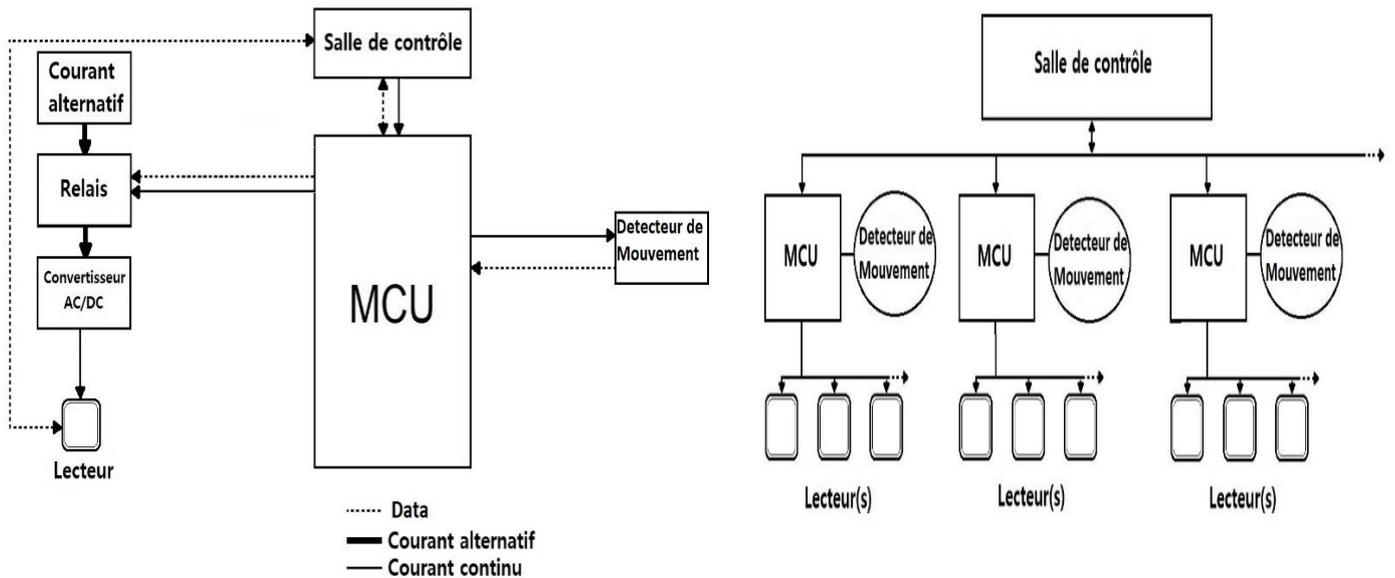


Figure 4.8 Schéma fonctionnel du système RFID intelligent

– Software

La partie logicielle est une boucle infinie, où le MCU déclenche le (s) lecteur (s) après avoir été interrompu par le détecteur de mouvement. Au début, la combinaison du capteur PIR et du (ou des) lecteur(s) sont dans l'état « bas », ce qui implique que le lecteur RFID est désactivé. Une fois qu'un mouvement est détecté, le signal de sortie du détecteur de mouvement allume automatiquement le (s) lecteur (s) RFID, en tournant le système à l'état « haut » tout au long de la présence du mouvement.

4.3.4 Discussion

Par définition, le type B est préféré en mode veille ; alors que la conception de type A est privilégiée en mode lecture. Par conséquent, la décision d'adoption du design devrait tenir compte de l'occupation de l'environnement dans lequel le système est mis en œuvre.

Notons que le convertisseur qui joue le rôle de l'alimentation pour le lecteur RFID, est très dissipateur aux faibles taux de puissance. Le même problème s'applique pour le MCU et le détecteur de mouvement, car ils nécessitent une tension continue. Cela peut être résolu en insérant une batterie dans le cas de mise à niveau d'un lecteur. Cependant, en cas de réseau de lecteurs, le MCU doit être connecté et alimenté par le serveur de la salle de contrôle, qui est toujours en marche, alors que le relais est placé avant le convertisseur CA / CC du lecteur. Par conséquent, tout type de gaspillage onéreux causé par le convertisseur dans le mode veille est évité sans se soucier de recharger ou remplacer les piles.

De plus, puisque le lecteur RFID est désactivé en mode veille, l'émanation électromagnétique est réduite jusqu'à 0 w / m, ce qui réduit les possibilités des interférences électromagnétiques avec d'autres appareils.

En se basant sur le protocole d'aide à la décision proposé, l'évaluation de de cette combinaison, en termes d'économie d'énergie, peut être interprété à partir du taux d'occupation de l'environnement dans lequel le système est installé comme suit :

Supposons que nous avons les valeurs de consommation, obtenues sur un horizon de 24 heures : 3,838 w, 3,6052 w et 3,605 w, qui correspondent aux types de systèmes RFID B, A et le RFID ordinaire.

En se référant au protocole d'aide à la décision, nous trouvons que la puissance électrique cumulée consommée par le lecteur ordinaire pendant 24 heures est égal au cumul puissance consommée par le système RFID intelligent de type B en 22 h 43 min, et c'est égal à la puissance cumulée consommé avec le type A pendant 23 h 58 min. Cela signifie que la mise à niveau utilisant la conception de type B est une alimentation efficace pour un environnement occupé pendant jusqu'à 22 heures 43 min / 24 h (94,65% de la journée), et la mise à niveau en utilisant le type A est économe en énergie pour un environnement occupé jusqu'à 23 h 58 min / 24 h (99,86% de la journée). Figure 4.9 représente la consommation d'énergie cumulée pour les systèmes RFID de types B, A et le RFID ordinaire.

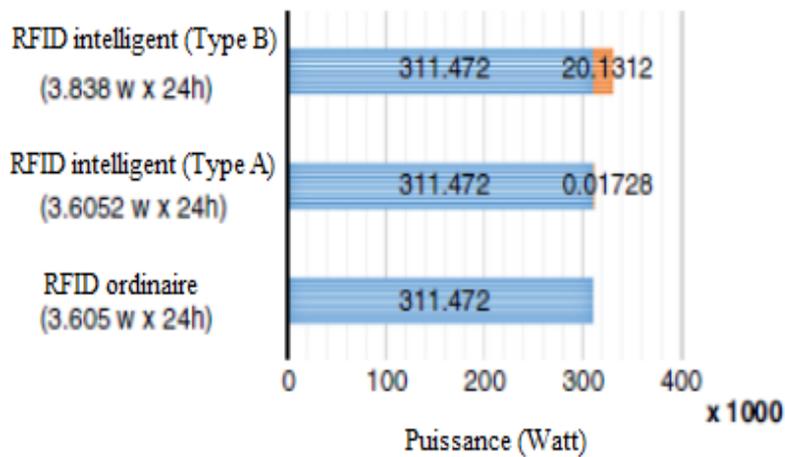


Figure 4.9 La consommation de puissance cumulée en 24 heures des systèmes RFID étudiés

Autre conclusion, ces résultats montrent que, si l'environnement dans lequel le système est installé est occupé moins de 22 h 43 min par jour, ce qui est le cas de la plupart des environnements, la mise à niveau privilégiée est de type B. Sinon, la mise à niveau à l'aide de Type A est préférable.

Hormis le gain en puissance, on peut dire que la mise à niveau vers le type B est plus avantageuse que le type A, en raison de sa facilité d'adoption même dans les environnements où un système RFID existant et en marche, due à sa capacité à éviter l'interruption du flux de travail du système réutilisé, en particulier dans les réseaux occupés. De plus, la structure flexible permet d'utiliser uniquement un détecteur de mouvement pour plusieurs lecteurs RFID, en fonction de l'emplacement optimal des lecteurs ; c'est-à-dire, si un détecteur de mouvement est bien positionné et qu'il est possible de placer de manière optimale plusieurs lecteurs dans sa plage de lecture, nous pouvons à la fois réduire le coût d'adoption et améliorer la conservation d'énergie. Au contraire, lors de l'utilisation d'un capteur par lecteur, le capteur de proximité peut être utilisé pour surveiller les défaillances des autres lecteurs, en temps réel, et agit comme un détecteur de mouvement de secours, si nécessaire, ce qui augmente la fiabilité globale du système.

En outre, par rapport au type A, l'utilisation du type B peut conserver la capacité d'exploiter le détecteur de mouvement pour des tâches autres que le lancement des lecteurs, telles que des tâches relatives à la sécurité.

Le MCU fournit une interface en temps réel avec le détecteur de mouvement et appareils, ce qui permet de surveiller le flux de travail et détecter les potentiels problèmes. De

plus, il offre une flexibilité dans les changements d'exploitation au cours du temps et diversifie ses choix, car il peut être programmée à distance en mettant simplement à jour le software.

Compte tenu de ce qui précède, nous pouvons dire que la proposition d'une mise à niveau peut être une solution idéale pour réduire la facture d'électricité, en particulier dans des établissements à grandes constructions, car elles peuvent bénéficier de l'efficacité du système RFID en gestion avec le minimum de coût. De plus, la mise à niveau en mode optimal prend en considération le fait d'éviter d'interrompre le flux de travail et la capacité de surveiller l'état des capteurs de travail, ce qui facilite un déploiement dans un environnement avec un système RFID existant.

4.4 La détection immédiate d'illisibilité des tags

4.4.1 Contexte

Dans certains secteurs, tel que le médical, l'utilisation de la RFID peut être cruciale, où la détection tardive ou la défaillance du système peut entraîner des conséquences néfastes. Par conséquent, afin d'éviter une telle situation, une stratégie de maintenance efficace est nécessaire pour retenir le système en état de fonctionnement parfait en prenant des mesures préventives efficaces en temps opportun.

En général, la fiabilité d'un système est augmentée en minimisant les pannes, en améliorant l'efficacité de la maintenance et en maximisant sa disponibilité. Dans les systèmes RFID, la fiabilité est fortement liée au taux de lecture des tags et aux facteurs impliqués. Parfois, des obstructions imprévues peuvent bloquer la lecture de manière temporelle ou définitive, tel qu'une panne de lecteur par exemple ou la survenue d'une interférence électromagnétique, qui affectent la disponibilité, et par conséquent la fiabilité du système RFID. La littérature montre que seules quelques approches abordaient la question de la détection de l'obstruction à la lecture pour le système RFID en cours d'utilisation. Pour cela, dans ce travail, nous proposons une nouvelle solution pour une longue disponibilité du système RFID et donc une fiabilité améliorée.

4.4.2 Méthode de la détection immédiate d'illisibilité

La méthode proposée vise à vérifier s'il existe une possible obstruction à la lecture des tags ou non, voire la situation où la RFID est parfaitement placée et en bon état. Qu'il s'agisse d'un lecteur défectueux ou de la présence d'une perturbation externe, ce travail vise à améliorer la disponibilité du système RFID et à éviter un nombre inconnu de tags manqués (non-lus). Afin de résoudre ce problème, les exigences suivantes sont prises en compte pour la méthode proposée :

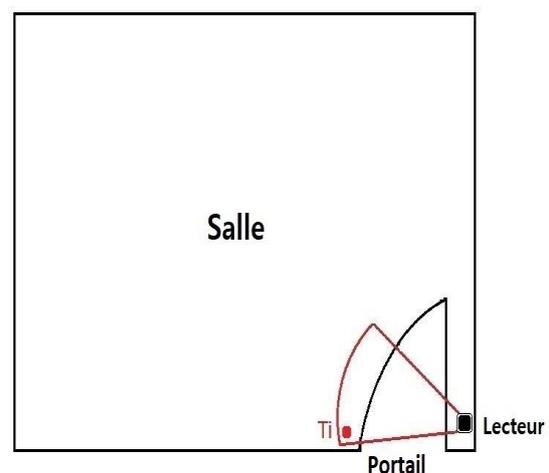
- État de lecture : cette méthode doit fournir un indicateur sur l'état de la lecture et doit indiquer s'il y a une obstruction empêchant la lecture ou non.
- Rentabilité : la méthode ne doit pas introduire de coût supplémentaire car elle utilise les mêmes tags utilisés dans le réseau.
- Facilité de mise en œuvre : elle doit être facile à adopter
- Facilité d'entretien : la méthode doit être prise en charge facilement, il s'agit de retirer l'obstacle, de remplacer les tags ou le lecteur, ces tâches peuvent être faites par des opérateurs et pas nécessairement par un personnel de maintenance spécialisé.
- Amélioration de la fiabilité : la méthode doit signaler immédiatement l'obstruction de lecture, ce qui minimise les temps d'arrêt et maximise la disponibilité, améliorant ainsi la fiabilité du système RFID.

Pour y parvenir, l'approche proposée est divisée en deux parties : disposition matérielle et partie logiciel.

4.4.2.1 Première partie : Installation du Matériel

- Les Tags inspecteurs Ti : Notre approche suggère de placer un tag appelé inspecteur (Ti) pour chaque lecteur RFID -s'il y a plus d'un seul lecteur-. Ce tag n'est pas d'un type spécial ou spécifique, c'est juste un tag normal identique aux autres utilisés dans le réseau. Clairement, ils doivent être identifiés dans la base de données en tant qu'inspecteurs pour que chaque lecteur soit associé à un inspecteur de tags.

Afin de maximiser la sensibilité de la détection, cet inspecteur doit être fixé de manière à être parfaitement lu par son lecteur mais aussi dans la position la plus éloignée où il y a un taux de lecture de 100%. (Figure 4.10). Affiche un exemple aléatoire d'emplacement intérieur de



précision de pièce bien connu où les lecteurs sont placés au portail

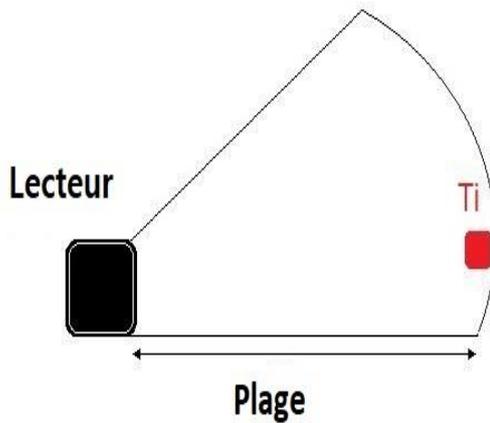


Figure 4.10 *L'emplacement optimal proposé des tags inspecteurs doit être à l'extrémité de la portée du lecteur.*

ou

lecture affecte nécessairement ce point faible, ce qui permet de couvrir tous les scénarios de perturbation.

La position de Ti est choisie à l'extrémité de la plage car tout brouillage ou obstruction du signal affectant la portée de

4.4.2.2 Deuxième partie : logicielle

La méthode s'appuie également sur un programme simple basé sur une boucle, où le lecteur vérifie la lisibilité du tag inspecteur et le trouver, sinon, il signale l'illisibilité c'est-à-dire simplement, la perturbation de cette communication est considérée comme un échec. Cet état se réfère soit à une obstruction bloquant la lisibilité, soit à un problème avec le lecteur ou le tag inspecteur. Le backend du rapport de l'illisibilité est de préférence une alarme ou un signal lumineux pour une meilleure notification.

La réaction doit être faite en fonction de la durée du temps d'arrêt, si elle est courte (de quelques secondes), elle est considérée comme une perturbation temporelle ou passagère et elle doit être signalée. En revanche, s'il est plus long, une intervention s'impose. L'opération de maintenance dans ces cas consiste soit à supprimer l'obstruction de lisibilité (perturbateur), soit à remplacer le tag inspecteur ou à entretenir le lecteur. Les deux premiers cas pourraient être réalisés sans technicien de maintenance, tandis que dans le dernier cas, l'action consiste à remplacer immédiatement le lecteur défectueux pour minimiser le temps d'arrêt, en attendant d'être réparé plus tard.

4.4.3 Discussion

- ❖ **Supposition** : lorsque le système RFID est utilisé pour des tâches de gestion qui imposent des enregistrements pour la traçabilité, on s'attend à ce qu'il fournisse au moins une quantité minimale de données à chaque période. Dans notre cas, il est supposé

qu'il y a une alerte si aucune donnée n'a été récupérée auprès du lecteur après une période désignée.

Dans cet exemple d'analyse nous avons retenu quatre scénarios correspondant à quatre cas aléatoires, le premier représentant le cas de la panne du lecteur, le second se référant à la présence d'un perturbateur fixe, le troisième cas représentant l'apparition de bruit nuisant pour une période qui inclue le moment du check, le dernier cas concernant la présence d'une perturbation temporaire mais pas au moment du check. Tous les cas précédents peuvent se produire intentionnellement comme des attaques de brouillage de communication illégales.

Nous discutons de l'intérêt de la méthode proposée en utilisant un exemple hospitalier, avec deux salles notées "salle 1" et "salle 2". "salle 1" adopte l'approche de tag vérificateur, tandis que la salle 2 ne l'adopte pas. Ensuite nous comparons entre les deux solutions dans les deux salles.

Pour clarifier cet exemple, dans la figure 4.11, nous représentons sur un chronogramme les scénarios d'incidents ci-dessus à l'aide de rectangles rouges où sa longueur dépend de sa durée.

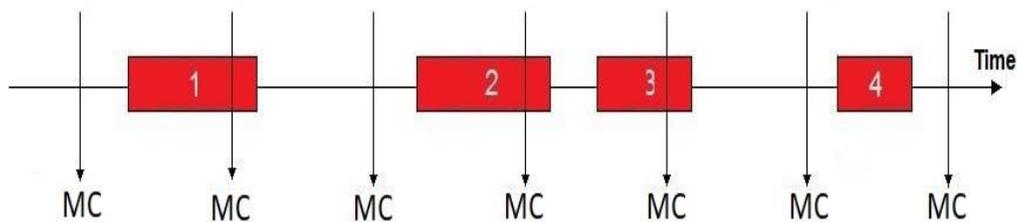


Figure 4.11 Représentation des incidents du scénario sur une chronologie.

Moment du check MC : relatif aux visites planifiées d'un médecin ou d'une infirmière pour vérifier le patient ou lui donner un médicament, ou en général, une période qui commence à partir de la dernière lecture d'un tag par l'interrogateur spécifique.

Comme représenté sur la figure 4.10, le premier et le second cas correspondent à la défaillance du lecteur et à l'apparition d'obstacle ou de bruit permanent. En « salle 1 », la détection de la panne et d'illisibilité est instantanée, ce qui permet une intervention immédiate, et donc, une disponibilité plus longue du système RFID, tandis qu'en « salle 2 » la panne ou l'illisibilité est détectée seulement après le Moment du Check, par conséquent, la période d'indisponibilité avant le MC ainsi que le nombre de tags manqués restent inconnues.

Dans le troisième et le quatrième cas ; en supposant qu'il y ait une perturbation temporelle ou passagère qui cause une perturbation de lecture, elle n'est jamais détectée dans « salle 2 » sauf si elle coïncide avec le Moment du check MC, alors que dans « salle 1 » la détection d'illisibilité est immédiate, ce qui permet d'effectuer l'intervention appropriée, la disponibilité est donc améliorée, ainsi que la fiabilité ; en évitant un nombre inconnu de tags manqués. Dans Figure 4.12 les cas sont illustrés.

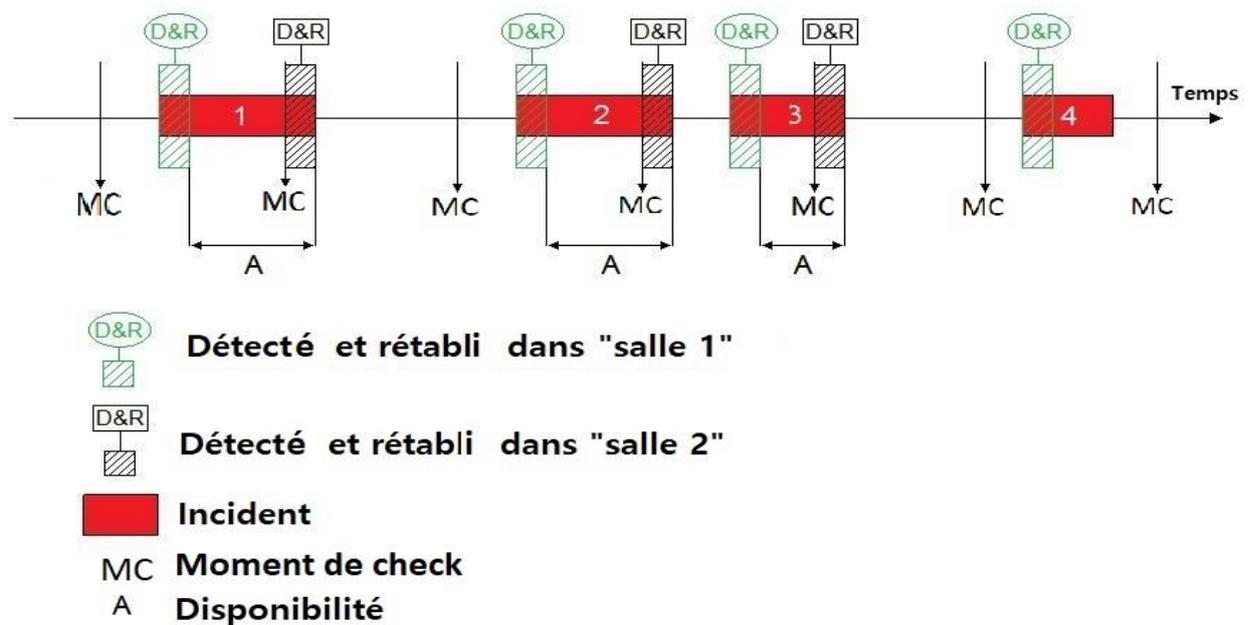


Figure 4.12 Représentation de l'amélioration de la disponibilité entre « salle 1 » et « salle 2 ».

Par rapport aux autres approches, si nous abordons le problème de la détection d'illisibilité, nous pouvons passer par un confirmateur de lecture, comme une lumière placée près du lecteur, où elle s'allume lorsque le tag est lu. Toutefois, en plus de l'incapacité de vérifier la détection de tous les tags, en cas de plusieurs tags à la fois, cette approche nécessite une concentration et une attention du vérificateur, ce qui élimine l'avantage principal de la technologie RFID, qui opère sans intervention directe de l'utilisateur.

Analysant les contraintes de route, cette approche peut nous aider à détecter la panne du lecteur, mais uniquement dans le cas d'un réseau de lecteurs RFID, en outre, la détection pourrait être tardive car c'est après le passage du porteur de tag au lecteur suivant, donnant le même problème que l'approche Moment du check discuté dans les exemples de scénario ci-dessus.

Une autre solution pourrait être d'installer plusieurs lecteurs par portail ou plusieurs tags par objet. Néanmoins, en plus du coût associé, le même problème de fiabilité est posé, nous

ne pouvons ni assurer l'absence de l'interférence électromagnétique ni les détecter immédiatement, de plus, nous n'avons aucune information à propos de l'état du lecteur.

En se référant aux approches précédentes, nous pouvons dire qu'une supervision (inspection) en temps réel est nécessaire pour la détection immédiate et la notification lors de la non-lisibilité, par conséquent la méthode proposée peut être efficace et cruciale, en particulier dans les cas où il y a une dépendance totale au système RFID.

4.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présentés les principales contributions de notre thèse qui visent à l'aide au déploiement de la technologie d'identification par radiofréquences RFID. En plus de l'estimation des taux de similarités des médicaments pouvant induire des risques supérieurs d'erreurs de dispensation, les aspects de fiabilité, performance et coût d'adoption et de maîtrise sont également abordés avec des protocoles d'aides à la décision.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale

Les erreurs de dispensation de médicaments ont fait l'objet d'une partie considérable de recherches récemment, étant donné que leurs conséquences peuvent être fatales. Plusieurs solutions ont été proposées dont le but principal est d'améliorer la sécurité des patients en réduisant ces erreurs. L'introduction des nouvelles technologies a montré une bonne réponse en matière d'optimisation de la gestion des hôpitaux ; y compris le personnel, les médicaments et les équipements.

L'utilisation d'une technologie telle que l'identification par radiofréquences (RFID) dans le milieu hospitalier permet un accès amélioré aux informations et données médicales gérées par le système d'information de l'hôpital. Les professionnels de la santé peuvent désormais récupérer les données des patients d'une façon souple et automatisée. En outre, l'évolution de l'internet des objets a permis aux professionnels de la santé de partager rapidement des informations médicales entre eux, ce qui se traduit par une prestation sanitaire plus efficace pour le patient.

L'usage de la RFID a favorisé la localisation et le suivi en temps réel des patients et des équipements médicaux. Par conséquent, il est devenu possible la détection d'erreurs de dispensation de médicaments, en accédant aux données centralisées dans le système d'information de l'hôpital. Cela contribue grandement à la sécurité des patients.

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés principalement à l'apport de la technologie RFID à l'amélioration de la sécurité des patients par la réduction des erreurs de dispensation. En effet, plusieurs facteurs contribuent aux erreurs de dispensation, c'est-à-dire de la sélection du bon médicament pour le bon patient, par l'infirmier. Nous pouvons citer dans ce contexte, la similitude qui peut exister entre les emballages et/ou les noms de médicaments pouvant tromper la vigilance de l'infirmier.

Dans cette thèse, nous avons proposé des solutions techniques dans le but d'encourager l'adoption de cette technologie en milieu de la santé. Une première contribution a abordé le problème de l'estimation des taux d'erreurs de dispensation à partir d'une liste de médicaments et cela sur la base de plusieurs facteurs de similitude. Le recours à cette estimation était dicté par l'absence de données sur les erreurs de dispensation/administration au sein de l'hôpital que nous avons considéré. L'étude de cas a porté sur le service de l'urgence médico-chirurgical de l'EHU d'Oran de l'établissement hospitalière universitaire d'Oran (EHU-Oran). L'étude a permis d'évaluer le gain en sécurité de dispensation lorsque nous optons pour une solution basée sur l'utilisation de RFID passif. Une configuration concrète de l'installation RFID a été proposée et nous avons montré ses avantages dans la détection des erreurs de dispensation par rapport aux technologies courantes.

Conclusion Générale

Une deuxième contribution a porté sur l'aspect économie d'énergie du système RFID, en le couplant avec un détecteur de mouvement, le tout géré par un microcontrôleur. Plusieurs scénarios et classes de consommation ont été étudiés, pour déterminer la meilleure configuration, en termes d'économie d'énergie, à choisir selon l'environnement en question. Un protocole d'aide à la décision a été synthétisé pour assister les décideurs dans leurs choix.

Une troisième contribution a concerné la détection immédiate d'illisibilité de tags qui vise à vérifier s'il existe une possible obstruction à la lecture des tags ou non, elle a pour but d'assurer que le système RFID est en état de bon fonctionnement. Ce souci est motivé par le domaine d'utilisation de la RFID, à savoir le domaine médical dans notre cas.

Les travaux de cette thèse ont fait l'objet de deux publications internationales et d'une communication internationale.

Comme perspectives à ce travail, il serait intéressant d'envisager l'utilisation des techniques de l'intelligence artificielle comme le data mining dans l'élaboration des matrices de similitude de médicaments, en faisant appel à des règles d'inférence de connaissances.

Une autre perspective consisterait à développer des applications mobiles middleware implémentables sur des Smartphones et tablettes pour rendre encore plus flexible et large l'utilisation des données RFID pour la gestion hospitalière dans sa globalité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Abdulkadhim, F. G., Yi, Z., & Khalid, M. (2020). Smart Pharmacy Monitoring System Based on Mqtt Protocol Using Rfid and Raspberry PI. *EUREKA : Physics and Engineering*, (2), 98-104

Agrawal, A. (2009). Medication errors: prevention using information technology systems. *British journal of clinical pharmacology*, 67(6), 681-686.

Aman, F. and Anitha, C. 2017. Motion sensing and image capturing based smart door system on android platform. 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS), 2346–2350, available at: <https://doi.org/10.1109/ICECDS.2017.8389871>.

Anacleto, T. A., Perini, E., Rosa, M. B., & César, C. C. (2005). Medication errors and drug-dispensing systems in a hospital pharmacy. *Clinics (São Paulo)*, 60(4), 325–332. doi:10.1590/S1807-59322005000400011 PMID:16138240

Anderson, J. G., & Abrahamson, K. (2017). Your Health Care May Kill You: Medical Errors. *Studies in Health Technology and Informatics*, 234, 13–17. PMID:28186008

Astaneh, A. A. and Gheisari, S. 2018. Review and comparison of routing metrics in cognitive radio networks. *Emerging Science Journal 2*: 191–201, available at: <https://doi.org/10.28991/esj-2018-01143>.

Austin, T. B., Duron, M. W., Stern, M. and Wulff, T. E. 2014. RFID reader with motion detection. Google Patents, available at: <https://patents.google.com/patent/US8681005B2/en>.

Bagchi, U., Guiffrida, A., O’Neill, L., Zeng, A., & Hayya, J. (2007). The effect of RFID on inventory management and control. In *TRends in supply chain design and management* (pp. 71-92). Springer, London.

Bakhsheshi, M. F., Ho, M., Keenlside, L. and Lee, T. -Y. 2019. Non-invasive monitoring of brain temperature during rapid selective brain cooling by zero-heat-flux thermometry. *Emerging Science Journal 3*: 1–9, available at: <https://doi.org/10.28991/esj-2019-01163>.

Balka, E., Kahnamoui, N., & Nutland, K. (2007). Who is in charge of patient safety? Work practice, work processes and utopian views of automatic drug dispensing systems. *International Journal of Medical Informatics*, 76, S48-S57.

Ball, M. J. (1971). An overview of total medical information systems. *Methods of information in medicine*, 10(02), 73-82.

Balog, M., Husár, J., & Iakovets, A. (2020). RFID System for Effective Managing of Medical Facilities. In *New Approaches in Management of Smart Manufacturing Systems* (pp. 1-23). Springer, Cham.

Barnett, G. O. (1974). Massachusetts general hospital computer system. *Hospital computer systems*. New York: Wiley, 517-45.

Berdot, S., Blanc, C., Chevalier, D., Bezie, Y., Lê, L. M. M., & Sabatier, B. (2019). Impact of drug storage systems: a quasi-experimental study with and without an automated-drug dispensing cabinet. *International Journal for Quality in Health Care*, 31(3), 225-230.

Berger, R. G., & Kichak, J. P. (2004). Computerized physician order entry: helpful or harmful? *Journal of the American Medical Informatics Association*, 11(2), 100-103.

Bing, Y., Baolong, L. and Hua, C. 2017. Review on RFID identity authentication protocols based on hash function. 2017 International Conference on Computer Network, Electronic and Automation (ICCNEA), 20–27, available at: <https://doi.org/10.1109/ICCNEA.2017.20>.

Bussi eres, J. F., & Prot, S. (2004). Perspective sur les pr eparations magistrales en pharmacie au Qu ebec. *Pharmactuel*, 37(3).

 AKıCı,  . E., Groenevelt, H., & Seidmann, A. (2011). Using RFID for the management of pharmaceutical inventory—system optimization and shrinkage control. *Decision Support Systems*, 51(4), 842-852.

Caleres, G., Modig, S., Midl ov, P., Chalmers, J., & Bondesson,  . (2020). Medication Discrepancies in Discharge Summaries and Associated Risk Factors for Elderly Patients with Many Drugs. *Drugs-Real World Outcomes*, 7(1), 53-62

Camacho-Cogollo, J. E., Bonet, I., & Iadanza, E. (2020). RFID technology in health care. In *Clinical Engineering Handbook* (pp. 33-41). Academic Press.

Cheng, C. -Y. and Prabhu, V. 2009. Experimental investigation of EMI on RFID in manufacturing facilities. 2009 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, 241–245, available at: <https://doi.org/10.1109/COASE.2009.5234152>.

Chhetri, B. T., Alsadoon, A., Prasad, P. W. C., Venkata, H. S., & Elchouemi, A. (2019, March). Enhanced Weighted Centroid Localization in RFID Technology: Patient Movement Tracking in Hospital. In *2019 5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS)* (pp. 910-915). IEEE.

Choudhary, S., Sharma, A., Srivastava, K., Purohit, H., & Vats, M. (2020). Read Range Optimization of Low Frequency RFID System in Hostile Environmental Conditions by Using RSM Approach. *Evergreen*, 7(3), 396-403.

Collen, M. F., & Miller, R. A. (2015). The early history of hospital information systems for inpatient care in the United States. In *The History of Medical Informatics in the United States* (pp. 339-383). Springer, London.

Costanzo, S., Costanzo, A., Raffo, A., & Borgia, A. (2016). Environmental effects on the performances of a UHF passive tag-based commercial RFID system. In *New Advances in Information Systems and Technologies* (pp. 317-323). Springer, Cham.

Costea, M., Golovanov, N., Grintescu, I. M., Stanciulescu, E. -L. and Gheorghe, S. 2014. Human exposure to electromagnetic fields produced by distribution electric power

installations. *Advances in Electrical and Computer Engineering* 14: 29–36, available at: <https://doi.org/10.4316/AECE.2014.01005>.

Cummings, J., Ratko, T., & Matuszewski, K. (2005). Barcoding to enhance patient safety. Agency for Healthcare Research and Quality Case and Commentary. <http://www.psqh.com/sepoct05/barcodingrfid1.html>.

Damghani, H., Hosseinian, H., & Damghani, L. (2019). Investigating attacks to improve security and privacy in RFID systems using the security bit method. In *2019 5th Conference on Knowledge Based Engineering and Innovation (KBEI)* (pp. 833-838). IEEE.

Dartevelle, A. (2010). *Circuit du médicament en milieu hospitalier: Etude comparée entre un hôpital en France et au Luxembourg* (Doctoral dissertation, UHP-Université Henri Poincaré).

del Carmen León-Araujo, M., Gómez-Inhieto, E., & Acaiturri-Ayesta, M. T. (2019). Implementation and Evaluation of a RFID Smart Cabinet to Improve Traceability and the Efficient Consumption of High Cost Medical Supplies in a Large Hospital. *Journal of medical systems*, 43(6), 178.

Deslich, S., & Coustasse, A. (2014). Expanding technology in the ICU: the case for the utilization of telemedicine. *Telemedicine and e-Health*, 20(5), 485-492.

Dobkin, D. M., & Weigand, S. M. (2005, June). Environmental effects on RFID tag antennas. In *IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest* (Vol. 2005, pp. 135-138).

Domdouzis, K., Kumar, B., & Anumba, C. (2007). Radio-Frequency Identification (RFID) applications: A brief introduction. *Advanced Engineering Informatics*, 21(4), 350-355.

Edoh, T. O., Pawar, P. A., Brügge, B., & Teege, G. (2016). A multidisciplinary remote healthcare Delivery system to increase health Care access, pathology screening, and Treatment in developing countries: The case of benin. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics (IJHISI)*, 11(4), 1-31.

Erdem, E., Zeng, H., Zhou, J., Shi, J., & Wells, D. L. (2009). Investigation of RFID tag readability for pharmaceutical products at item level. *Drug development and industrial pharmacy*, 35(11), 1312-1324.

Farhat, H., Iliev, P., Mariage, P., & Rolland, N. (2017, July). Passive UHF RFID system evaluation in a retail environment. In *2017 2nd International Multidisciplinary Conference on Computer and Energy Science (SpliTech)* (pp. 1-6). IEEE.

Fields, E., Cleveland, R. F. and Ulcek, J. L. 1999. Questions and answers about biological effects and potential hazards of radiofrequency electromagnetic fields. OET Bulletin, available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.704.6054>.

Fussell, J. 1975. How to hand-calculate system reliability and safety characteristics. *IEEE Transactions on Reliability* 24: 169–174, available at: <https://doi.org/10.1109/TR.1975.5215142>.

Gagnon, M. P., Desmartis, M., Labrecque, M., Car, J., Pagliari, C., Pluye, P., ... & Légaré, F. (2012). Systematic review of factors influencing the adoption of information and communication technologies by healthcare professionals. *Journal of medical systems*, 36(1), 241-277.

Ganguly, P., Khan, M., Hisham, M., Hossain, M., & Ul, I. (2018). RFID BASED PAPERLESS HOSPITAL.

Haddara, M., & Staaby, A. (2020). Enhancing Patient Safety: A Focus on RFID Applications in Healthcare. *International Journal of Reliable and Quality E-Healthcare (IJRQEH)*, 9(2), 1-17

Haque, A., Guo, M., Alahi, A., Yeung, S., Luo, Z., Rege, A., ... & Platchek, T. (2017). Towards Vision-Based Smart Hospitals: A System for Tracking and Monitoring Hand Hygiene Compliance. arXiv preprint arXiv:1708.00163.

Hernandez, S. and Sallis, P. 2019. Robust single target tracking using determinantal point process observations, available at: <https://doi.org/10.21307/ijssis-2020-001>.

Inoue, S., Hagiwara, D., & Yasuura, H. (2006, April). Systematic error detection for RFID reliability. In *First International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES'06)* (pp. 7-pp). IEEE.

Jiang, M., Xing, B., Sun, Z., Fu, P., Chen, H., Chen, M., ... & Wang, Y. (2006, January). A dynamic blood information management system based on RFID. In *Engineering in Medicine and Biology Society, 2005. IEEE-EMBS 2005. 27th Annual International Conference of the* (pp. 546-549). IEEE

Kadono, A., Toriya, Y., Matsuoka, S., & Okano, Y. (2019, September). Development of Operational UHF-RFID Tag Antenna Near The Lossy Liquid. In *2019 International Workshop on Electromagnetics: Applications and Student Innovation Competition (iWEM)* (pp. 1-2). IEEE.

Karsten, R. P. (2001). The use of flying null technology in the tracking of labware in laboratory automation. *JALA: Journal of the Association for Laboratory Automation*, 6(5), 67-70.

Ker, K., Edwards, P. J., Felix, L. M., Blackhall, K., & Roberts, I. (2010). Caffeine for the prevention of injuries and errors in shift workers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (5).

Khalil, E. G. A., & Osman, A. S. A. A Novel Method for Patients Identification in Emergency Cases using RFID based RADIO Technology.

Khan, S. A., Ahmad, I., Shufian, A. and Ahmed, M. S. 2019. A smart intruder alert system based on microprocessor and motion detection. 2019 International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST), 335–339, available at: <https://doi.org/10.1109/ICREST.2019.8644109>.

Références Bibliographique

Kim, D. S., Yoo, S. K., Kim, H. O., Chang, B. C., Bae, H. S., & Kim, S. J. (2007, November). Location based blood bag management using active rfid and ubiquitous sensor network. In *Information Technology Applications in Biomedicine, 2007. ITAB 2007. 6th International Special Topic Conference on* (pp. 320-322). IEEE

Koelle, A. R., Depp, S. W., & Freyman, R. W. (1975). *Short-range radio-telemetry for electronic identification, using modulated RF backscatter*. Los Alamos Scientific Lab., NM.

Koppel, R., Metlay, J. P., Cohen, A., Abaluck, B., Localio, A. R., Kimmel, S. E., & Strom, B. L. (2005). Role of computerized physician order entry systems in facilitating medication errors. *Jama*, 293(10), 1197-1203.

Kroeger, S., Drake, G. M., Crist, R., Fleig, T., Dallas, M., Siegel, N. et al. 2012. Doppler radar motion detector for an outdoor light fixture. Google Patents, available at: <https://patents.google.com/patent/US8232909B2/en>.

Lahiri, S. (2011). *U.S. Patent Application No. 12/564,301*.

Lacour, B., & Massy, Z. (2013). Diagnostic, suivi biologique de l'insuffisance rénale chronique et prise en charge de l'insuffisance rénale chronique terminale. *Revue francophone des laboratoires*, 2013(451), 59-73.

LANOUE, M. (2013). Outils de sécurisation et d'autoévaluation de l'administration des médicaments. *Le Pharmacien hospitalier et clinicien (Print)*, 48, 65-69.

Lee, C. Y., & Chen, Y. P. P. (2019). Machine learning on adverse drug reactions for pharmacovigilance. *Drug discovery today*.

Lee, J. (2015). Factors Affecting Health Information Technology Expenditure in California Hospitals. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics (IJHISI)*, 10(2), 1-13.

Leape, L. L. (1994). Error in medicine. *Jama*, 272(23), 1851-1857.

Lin, C. Y., & Hsieh, P. J. (2017). Development of an Automatic Dispensing System for Traditional Chinese Herbs. *Journal of healthcare engineering*, 2017.

Lin, L., Yu, N., Wang, T., & Zhan, C. (2011). Active rfid based infant security system. In *Communication Systems and Information Technology* (pp. 203-209). Springer, Berlin, Heidelberg

Ling, Y. 2015. Automatic human daily activity segmentation applying smart sensing technology. *International Journal on Smart Sensing & Intelligent Systems* 8: 1624–1640, available at: <https://doi.org/10.21307/ijssis-2017-822>.

Longuefosse Jean-Louis (2018) CHMD Martinique, https://www.adiph.org/ressources/documents-travail?task=download&file=seb_media_file&id=10468

Lvov, N., Khabarov, S., Todorov, A. and Barabanov, A. 2018. Versions of fiber-optic sensors for monitoring the technical condition of aircraft structures. *Civil Engineering Journal* 4: 2895–2902, available at: <https://doi.org/10.28991/cej-03091206>.

McGarry, L. 2004. Standby power challenge. Proceedings of 2004 International IEEE Conference on the Asian Green Electronics (AGEC), IEEE, 56–62, available at: <https://doi.org/10.1109/AGEC.2004.1290867>.

Micko, E. S. 2008. PIR motion sensor. Google Patents, available at: <https://patents.google.com/patent/US7399970B2/en>.

Miclaus, S., Bechet, P., Bouleanu, I. and Helbet, R. 2009. Radiofrequency field distribution assessment in indoor areas covered by wireless local area networks. *Advances in Electrical and Computer Engineering* 9: 52– 55, available at: <https://doi.org/10.4316/aece.2009.01009>.

Mouattah, A. & Hachemi, K. (2019, April). Immediate Non-readability Detection for RFID Reliability. In *2019 International Conference on Wireless Technologies, Embedded and Intelligent Systems (WITS)* (pp. 1-4). IEEE.

Mouattah, A., & Hachemi, K. (2020). The feasibility of motion sensor-based smart RFID system in improving the power saving.

Mouattah, A., & Hachemi, K. (2021). Estimation of Medication Dispensing Errors (MDEs) as Tracked by Passive RFID-Based Solution. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics (IJHISI)*, 16(3), 89-104.

Moghavvemi, M. and Seng, L. C. 2004. Pyroelectric infrared sensor for intruder detection. 2004 IEEE Region 10 Conference TENCON, 656–659, available at: <https://doi.org/10.1109/TENCON.2004.1415018>.

Moreno, A. M., Nuñez, M. N., Soto, G. R., Coetzee, J. C., Bohorquez, V. M., del Castillo, S. S. F., ... & Alonso, A. G. P. (2012). Return on investment for automated dispensing cabinets. *European Journal of Hospital Pharmacy: Science and Practice*, 19(2), 201-201.

Muroi, M., Shen, J. J., & Angosta, A. (2017). Association of medication errors with drug classifications, clinical units, and consequence of errors: Are they related?. *Applied Nursing Research*, 33, 180-185.

Ngai, E. W., Poon, J. K. L., Suk, F. F. C., & Ng, C. C. (2009). Design of an RFID-based healthcare management system using an information system design theory. *Information Systems Frontiers*, 11(4), 405-417.

Ohashi, K., Ota, S., Ohno-Machado, L., & Tanaka, H. (2010). Smart medical environment at the point of care: Auto-tracking clinical interventions at the bed side using RFID technology. *Computers in Biology and Medicine*, 40(6), 545-554.

Oren, E., Shaffer, E. R., & Guglielmo, B. J. (2003). Impact of emerging technologies on medication errors and adverse drug events. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 60(14), 1447-1458.

Ou Yang MH, Huang HL, Huang S. Applying RFID systems to improve the correctness of newborn identity reconfirmation. *Stud He* 2012

Pazour, J. A., & Meller, R. D. (2012). A multiple-drawer medication layout problem in automated dispensing cabinets. *Health care management science*, 15(4), 339-354.

Pérez, M. M., González, G. V., & Dafonte, C. (2017). The Development of an RFID Solution to Facilitate the Traceability of Patient and Pharmaceutical Data. *Sensors*, 17(10), 2247.

Pineles, L. L., Morgan, D. J., Limper, H. M., Weber, S. G., Thom, K. A., Perencevich, E. N., ... & Landon, E. (2014). Accuracy of a radiofrequency identification (RFID) badge system to monitor hand hygiene behavior during routine clinical activities. *American journal of infection control*, 42(2), 144-147.

Plessky, V. P., & Reindl, L. M. (2010). Review on SAW RFID tags. *IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control*, 57(3), 654-668.

Poon, E. G., Blumenthal, D., Jaggi, T., Honour, M. M., Bates, D. W., & Kaushal, R. (2004). Overcoming barriers to adopting and implementing computerized physician order entry systems in US hospitals. *Health Affairs*, 23(4), 184-190.

Poon, E. G., Cina, J. L., Churchill, W., Patel, N., Featherstone, E., Rothschild, J. M., ... & Gandhi, T. K. (2006). Medication dispensing errors and potential adverse drug events before and after implementing bar code technology in the pharmacy. *Annals of internal medicine*, 145(6), 426-434.

Potdar, Vidyasagar, Pedram Hayati, and Elizabeth Chang. "Improving RFID read rate reliability by a systematic error detection approach." In *2007 1st Annual RFID Eurasia*, pp. 1-5. IEEE, 2007.

Pous Solà, M., Fernández Chimeno, M. and Silva Martínez, F. 2010. RFID system evaluation against radiated transient noise. EMC Europe 2010 9th International Symposium on EMC Joint with 20th International Wroclaw Symposium on EMC, 625–628, available at: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/11256>.

Rahmati, A., Zhong, L., Hiltunen, M., & Jana, R. (2007, June). Reliability techniques for RFID-based object tracking applications. In *37th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN'07)* (pp. 113-118). IEEE.

Romero, A., & Lefebvre, E. (2015). Combining barcodes and RFID in a hybrid solution to improve hospital pharmacy logistics processes. *International Journal of Information Technology and Management*, 14(2-3), 97-123.

Sakowski, J. A., & Ketchel, A. (2013). The cost of implementing inpatient bar code medication administration. *The American journal of managed care*, 19(2), e38-45.

Sarac, A., Absi, N., & Dauzère-Pérès, S. (2010). A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 77-95.

Seidling, H. M., & Bates, D. W. (2019). The Pharmacoepidemiology of Medication Errors. *Pharmacoepidemiology*, 1046-1060.

Setia, P., Setia, M., Krishnan, R., & Sambamurthy, V. (2011). The effects of the assimilation and use of IT applications on financial performance in healthcare organizations. *Journal of the Association for Information Systems*, 12(3), 274.

Sharif, A., Ouyang, J., Yan, Y., Raza, A., Imran, M. A., & Abbasi, Q. H. (2019). Low-cost inkjet-printed RFID tag antenna design for remote healthcare applications. *IEEE Journal of Electromagnetics, RF and Microwaves in Medicine and Biology*, 3(4), 261-268.

Shenkman, A. L. 2006. *Transient Analysis of Electric Power Circuits Handbook*, Holon: Springer Science & Business Media.

Smiley, S. May 20th 2016. UHF RFID Tag Communications: Protocols and Standards. *Atlas RFIS store*. Link: <https://www.atlasrfidstore.com/rfid-insider/uhf-rfid-tag-communications-protocols-standards>

Sohail, M., Sun, D. W., & Zhu, Z. (2018). Recent developments in intelligent packaging for enhancing food quality and safety. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(15), 2650-2662.

Sovacool, B. K. and Del Rio, D. D. F. 2020. Smart home technologies in Europe: a critical review of concepts, benefits, risks and policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 120: 109663, available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109663>.

Sun, P. R., Wang, B. H., & Wu, F. (2008). A new method to guard inpatient medication safety by the implementation of RFID. *Journal of Medical Systems*, 32(4), 327-332.

Tan, B. 2019. Motion sensor light. Google Patents, available at: <https://patents.google.com/patent/USD866035S1/en>.

Thayanathan, V. (2019). Healthcare management using ICT and IoT based 5G. *Int J Adv Comp Sci Appl*, 10, 305-312.

Truitt, E., Thompson, R., Blazey-Martin, D., Nisai, D., & Salem, D. (2016). Effect of the implementation of barcode technology and an electronic medication administration record on adverse drug events. *Hospital pharmacy*, 51(6), 474-483.

Tsai, C. -H., Bai, Y. -W., Chu, C. -A., Chung, C. -Y. and Lin, M. -B. 2011. PIR-sensor-based lighting device with ultra-low standby power consumption. *IEEE Transactions on Consumer Electronics* 57: 1157–1164, available at: <https://doi.org/10.1109/TCE.2011.6018869>.

Références Bibliographique

Urbano, O., Perles, A., Pedraza, C., Rubio-Arreaez, S., Castelló, M. L., Ortola, M. D., & Mercado, R. (2020). Cost-effective implementation of a temperature traceability system based on smart RFID Tags and IoT services. *Sensors*, 20(4), 1163.

URL1: <https://pdf4pro.com/view/chapter-30-ensuring-good-dispensing-practices-2b88e9.html>

URL2: <https://medicalguidelines.msf.org/viewport/EssDr/francais/qualite-et-conservation-des-medicaments-16689304.html>

URL3: <https://basicmedicalkey.com/compounding-2/>

URL4: http://rx-wiki.org/index.php?title=Medication_safety#Medication_errors

URL5: <https://www.nccmerp.org/categorizing-medication-errors-algorithm-color>

URL6: <https://imgur.com/gallery/4fQfNRZ>

Van Der Togt, R., van Lieshout, E. J., Hensbroek, R., Beinat, E., Binnekade, J. M. and Bakker, P. 2008. Electromagnetic interference from radio frequency identification inducing potentially hazardous incidents in critical care medical equipment. *JAMA* 299: 2884–2890, available at: <https://doi.org/10.1001/jama.299.24.2884>.

Varshney, U. (2006). Using wireless technologies in healthcare. *International Journal of Mobile Communications*, 4(3), 354-368.

Voshall, B., Piscotty, R., Lawrence, J., & Targosz, M. (2013). Barcode medication administration work-arounds: a systematic review and implications for nurse executives. *JONA: The Journal of Nursing Administration*, 43(10), 530-535.

Wamba, S. F., Anand, A., & Carter, L. (2013). A literature review of RFID-enabled healthcare applications and issues. *International Journal of Information Management*, 33(5), 875-891.

Wamba, S. F., & Ngai, E. W. (2013). Internet of Things in healthcare: the case of RFID-enabled asset management. *International Journal of Biomedical Engineering and Technology* 45, 11(3), 318-335.

Wang, H., & Wu, F. (2013, May). Medical application based on Radio Frequency Identification (RFID). In *Software Engineering and Service Science (ICSESS)*, 2013 4th IEEE International Conference on (pp. 451-454). IEEE.

Wass, J. S., Littlefield, J. P., & Kocur, G. (2009). U.S. Patent No. 7,639,136. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Watson, C. J., Whitley, J. D., Siani, A. M., & Burns, M. M. (2020). Pharmaceutical Compounding: a History, Regulatory Overview, and Systematic Review of Compounding Errors. *Journal of Medical Toxicology*, 1-21.

Weinstein, R. 2005. RFID: a technical overview and its application to the enterprise. *IT Professional* 7: 27– 33, available at: <https://doi.org/10.1109/MITP.2005.69>.

Références Bibliographique

Williams, L. R., Fox, D. R., Bishop-Hurley, G. J. and Swain, D. L. 2019. Use of radio frequency identification (RFID) technology to record grazing beef cattle water point use. *Computers and Electronics in Agriculture* 156: 193–202, available at: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.11.025>.

Wu, F., Kuo, F., & Liu, L. W. (2005, August). The application of RFID on drug safety of inpatient nursing healthcare. In Proceedings of the 7th international conference on Electronic commerce (pp. 85-92).

Wyld, D. C. (2008). Genuine medicine? Why safeguarding the pharmaceutical supply chain from counterfeit drugs with RFID is vital for protecting public health and the health of the pharmaceutical industry. *Competitiveness review: an international business journal*, 18(3), 206-216.

Yao, W., Chu, C. H., & Li, Z. (2010, June). The use of RFID in healthcare: Benefits and barriers. In 2010 IEEE International Conference on RFID-Technology and Applications (pp. 128-134). IEEE.

Zare Mehrjerdi, Y. (2010). RFID-enabled healthcare systems: risk-benefit analysis. *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, 4(3), 282-300.

Zuffanelli, S., Aguila, P., Zamora, G., Paredes, F., Martin, F., & Bonache, J. (2016). A high-gain passive UHF-RFID tag with increased read range. *Sensors*, 16(7), 1150.

Zumsteg, P. and Qu, H. 2018. Reading RFID tags in defined spatial locations. Google Patents, available at: <https://patents.google.com/patent/US9892289B2/en>.

ANNEXES

Annexes

Annexe 1

La liste des médicaments dans le UMC de l'EHU.

Classe Thérapeutique	Dénomination de médicament	Concentration	Forme	Fréquence de demande
CARDIOLOGY	TRANEXAMIC ACID IV	500 mg	Injection	M
	ADRENALINE	0.25 mg	Injection	H
	ADRENALINE	1 mg	Injection	H
	AMIODARONE	150 mg	Injection	M
	DIGOXINE	0.5 mg	Injection	B
	DOBUTAMINE	250 mg	Injection	H
	DOPAMINE	200 mg	Injection	H
	DOPAMINE	50 mg	Injection	H
	EPHEDRINE	3%	Injection	H
	FUROSEMIDE	20 mg	Injection	H
	FUROSEMIDE	250 mg	Injection	H
	ISOPRENALINE	0.2 mg	Injection	B
	NICARDIPINE	10 mg	Oral solid	B
	NORADRINALINE	08 mg	Injection	H
	TRINITRINE	10 mg	Injection	H
INFECTIOUS	AMIKACINE	500 mg	Injection	M
	CEFAZOLINE	1 g	Injection	H
	CEFOTAXIME	1 g	Injection	H
	CIPROFLOXACINE	200 mg	Injection	H
	GENTAMICINE	80 mg	Injection	H
	IMIPENEME CISLASTATINE	500 mg	Injection	M
	METRONIDAZOLE	500 mg	Injection	H
	SULFAMETHOXAZOLE + TRIMETHOPRIM	400/80 mg	Injection	B
	VANCOMYCINE	500 mg	Injection	M
PSYCHOACTIVE AND NEUROLEPTICS	DIAZEPAM	10 mg	Injection	H
	GARDENAL	40 mg	Injection	H
	NIMODIPINE	10 mg	Injection	M
HEMATOLOGY	ALBUMINE IV	100 ml	Injection	H
	ALBUMINE IV	50 ml	Injection	H
	ETAMSYLATE	250 mg	Injection	H
	CALCIUM HEPARINATE	125000/IU	Injection	M
	ENOXAPARIN HEPARIN	4000/IU	Injection	H
	ENOXAPARIN HEPARIN	6000/IU	Injection	H
	ENOXAPARIN HEPARIN	8000/IU	Injection	H
	SODIUM HEPARIN	25000IU/5ml	Injection	H
	PHYTOMENADIONE	10 mg	Oral liquid	M
	PHYTOMENADIONE	10 mg	Injection	M
NUTRITION	NUTRISON	f/1l	Injection	B
PULMONOLOGY	SOL/INH	1Fl/100ml	Other	M
	SALBUTAMOL AERO	250 IU/	Other	H
	SALBUTAMOL NEBUL	5mg/ml	Other	H

Annexes

INFUSION SOLUTION	GELATINE FLUIDE MODIFEE	4%	Injection	B
	GLUCOSE SOL.	5%	Injection	H
	MANNITOL	/10	Injection	B
	SODIUM CHLORIDE	9% f/250ml	Injection	H
	SODIUM CHLORURE	9% f/500ml	Injection	H
ANTALGIC ANTI-INFLAMMATORY	DICLOFENAC SODIUM	75 mg	Injection	H
	PARACETAMOL ADULT	10mg/ml	Injection	H
	PARACETAMOL CHILD	2.40%	Injection	H
DERMATOLOGY	SOAKED COMPRESS	20*20cm	Other	H
	OXYQUINOL SALICYLIC ACID	Bottle/250	Other	H
	POVIDONE-IODINE	bottle/125	Other	B
	SILVER SULFADIAZINE	pot/500g	Other	B
GASTROLOGY	PURE ATROPINE	1mg/ml	Injection	M
	PARAFFIN OIL	bottle/150ml	ORAL liquid	H
	METOCLOPRAMIDE	10mg	Injection	H
	OCTREOTIDE ACETATE	500ug/ml	Injection	M
	OCTREOTIDE ACETATE	100ug/ml	Injection	M
	OMEPRAZOLE	40mg	Injection	H
	OMEPRAZOLE	40mg	Oral solid	H
	RANITIDINE	50 mg	Injection	H
ANESTHESIA	LIDOCAINE CHLORHYDRATE	2%	Injection	M
	VISCOUS LIDOCAINE	02g%	Injection	M
	MIDAZOLAME	5 mg	Injection	M
	ROCURONIUM	10mg/ml	Injection	M
	VECURONIUM BROMIDE	10mg	Injection	M
HYPO-ALLERGENIC	PROMETHAZINE	Bottle/200ml	Injection	B
ANTISPASMODIC	PHLOROGLUCINOL	10 mg	Injection	H
METABOLISM	CALCIUM CHLORIDE	10%	Injection	H
	DEXAMETHASONE	bottle/5ml	Injection	H
	HYDROCORTIZONE	20 mg	Injection	H
	FAST-ACTING HUMAN INSULIN	100 IU/ml	Injection	H
	MAGNESIUM SULFATE	10%	Injection	H
	METHYLPREDNISOLONE	40mg	Injection	H
	POLYSTYRENE SULFONATE	B/454g	Oral liquid	H
	POTASSIUM CHLORIDE	10%	Injection	H
	POTASSIUM GLUCONATE	7.46	Injection	H
	REHYDRATION SALT	8g/200ml	Oral liquid	H
	SODIUM BICARBONATE	4.20%	Injection	H
	SODIUM BICARBONATE	8.40%	Injection	H
SODIUM CHLORIDE	10%	Injection	H	
CONTRAST AGENT	IOBITRIDOL	300mg	Injection	H