



Des gens de soins et d'excellence

Centre hospitalier universitaire
de Sherbrooke

Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé



Compatibilité électromagnétique entre les technologies sans fil WIFI et les équipements médicaux





*CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE SHERBROOKE
Hôpital Fleurimont, 3001, 12^e Avenue Nord, Sherbrooke (Québec) J1H 5N4
Hôtel-Dieu, 580, rue Bowen Sud, Sherbrooke (Québec) J1G 2E8
Téléphone : (819) 346-1110*

Des gens de soins et d'excellence

*Unité d'évaluation des technologies et des modes
d'intervention en santé*

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE ENTRE LES TECHNOLOGIES SANS FIL *WIFI* ET LES ÉQUIPEMENTS MÉDICAUX



Christian Bellemare, M.Sc.
Renald Lemieux, M.Ing., Ph. D., M.ETS.

11 août 2005

© *Unité ÉTMIS 2005*

LA MISSION

L'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (ÉTMIS) du Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (CHUS) est un regroupement d'experts dont les avis sont susceptibles d'influencer les décisions prises par l'administration hospitalière concernant les investissements en technologie de la santé, l'implantation des technologies émergentes, les changements dans la pratique des soins et les modes d'intervention en santé (dispensation des soins et organisation des services). Le créneau privilégié par le comité directeur de l'Unité ÉTMIS est « *L'évaluation des pratiques et des modes d'intervention en santé* ». Les évaluations tiennent compte de plusieurs volets dont l'efficacité, la sécurité et l'efficience des technologies, ainsi que les impacts éthiques, légaux, sociaux et économiques liés à l'implantation et à l'administration desdites technologies. L'approche globale de l'Unité ÉTMIS est de développer l'évaluation des technologies en respectant les priorités établies dans la planification stratégique et les projets conjoints avec le Centre de recherche Etienne-Le Bel du CHUS.

LES MEMBRES

Dr Maurice Roy, M.D., LL.M., M.A.P., directeur

Directeur général adjoint et directeur des Services professionnels du CHUS.

Renald Lemieux, M. Ing., Ph. D., M.ETS., coordonnateur

Physicien médical, Direction des services professionnels du CHUS

Christian Bellemare, M. Sc., conseiller en évaluation des technologies

Mathématicien & informaticien, Unité ÉTMIS du CHUS.

AVANT-PROPOS

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE ENTRE LES TECHNOLOGIES SANS FIL *WIFI* ET LES ÉQUIPEMENTS MÉDICAUX

Les technologies sans fil ont été introduites depuis plusieurs années dans de nombreux domaines tels que l'aviation, les services militaire, de police et d'incendie dans l'optique d'améliorer les communications. Leur apparition dans les centres hospitaliers est principalement due à la grande disponibilité de ces technologies sur le marché et à leur utilisation grandissante tant par les employés que par les patients ou les visiteurs.

Depuis 1994, plusieurs études, dont celles publiées par Santé Canada, montrent que les technologies sans fil peuvent interférer avec le fonctionnement de certains équipements médicaux. Les dysfonctions recensées sont multiples et peuvent parfois affecter la santé des patients. Pour des raisons de sécurité, l'usage des technologies sans fil, plus particulièrement les cellulaires, a été interdit dans les centres hospitaliers.

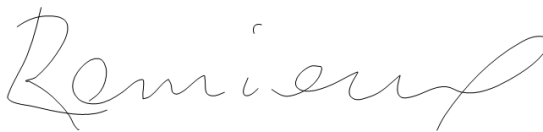
Aujourd'hui, les fabricants de technologies sans fil et d'équipements médicaux sont beaucoup plus sensibilisés à la notion d'interférence électromagnétique. Des normes de compatibilité électromagnétique ont été établies et on retrouve sur le marché de nouvelles technologies sans fil de faible puissance et des équipements médicaux compatibles aux ondes électromagnétiques. Les technologies sans fil de faible puissance sont jugées à faible risque d'interférer avec les équipements médicaux. Leur déploiement et utilisation sécuritaire dans les centres hospitaliers doit cependant suivre une politique bien établie et approuvée par l'administration hospitalière. Dans ce contexte, tout processus d'acquisition de technologie hospitalière devrait comprendre une étude de compatibilité électromagnétique.

Dans le cadre du déploiement de technologies sans fil de faible puissance, la Direction des technologies de l'information du CHUS a demandé à l'Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (Unité ÉTMIS) du CHUS d procéder à une étude de compatibilité électromagnétique entre ces technologies sans fil et les équipements médicaux.

En remettant ce rapport, nous souhaitons apporter aux demandeurs, ainsi qu'aux professionnels oeuvrant en milieu hospitalier, des éléments d'information qui leur permettront 1) de mieux cibler les enjeux reliés aux interférences électromagnétiques, 2) de considérer certains de ces éléments dans leur propre processus d'acquisition d'équipements et 3) de mieux définir les modalités d'utilisation des technologies sans fil en milieu hospitalier.



D^r Maurice Roy, M.D., LL.M., M.A.P.,
Directeur



Renald Lemieux, M.Ing., Ph.D., M.ETS.
Coordonnateur

REMERCIEMENTS

Ce rapport a été préparé, suite à une demande de la Direction des technologies de l'information du Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (CHUS), par Christian Bellemare, M. Sc., conseiller à l'Unité ÉTMIS et par Renald Lemieux, M. Ing., Ph. D., M.ETS., coordonnateur de l'Unité ÉTMIS.

La production de ce document est le résultat d'un long travail de recherche, mais qui n'aurait pu être complétée sans le soutien des gens qui nous ont donné temps, conseils et le bénéfice de leurs expériences.

Tout d'abord, nous souhaitons remercier le Service de génie biomédical pour ses contributions techniques et la disponibilité des équipements médicaux. Plus particulièrement, nous remercions monsieur **Denis Derome**, chef du Service de génie biomédical et directeur adjoint de la Direction des technologies de l'information, monsieur **David Bouvet**, physicien médical et les techniciens de ce service qui ont mis leurs expériences à contribution : **René Rattelade**, **Daniel Grigorie**, **Luc Lacroix**, **Sylvain Hallée** et **David Audet**.

Les services des télécommunications et d'informatique ont fourni le support et le matériel de communication sans fil afin de réaliser notre étude en laboratoire. Des Services des télécommunications, nous remercions monsieur **Mario Gendron**, chef du Service des télécommunications ainsi que monsieur **Jean Remillard**. Du Service de l'informatique, nous remercions monsieur **Normand Bilodeau**, responsable de la réseautique et de la sécurité informatique et monsieur **Dany Hamel**.

Finalement, nous remercions monsieur **Luca Dellapina**, de la compagnie GH communications, pour son soutien technique en communication sans fil.

RÉSUMÉ

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer le risque de provoquer des dysfonctions sur les équipements médicaux suite à l'émission d'ondes électromagnétiques produites par deux technologies sans fil de type *WiFi* : le téléphone Journal of Orthopaedic Trauma Spectralink (Netlink e340) et la tablette PC de marque HP (modèle TC1100).

Cette étude a été réalisée en deux volets. D'abord, une évaluation en laboratoire de la compatibilité électromagnétique a été effectuée suivant une méthodologie développée par un groupe de spécialistes et publiée par l'organisme ANSI. Cette procédure a été adaptée au contexte du CHUS. Ensuite une étude de surveillance en milieu clinique a été effectuée sur une période de six mois selon une méthodologie développée au CHUS. Chacune de ces méthodes est dite qualitative. L'objectif visé était de déterminer si l'activation de la technologie sans fil interférait électromagnétiquement sur le fonctionnement des équipements médicaux. Ces méthodes ne visaient pas la quantification du degré de compatibilité des équipements médicaux testés aux ondes électromagnétiques.

Au cours de cette étude, 23 équipements médicaux ont été testés. Seule la fréquence respiratoire d'un seul ventilateur Bear 1000 a été perturbée par l'émission d'ondes électromagnétiques produites par les appareils sans fil. Cette perturbation a cependant été reconnue comme étant non significative selon les données techniques de l'appareil et n'affecte en rien le traitement du patient. Il en est de même pour les données.

Les résultats obtenus concordent avec l'hypothèse de départ à savoir que les technologies sans fil de faible puissance, tel que le *WiFi*, ont un faible risque de provoquer des dysfonctions majeures, suite à l'interaction de leur énergie électromagnétique sur les composantes électroniques des équipements médicaux.

Les résultats de la présente étude ainsi que ceux obtenus de la littérature permettent de conclure à l'utilisation sécuritaire des technologies sans fil de type *WiFi* à l'intérieur d'un centre hospitalier, selon huit (8) recommandations : 1) mettre à jour régulière de la politique d'utilisation sécuritaire des technologies sans fil du CHUS, 2) rendre accessible cette politique à tout le personnel, patients et visiteurs, 3) éduquer le personnel à reconnaître les technologies sans fil et le sensibiliser aux impacts de leur utilisation sur le fonctionnement des équipements médicaux, 4) mettre en place une procédure de déclaration des incidents liés aux IEM et créer un répertoire d'incidents afin d'optimiser la gestion efficace et sécuritaire des communications sans fil, 5) créer une équipe multidisciplinaire responsable des communications sans fil afin de réaliser une gestion efficace et sécuritaire des communications sans fil et d'assurer la pérennité du processus de déclaration des incidents, 6) remplacer tous les téléphones sans fil de 900 Mhz par des téléphones de 2,4 Ghz afin d'uniformiser les communications, 7) exiger la certification IEC 601-1-2 dans toute nouvelle acquisition d'équipements médicaux comportant des composantes électroniques et 8) inclure une évaluation de la CEM dans les procédures d'entretien préventif des équipements médicaux.

ABRÉVIATIONS ET DÉFINITIONS

AHQ	<i>Association des hôpitaux du Québec</i>
AMA	<i>American Medical Association</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
CEM	<i>Compatibilité électromagnétique</i>
CHUS	<i>Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke</i>
CUSM	<i>Centre universitaire de santé McGill</i>
ECG	<i>Électrocardiogramme</i>
ECRI	<i>Emergency Care Research Institute</i>
ÉTMIS	<i>Évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé</i>
GBM	<i>Génie biomédical</i>
GHz	<i>Giga hertz</i>
GTSF	<i>Groupe des télécommunications sans fil</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEM	<i>Interférence(s) électromagnétique(s)</i>
MHz	<i>Méga hertz</i>
mW	<i>Milli watt</i>
PCS	<i>Personal Communication Services</i>
REM	<i>Radiation électromagnétique</i>
RF	<i>Radiofréquence</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
TI	<i>Technologie de l'information</i>
V/m	<i>Volt par mètre</i>
W	<i>Watt</i>
WiFi	<i>Wireless fiability</i>

TABLE DES MATIÈRES

1.	Introduction.....	1
2.	Objectifs de l'évaluation	2
2.1	Objectif Principal	2
2.2	Critères de jugement principaux	2
2.3	Hypothèse testée	2
2.4	Objectifs secondaires.....	2
3.	Recensement des écrits.....	3
3.1	Introduction	3
3.2	Principales caractéristiques des appareils sans fil.....	3
3.3	Onde électromagnétique.....	4
3.4	Rayonnement électromagnétique en milieu hospitalier	5
4.	Méthodologie d'évaluation.....	14
4.1	Introduction	14
4.2	Sélection des équipements médicaux	14
4.3	Sélection de l'aire de tests	16
4.4	Emplacement de l'équipement médical dans l'aire de tests	16
4.5	Critères de fonctionnement des équipements médicaux	17
4.6	Distances initiale et minimale recommandées.....	18
4.7	Procédure de tests.....	19
4.8	Distance minimale sécuritaire	20
4.9	Surveillance des phénomènes reliés aux IEM en milieu clinique.....	21
5.	Résultats	23
5.1	Changements significatifs	23
5.2	Résultats des tests effectués en laboratoire	23
5.3	Résultats de la surveillance en milieu clinique des incidents pouvant être reliés à une IEM.....	30
6.	Discussion	31
6.1	Approches envisagées face à la CEM	31
6.2	Méthodologies et leurs limitations.....	32
6.3	Analyse des résultats.....	33
6.4	Recommandations	34

7. Conclusion.....	37
Annexe 1.....	38
Annexe II.....	39
Annexe III.....	41
Annexe IV	43
Annexe V	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3-1 Résumé des principaux éléments de la littérature portant sur la CEM.....	7
Tableau 3-2 Distances recommandées en fonction de la puissance de l'émetteur et de l'immunité aux IEM des équipements médicaux. Comparaison entre les valeurs théoriques et celles recommandées par l'IEC.	13
Tableau 4-1 Équipements médicaux sélectionnés sur lesquels l'évaluation de la compatibilité électromagnétique en milieu contrôlé a été effectué.	15
Tableau 4-2 Distances minimale et initiale recommandées par l'organisme ANSI.....	18
Tableau 5-1 Description des symboles utilisés pour caractériser les observations effectuées lors des tests. Ces symboles servent à compléter les tableaux de résultats.	23
Tableau 5-2 Résultats des tests effectués sur l'ensemble des ventilateurs du CHUS. Ces tests ont été effectués en utilisant une tablette PC muni d'une carte <i>WiFi</i> selon la méthode décrite au chapitre 4.	24
Tableau 5-3 Résultats des tests effectués sur une sélection de défibrillateurs et un stimulateur du CHUS. Ces tests ont été effectués en utilisant une tablette PC munie d'une carte <i>WiFi</i> selon la méthode décrite au chapitre 4.	25
Tableau 5-4 Résultats des tests effectués sur deux hémodialyseurs du CHUS. Ces tests ont été effectués en utilisant une tablette PC munie d'une carte <i>WiFi</i> selon la méthode décrite au chapitre 4.	26
Tableau 5-5 Résultats des tests effectués sur deux équipements d'hémofiltration du CHUS. Ces tests ont été effectués en utilisant une tablette PC munie d'une carte <i>WiFi</i> selon la méthode décrite au chapitre 4.	27
Tableau 5-6 Résultats des tests effectués sur une sélection de pompes à soluté du CHUS. Ces tests ont été effectués en utilisant une tablette PC munie d'une carte <i>WiFi</i> selon la méthode décrite au chapitre 4.	28
Tableau 5-7 Résultats des tests effectués sur une sélection de pouces seringue du CHUS. Ces tests ont été effectués en utilisant une tablette PC munie d'une carte <i>WiFi</i> selon la méthode décrite au chapitre 4.	28
Tableau 5-8 Résultats des tests effectués sur un incubateur du CHUS. Ces tests ont été effectués en utilisant une tablette PC munie d'une carte <i>WiFi</i> selon la méthode décrite au chapitre 4.	29
Tableau II-1 Liste des équipements médicaux testés par Dr Kok-Swang Tan dans leurs environnements	39

LISTE DES FIGURES

- Figure 3-1 - (a) Onde électromagnétique. Les composantes électriques et magnétiques (composantes orthogonales entre elles) sont montrées. (b) Le spectre électromagnétique. 5
- Figure 3-2 - Pourcentage d'équipements médicaux affectés par des IEM selon les études de Segal Erreur ! Source du renvoi introuvable.. Trente-neuf appareils testés sur un Walkie-Talkie de 5 Watt, 20 appareils testés sur un Walkie-Talkie de 4 Watt, 33 appareils testés sur un cellulaire analogique de 0,6 Watt, 27 appareils testés sur un cellulaire numérique de 0,6 Watt et 15 appareils testés sur un CT2 de 0,01 Watt. 10
- Figure 4-1 – Différentes positions de l'appareil sans fil. Une sonde et un simulateur sont montrés. L'orientation 4, derrière l'appareil, n'est pas montrée. 17
- Figure IV-1 : Dispositif sans fil. (a) Téléphone sans fil Spectralink Netlink e340 *Wifi* 802.11b. (b) Tablette-PC HP TC1100 *Wifi* 802.11b. (c) Antenne AVAYA AP-6 *Wifi* 802.11a/b/g. 43

CHAPITRE 1

1. INTRODUCTION

Au cours des dernières années, les centres hospitaliers ont subi une augmentation de la demande d'utilisation des technologies sans fil à l'intérieur de leurs services. Ce moyen particulier d'échanger rapidement l'information est vu comme un processus d'amélioration de la qualité des soins. À titre d'exemple, il est démontré [9] qu'un réseau sans fil pouvant acheminer des données de la chambre du patient aux autres intervenants (ex : la pharmacie) peut diminuer le risque d'erreur de transcription et augmenter la vitesse de traitement.

Cependant, depuis 1994, des études effectuées par Santé Canada montrent que les technologies sans fil peuvent interférer avec le fonctionnement de certains équipements médicaux, voire même le perturber. Les dysfonctions recensées causeraient des inconvénients pouvant affecter la santé des patients [10].

L'interdiction des cellulaires dans les centres hospitaliers découle d'une de ces études [1]. L'exemple d'une chaise roulante motorisée qui s'active d'elle-même en présence d'un cellulaire [7] montre bien les dangers réels des interférences électromagnétiques (IEM) sur les circuits électroniques des équipements. Bien d'autres équipements médicaux [12] auraient modifié leur fonctionnement suite à des émissions d'ondes électromagnétiques par des technologies sans fil telles que les pompes à soluté, les respirateurs et les stimulateurs cardiaques.

Les technologies sans fil émettent de l'énergie électromagnétique qui se propage

dans l'air entre l'appareil émetteur et le récepteur (point d'accès au réseau) en passant par tout autre objet de l'environnement dont les équipements médicaux. L'onde transmise peut entrer en collision avec les circuits électroniques des équipements qui se trouvent sur son passage. Ces collisions favorisent l'émergence d'IEM pouvant causer des dysfonctions sur des équipements médicaux jusqu'à les endommager gravement. Une telle situation peut compromettre la sécurité des patients.

Dans le but de préserver la sécurité des patients, la Direction des technologies de l'information (TI) du CHUS a mandaté l'Unité ÉTMIS afin d'évaluer le niveau de fonctionnement des équipements médicaux en présence d'ondes électromagnétiques générées par des technologies sans fil de type *WiFi*.

Dans cette étude, deux appareils sans fil de faible puissance d'émission ont été évalués : le téléphone de marque Spectralink (modèle Netlink e340) et la tablette PC de marque HP (modèle Compaq TC1100). Ces appareils sont montrés à l'annexe IV.

Plusieurs hôpitaux possèdent déjà ces types de technologie. L'Hôpital général de Montréal est un bon exemple puisqu'il compte plus de 500 téléphones de marque Spectralink. Le fait qu'aucun incident relié aux IEM causées par ces téléphones sur les équipements médicaux n'ait jamais été rapporté dans ce centre hospitalier ne garantit pas le bon fonctionnement des équipements médicaux en présence d'ondes électromagnétiques de faible puissance.

CHAPITRE 2

2. OBJECTIFS DE L'ÉVALUATION

2.1 Objectif Principal

L'objectif poursuivi par l'Unité ÉTMIS est d'évaluer la compatibilité électromagnétique (CEM) entre deux appareils de communication sans fil de type *WiFi* et des équipements médicaux dont l'impact d'un mauvais fonctionnement de ces derniers sur la santé des patients est jugé problématique ou critique par le Service de génie biomédical (GBM) du CHUS.

2.2 Critères de jugement principaux

Le Service de GBM possède une description de la tolérance des équipements médicaux face aux variations de leurs paramètres de fonctionnement. Lors des entretiens préventifs, les professionnels de ce service recueillent les valeurs des différents paramètres de fonctionnement des équipements médicaux et les archivent dans une banque de données pour les valider et les comparer aux valeurs recueillies antérieurement.

Le jugement professionnel du technicien du Service de GBM responsable de l'équipement médical et l'analyse des variations de ses paramètres de fonctionnement permettent d'identifier la cause d'un mauvais fonctionnement de l'équipement médical. Le présent projet utilise ces critères pour déterminer le niveau de dysfonctionnement des équipements

médicaux soumis à l'émission d'ondes électromagnétiques.

2.3 Hypothèse testée

L'hypothèse de départ est la suivante : *les ondes électromagnétiques émises par les technologies sans fil de type WiFi ont un faible risque de perturber le fonctionnement d'un équipement médical localisé à une distance supérieure à 0,25 mètre de la technologie sans fil.*

2.4 Objectifs secondaires

L'élaboration de ce rapport dégage un objectif sous-jacent qui est d'acquérir et de maintenir de nouvelles compétences en matière de gestion des radiofréquences à l'intérieur d'un milieu aussi complexe qu'un centre hospitalier. Ces compétences seront utiles afin de procéder à une analyse approfondie de la CEM des équipements médicaux avant et durant l'implantation de technologies sans fil ayant des caractéristiques différentes. Ce rapport permettra peut-être de diminuer l'inquiétude face à la présence de technologies sans fil en milieu hospitalier. Nous espérons que ce rapport incitera d'autres institutions à prendre la responsabilité d'effectuer des tests de CEM pour assurer le bon fonctionnement de leurs équipements médicaux, dans les conditions usuelles d'utilisation, en présence de technologies sans fil.

CHAPITRE 3

3. RECENSEMENT DES ÉCRITS

3.1 Introduction

Ce chapitre présente les principales informations répertoriées dans la littérature sur les IEM en relation avec l'ensemble des technologies sans fil en milieu hospitalier. Même si l'évaluation présentée dans ce rapport porte uniquement sur une technologie sans fil de faible puissance (le *WiFi*), cette revue de la littérature inclue aussi les technologies sans fil de puissance plus élevée, telles que les cellulaires et les *Walkie-Talkies*, dans l'optique d'utiliser ces connaissances lors de projets futurs.

Les problèmes reliés aux IEM sont connus depuis plusieurs années dans les domaines des communications, de l'aviation, de l'automobile et de l'industrie informatique, mais demeurent peu connus dans le domaine de la santé. Les IEM sont toujours une source de crainte et de confusion pour plusieurs professionnels oeuvrant dans de nombreuses sphères d'activités. Dans ce contexte, il est important de dissiper tous malentendus à ce sujet, car l'expansion et le développement des communications sans fil évoluent très rapidement.

Règle générale, les IEM sur les équipements médicaux sont causées par l'interaction de l'énergie électromagnétique, émise par les technologies sans fil ou autre source produisant cette d'énergie, avec les circuits électriques de ces équipements. Cette interaction peut provoquer des dysfonctions sur les modules électroniques sensibles tels que les microprocesseurs et les senseurs.

N'oublions pas que les équipements médicaux mal protégés contre les IEM peuvent être incompatibles aux ondes électromagnétiques générées par bien d'autres technologies que celles utilisées dans les communications sans fil : les équipements médicaux eux mêmes, comme la résonance magnétique, en sont un exemple pour le milieu hospitalier, mais ailleurs, nous retrouvons les téléviseurs et les systèmes de protection contre le vol.

Puisqu'il est possible de retrouver des phénomènes reliés aux IEM dans tous les milieux de la vie courante, il est important de bien comprendre ces phénomènes afin d'assurer une gestion adéquate de la technologie, qu'elle soit médicale ou non.

3.2 Principales caractéristiques des appareils sans fil

La fréquence, en Hertz, et la puissance, en Watt, sont deux éléments fondamentaux qui caractérisent l'onde électromagnétique permettant la communication entre deux appareils sans fil. Une description plus élaborée de ce qu'est une onde électromagnétique se retrouve à la section 3.3.

La puissance est l'élément qui sert à classer les appareils sans fil en trois catégories : faible, moyenne et forte puissance. À titre d'exemple, le Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (CHUS) a choisi un réseau *WiFi* de faible puissance comme support de communication sans fil. Deux

types d'appareils sans fil ont été implantés au CHUS : le téléphone sans fil de marque Spectralink et la tablette PC de marque HP. Ces dispositifs sans fil utilisent le réseau *WiFi* du CHUS.

Le téléphone Spectralink fonctionne avec une onde porteuse de 2,4 GHz et émet à une puissance maximale de 100mW. La compagnie Spectralink estime que la puissance moyenne d'émission de leurs téléphones est d'environ 10mW avec une architecture de réseau dite convenable. Une architecture convenable fait référence à la couverture du réseau sans fil. Cette architecture doit être dessinée de sorte que les ondes des bornes d'accès au réseau se chevauchent suffisamment pour garantir que chaque appareil sans fil soit à l'intérieur d'un périmètre donné de la borne d'accès au réseau la plus près. Notons que plus la borne d'accès au réseau sans fil est éloignée de l'appareil de communication sans fil, plus ce dernier émet une puissance élevée afin de garantir une communication efficace et sans coupure. La variation de l'amplitude de la composante électrique du champ électromagnétique dégagé par ce type d'appareil (téléphone Spectralink) est de l'ordre de 0,1V/m, calculé à une distance de un mètre. Ces téléphones utilisent la norme *WiFi* 802.11b [17].

La tablette PC, quant à elle, permet de transférer des données via un réseau sans fil du même type que celui du téléphone Spectralink, soit le *WiFi*. Cette technologie utilise aussi une onde porteuse de fréquence de 2,4 GHz et émet à une puissance maximale de 100mW. Cependant, la puissance moyenne d'émission est de l'ordre de 30mW.

Le téléphone cellulaire, ainsi que les autres technologies similaires, telles que les agendas électroniques et les pagettes bidirectionnelles, sont classés dans la catégorie d'équipements de puissance

moyenne. Le cellulaire utilise une fréquence d'émission variant de 800 MHz à 900 MHz et plus (en Amérique du nord) et transmet à une puissance d'environ 600mW. Cette puissance est 6 à 60 fois plus élevée que celle utilisée par les appareils sans fil de type *WiFi*.

Finalement, le Walkie-Talkie est un appareil dit de forte puissance. Il utilise une fréquence d'émission variant entre 172 et 462 MHz et transmet à une puissance d'environ 2 à 6 Watts, soit 20 à 600 fois plus élevée que celle utilisée par les appareils sans fil de type *WiFi*.

3.3 Onde électromagnétique

Une onde électromagnétique est formée de la propagation de deux énergies sinusoïdales périodiques, l'une électrique et l'autre magnétique. Ces énergies sont orthogonales entre elles et à l'axe de propagation, comme le montre la figure 3-1a. Les ondes radio, les micro-ondes, les rayons infrarouges, les rayons-X, les rayons cosmiques et les ondes lumineuses visibles et ultraviolettes sont des ondes électromagnétiques. Tous les appareils de communication sans fil produisent des champs électriques et magnétiques. Une onde électromagnétique est caractérisée par une vitesse, une puissance, une fréquence et une longueur d'onde. Dans le vide, l'onde électromagnétique se propage à la vitesse de la lumière, soit $3 \times 10^8 \text{ m/s}$. La puissance, exprimée en Watt, correspond à l'amplitude de l'onde. La fréquence est le nombre de cycles qu'effectue une onde par seconde. Elle est exprimée en hertz. Finalement, la longueur d'onde (λ) est étroitement liée à la fréquence car elle est inversement proportionnelle à celle-ci selon la relation suivante :

$$\lambda = \frac{\text{vitesse}(m/s)}{\text{fréquence}(s^{-1})}$$

Équation 3-1

La longueur d'onde est la distance séparant deux crêtes successives d'une onde périodique.

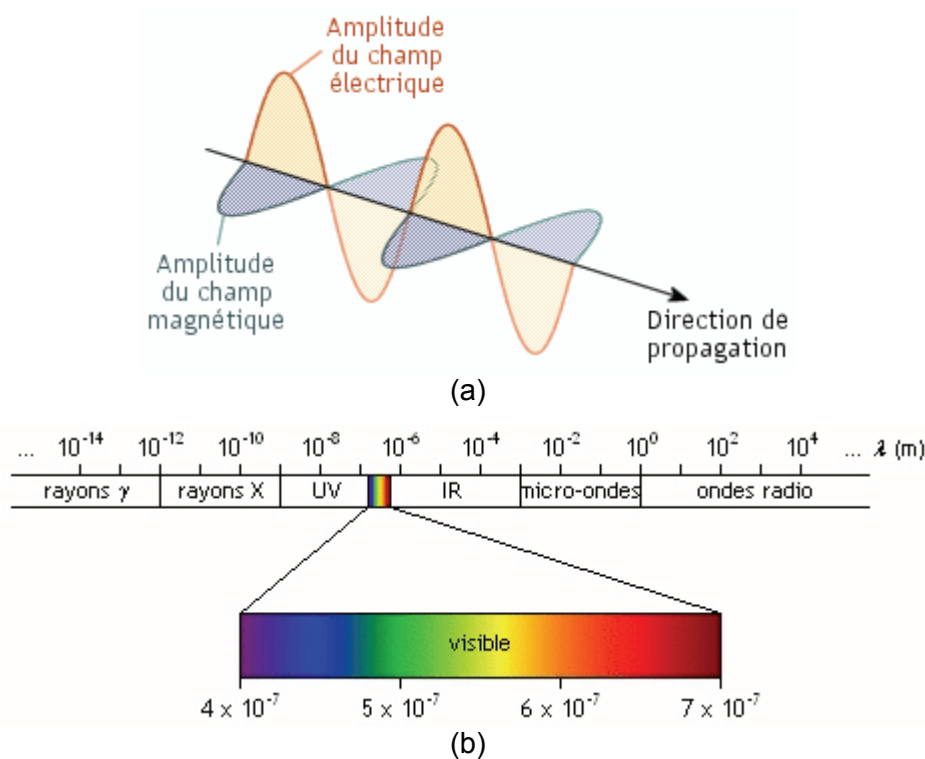


Figure 3-1 - (a) Onde électromagnétique. Les composantes électriques et magnétiques (composantes orthogonales entre elles) sont montrées. (b) Le spectre électromagnétique.

3.4 Rayonnement électromagnétique en milieu hospitalier

Tout déploiement d'une technologie sans fil dans un centre hospitalier devrait être précédée d'une évaluation de la compatibilité électromagnétique entre les équipements médicaux et les dispositifs sans fil. Le terme « compatibilité » est défini ici comme la capacité d'un système à accepter tout niveau d'ondes électromagnétiques provenant d'autres sources sans modifier son niveau de fonctionnement.

Similairement, un équipement médical jouit d'un niveau mesurable d'immunité aux ondes électromagnétiques s'il fonctionne efficacement lorsqu'il est exposé à un niveau d'ondes électromagnétiques inférieur ou égal à un niveau seuil pour lequel une dégradation du fonctionnement de l'équipement est notée.

Parmi les trois catégories d'appareils sans fil mentionnés à la section 3.2, celle qui risque le moins de déclencher des IEM est la catégorie dite de faible puissance. Elle inclut les téléphones sans fil utilisant le réseau téléphonique de base, les téléavertisseurs unidirectionnels et les réseaux sans fil de type *WiFi*. Notons que les téléavertisseurs unidirectionnels ne causent pas d'IEM car ils

n'émettent pas d'ondes électromagnétiques. Ces appareils n'émettent pas d'information, ils ne font qu'en recevoir.

Malgré le faible potentiel que les appareils sans fil de faible puissance provoquent le dysfonctionnement des équipements médicaux par le biais d'IEM, il n'est pas recommandé [1] de les utiliser dans les aires critiques comme les salles d'opération, les urgences et les soins intensifs avant d'avoir vérifié que leur utilisation est sécuritaire.

Les IEM sur les équipements électroniques sont fonction de la fréquence utilisée par le transmetteur, de sa puissance, du milieu physique dans lequel des ondes électromagnétiques transitent, comme les surfaces dures ou molles, de la distance séparant l'émetteur sans fil et l'équipement électronique (médical) et de l'immunité de ce dernier.

En général, le risque d'avoir une IEM diminue si la puissance de l'émetteur sans fil diminue, sa fréquence augmente et la distance entre celui-ci et les équipements électroniques augmente.

Les moniteurs de respiration, les pompes à infusion, les ventilateurs d'oscillation, les

systèmes de dialyse et les unités chauffantes pour nouveaux-nés sont reconnus pour être des équipements médicaux sensibles aux IEM. Selon les études de Morin [14], les équipements médicaux du bloc opératoire et des soins intensifs dont la fonction est d'analyser les signes vitaux d'un patient sont très sensibles aux IEM pour deux raisons. La première est que ces appareils mesurent de très faibles différences de potentiels. La seconde est que le corps humain ainsi que les fils qui y sont connectés agissent comme des antennes occasionnant ainsi une plus grande réception des ondes électromagnétiques.

Depuis les 15 dernières années, plusieurs chercheurs et organismes ont présenté des résultats portant sur les IEM impliquant les technologies sans fil et les équipements médicaux.

Voici un tableau qui résume les éléments principaux répertoriés dans la littérature sur la CEM des équipements médicaux. Les éléments ont été classés selon la puissance de l'émetteur sans fil, de la plus élevée à la plus faible.

Tableau 3-1
Résumé des principaux éléments de la littérature portant sur la CEM.

	Puissance d'émission (Watt)	Fréquence d'émission (Mhz)	Procédure d'évaluation	Conclusions, observations et recommandations
Walkie-Talkies	4 à 5	172 à 462	ANSI c63.18 [4]	Bernard Segal [15] (59 équipements testés): Les IEM diminuent de façon exponentielle avec la distance entre l'équipement médical et l'émetteur sans fil. Le risque d'IEM est élevé.
			— ¹	ECRI [6] : Recommande d'utiliser les <i>Walkie-Talkies</i> en mode écoute seulement si l'utilisateur est à une distance inférieure à 600 cm d'un équipement médical.
Cellulaires	0,6	~ 850	ANSI c63.18 [4]	Bernard Segal [15] (60 équipements testés): À une distance supérieure à 100 cm, le risque de perturber un équipement médical est très faible pour un cellulaire numérique. Cependant 5 % des équipements médicaux testés par Segal ont été affectés par des IEM causées par les ondes électromagnétiques des cellulaires analogiques à la distance de 160 cm. Tan et al. [19] : Risques très faibles de provoquer des IEM si la distance entre l'émetteur et l'équipement médical est supérieure à 100 cm. L'équipe recommande l'élaboration d'une politique d'utilisation des technologies sans fil.
			—	ERCI [6] et AMA : Les cellulaires peuvent être utilisés de façon sécuritaire en respectant une distance de 100 cm entre ceux-ci et les équipements médicaux. Clifford [5] : Le cellulaire peut être utilisé de façon sécuritaire en limitant les aires d'utilisation. Lawrentschuk et Bolton [13] : Ils observent, dans la littérature de 1966 à 2004, que les IEM se produisent si le téléphone cellulaire fonctionne à une distance inférieure à 100 cm d'un équipement médical.
Téléphones sans fil	0,01	~ 925 à 1800	ANSI c63.18 [4]	Bernard Segal [15] (15 équipements testés): Le risque de perturber un équipement médical est très faible.

¹ Le symbole « — » indique que l'information n'est pas disponible.

	Puissance d'émission (Watt)	Fréquence d'émission (Mhz)	Procédure d'évaluation	Conclusions, observations et recommandations
			—	Irnich et Tobisch [12] : Ils démontrent que les communications sans fil utilisant une fréquence faible (<900MHz) causent trois fois plus d'IEM sur les équipements électroniques que ceux qui utilisent une fréquence élevée (>1800MHz).
WiFi	0,01	2400	ANSI c63.18 [4]	Tan et Hinberg [20] (65 équipements testés): Risque très faible de provoquer des IEM. À une distance inférieure à 10 cm, deux unités Doppler portables ont été affectées par des IEM. Tan et al. [19] (106 équipements testés): Risque très faible de provoquer des IEM. Trois unités Doppler ont été affectées par des IEM.
			—	Le CUSM : Possède plus de 500 téléphones sans fil Spectralink depuis 1998. Aucun incident pouvant être relié à une IEM n'a été rapporté.
			—	Le CUSM : Risque très faible de provoquer des IEM. Le fonctionnement de certains défibrillateurs-moniteurs a été affecté par des IEM lors de tests de CEM.
			—	Morin [14] : Risque très faible de provoquer des IEM avec des points d'accès au réseau sans fil situés à plus de deux mètres des équipements médicaux. Éviter d'installer ce type de réseau sans fil à l'intérieur d'un périmètre de dix mètres des systèmes de communication utilisés par les ambulances. AHQ [3] : Recommande de ne pas utiliser des technologies sans fil dont la puissance émettrice est supérieure à 100mW. Recommande aussi de garder une distance de deux mètres entre les points d'accès au réseau sans fil et les équipements médicaux. Recommande d'appliquer une politique d'utilisation des technologies sans fil.

	Puissance d'émission (Watt)	Fréquence d'émission (Mhz)	Procédure d'évaluation	Conclusions, observations et recommandations
Téléométrie	0,004	466	ANSI c63.18 [4]	Tan et Hinberg [20] : Risque très faible de provoquer des IEM.
Général	—	80 à 2500	—	IEC [11] : Recommande que les équipements médicaux possèdent un niveau d'immunité aux champs électromagnétiques dont l'amplitude de la composante électrique peut varier jusqu'à 10V/m pour les équipements critiques et jusqu'à 3V/m pour les autres équipements médicaux.

Les informations présentées dans le tableau 3-1 sont succinctes et méritent quelques précisions.

Les travaux du Docteur Bernard Segal sur la compatibilité électromagnétique (CEM) entre des équipements médicaux, les cellulaires et les *Walkie-Talkies* [15] indiquent que les dysfonctions dues aux IEM sont rares. Par contre, une source émettant à de fortes puissances peut générer des IEM à des distances pouvant aller jusqu'à plusieurs kilomètres.

Bien que les nouveaux équipements médicaux jouissent d'une immunité aux

champs électromagnétiques dont l'amplitude de la composante électrique varie entre 3 et 10 V/m, conformément à la norme IEC 60601-1-2 [11], plusieurs équipements plus âgés possèdent un niveau d'immunité encore inconnu. Selon Segal, certains de ces équipements seraient immuns à des champs électromagnétiques dont l'amplitude de la composante électrique varie approximativement de 3V/m. Malheureusement, les centres hospitaliers possèdent plusieurs de ces équipements qui sont vieillissants et non homologués à la norme IEC 60601-1-2.

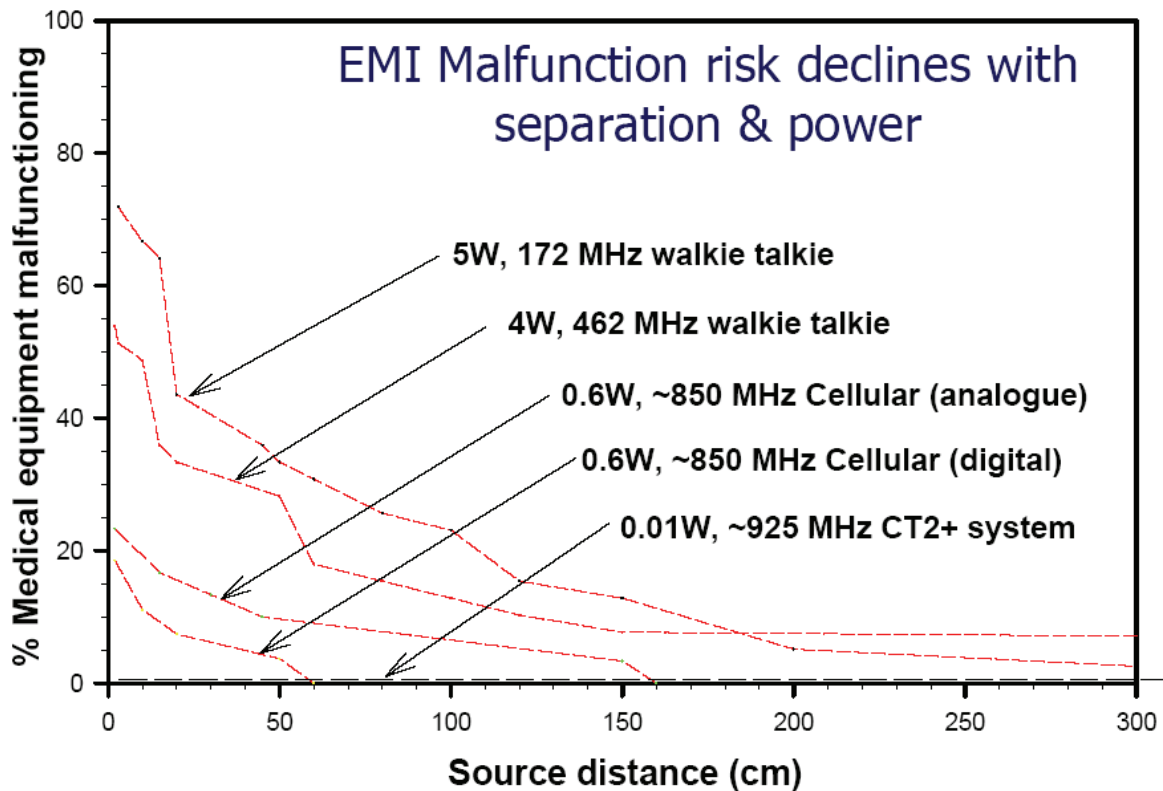


Figure 3-2 - Pourcentage d'équipements médicaux affectés par des IEM selon les études de Segal Erreur ! Source du renvoi introuvable.. Trente-neuf appareils testés sur un Walkie-Talkie de 5 Watt, 20 appareils testés sur un Walkie-Talkie de 4 Watt, 33 appareils testés sur un cellulaire analogue de 0,6 Watt, 27 appareils testés sur un cellulaire numérique de 0,6 Watt et 15 appareils testés sur un CT2 de 0,01 Watt.

En ce qui concerne les technologies sans fil de faibles puissances, les résultats de Segal, résumés à la figure 3-2, montrent que les équipements médicaux ne subiraient pas de dysfonction majeure lorsque la puissance est inférieure ou égale à 10mW et lorsque la fréquence d'émission dépasse les 925 MHz. Notons que la figure 3-2 ne montre que les dysfonctions affectant sérieusement l'équipement médical, telles que la fermeture ou la reprogrammation des systèmes ainsi que la non fonctionnalité des équipements médicaux.

Tan et Hinberg [20] ont procédé à l'évaluation de la CEM de 65 équipements médicaux, regroupés en 22 catégories avec un système de réseau sans fil de type *WiFi*, selon les recommandations et la procédure de l'organisme ANSI [4].

Des 65 équipements médicaux testés en milieu clinique, seulement deux unités Doppler portables ont été affectées par des ondes électromagnétiques lorsque l'appareil de communication sans fil était situé à une distance inférieure à 10 centimètres de ces unités. Les modèles correspondants sont le Mini Doppler, modèle D900, et le Doppler Ultrasonic D, modèle 811.

Les effets occasionnés par les IEM ont été soit la production d'un pic périodique ressemblant à un rythme cardiaque (onde QRS) normal, lorsque le téléphone sans fil était en attente d'une communication, ou la production de bruits aléatoires lorsqu'il transférait des données lors d'une communication. La liste des appareils testés et leur emplacement durant les tests sont présentés à l'Annexe II.

Ces auteurs ont aussi remarqué que le système de télémétrie HP M1400A, transmettant à une fréquence de 466 MHz et à une puissance de l'ordre de 4 mW, n'interférait pas avec les équipements médicaux avoisinants.

Tan et Hinberg ont aussi étudié les effets inverses, c'est-à-dire, les IEM causées par des équipements médicaux sur les appareils de communication sans fil. Six appareils électrochirurgicaux fonctionnant à des fréquences variant de 0,5 à 1 MHz n'ont causé aucune IEM à une distance variant de 10cm à 1m des dispositifs sans fil. Trois appareils à rayons-X et deux lithotripteurs, testés à des distances de 3 mètres et moins, n'ont pas causé d'IEM perturbant les communications sans fil. Les auteurs concluent à l'utilisation sécuritaire des réseaux sans fil de type *WiFi* en milieu hospitalier.

En 2001, Tan et *al.* [19] ont testé 106 équipements médicaux distribués dans des centres hospitaliers du Canada avec un système sans fil de type *WiFi* suivant la procédure ANSI c63.18 [4]. Sur les 106 équipements médicaux, trois modèles d'unité Doppler ont subi des dysfonctions suite à des IEM à une distance de 10cm de l'appareil sans fil. Les mêmes symptômes ont été observés que dans une étude publiée en 2000 [20] (pic périodique et bruits aléatoires).

Dans ses études [14], Morin a montré que l'utilisation normale des technologies sans fil à faible puissance d'émission (100mW maximum), dont les points d'accès sont situés à plus de deux mètres de distance des équipements médicaux, comporte un risque très minime de produire des incidents reliés aux IEM. Morin recommande par contre d'éviter d'installer un réseau sans fil à moins de dix mètres des systèmes de communication employés par les ambulances. Ces types de communication

émettent à une puissance très élevée (10 à 100 W) et pourraient donc perturber la communication sans fil.

Morin stipule qu'aucune conclusion ne peut être apportée face aux IEM causées par l'utilisation d'un système sans fil. Chaque institution présente des conditions particulières comme des surfaces pouvant absorber ou refléter les radiofréquences. Il propose aussi de faire des tests de compatibilité électromagnétique (CEM) dans des conditions contrôlées en présence de personnel qualifié.

Les tests de CEM effectués au CUSM montrent que seul le fonctionnement de certains défibrillateurs-moniteurs a été perturbé par des IEM. Le CUSM est confiant que les communications à faible puissance (<20mW) utilisant un support à haute fréquence (~2,4GHz) ont un faible risque d'occasionner des dysfonctions graves reliées aux IEM.

Le CUSM dispose de téléphones sans fil Spectralink de faible puissance depuis 1998. L'ensemble des pièces de tous les bâtiments du centre, incluant les salles d'opération et les salles d'urgence, est couvert par le réseau sans fil. Depuis 1998, aucun incident relié aux IEM n'a été rapporté ni soupçonné.

Comme la force du champ électromagnétique d'un émetteur à radiofréquence (RF) est inversement proportionnelle à la distance entre l'émetteur et l'appareil subissant ce champ (le récepteur), l'organisme ECRI (Emergency Care Research Institute) [19] estime que les cellulaires de puissance d'émission de 600mW peuvent être utilisés dans les milieux hospitaliers *avec un niveau de risque acceptable* si la distance entre l'émetteur sans fil et les équipements médicaux est supérieurs à un mètre. Cette conclusion est aussi évoquée par l'American Medical Association (AMA) et le Concil on Scientific Affairs. Ces deux organismes croient que les cellulaires peuvent être

utilisés en milieu hospitalier si une politique d'utilisation est en vigueur et qu'elle délimite des zones d'utilisation et des zones d'interdiction des appareils sans fil, comme les lieux de soins critiques.

L'ECRI recommande d'utiliser les *Walkie-Talkies* en mode écoute seulement si un utilisateur est à une distance inférieure à six mètres d'un équipement médical. Cette mesure restrictive permet de ne pas prohiber complètement les Walkie-Talkies de sorte que les utilisateurs de ce type de communication (ambulanciers par exemple) peuvent rester en contact.

Selon Clifford [5], l'amplitude de la radiation électromagnétique (REM) est inversement proportionnelle au carré de la distance entre l'émetteur et le récepteur. Il indique lui aussi qu'il est possible de ne pas prohiber l'utilisation des cellulaires à l'intérieur des centres hospitaliers, mais de limiter les aires d'utilisation. Les Walkie-Talkies ne devraient pas être utilisés par les patients ni par les visiteurs. Par contre, l'utilisation des *Walkie-Talkies* par le personnel peut s'avérer très utile s'il est utilisé convenablement.

Les auteurs Lawrentschuk et Bolton [13] ont réalisé une revue des résultats pertinents sur les IEM en milieu hospitalier, sur une période s'étendant de 1966 et 2004. Leur recherche bibliographique a été faite en utilisant les bases de données MEDLINE et SUMSEARCH à l'aide des *termes* « *mobile phone* » et « *cellular phone* » combinés avec « *hospital* ». Pour ces auteurs, une IEM pertinente se définit comme étant toute perturbation de l'opération d'un équipement mettant en danger la vie du patient. Les tests ont été effectués avec des téléphones mobiles (cellulaire) utilisant des fréquences

de 900MHz et 1800MHz. La puissance de ces appareils est de l'ordre de 600mW.

En général, les auteurs observent que les IEM se produisent si le téléphone cellulaire fonctionne à une distance inférieure à un mètre d'un équipement médical. Ils notent aussi que la position de l'antenne, comme le type d'appareil sans fil (puissance, fréquence, fabricant), influe sur le risque de produire une IEM.

Depuis trois ans, le CHUS utilise des téléphones sans fil dans les aires de soins utilisant un réseau téléphonique standard (analogique) fonctionnant à 900 MHz et à une puissance d'environ 100mW. Le CHUS n'a répertorié aucun incident relié à l'utilisation de ces téléphones.

L'Association des hôpitaux du Québec (AHQ) recommande de ne pas dépasser la puissance de 100mW pour l'utilisation de matériels sans fil dans les centres hospitaliers [3]. De plus, elle recommande de garder une distance de deux mètres entre les équipements médicaux et les points d'accès au réseau sans fil. Cette association recommande d'appliquer une politique d'utilisation des technologies sans fil afin d'éviter des incidents reliés aux IEM et de permettre une gestion adéquate des communications sans fil.

L'organisme IEC a publié un tableau (voir tableau 3-2) présentant les distances recommandées entre les appareils sans fil et les équipements médicaux. Les distances varient en fonction de la puissance émettrice des technologies sans fil et de l'immunité aux IEM des équipements médicaux. Les valeurs présentées sont comparées avec des valeurs théoriques qui sont calculées à l'aide de l'équation 4.1 présentée au chapitre suivant.

Tableau 3-2
Distances recommandées en fonction de la puissance de l'émetteur et de l'immunité aux IEM des équipements médicaux. Comparaison entre les valeurs théoriques et celles recommandées par l'IEC.

Puissance (mW)	Immunité de 3 V/m		Immunité de 10 V/m	
	Distance recommandée par IEC (m)	Distance théorique (m)	Distance recommandée par IEC (m)	Distance théorique (m)
10	0,8	0,2	0,2	0,1
125	2,7	0,8	0,8	0,2
600	5,9	1,8	1,8	0,5

CHAPITRE 4

4. MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION

4.1 Introduction

Cette évaluation se présente en deux volets : 1) une étude en laboratoire et 2) une surveillance en milieu clinique. La première étude a été réalisée en milieu contrôlé, c'est-à-dire dans un laboratoire dans lequel le fonctionnement général des équipements médicaux a été vérifié en utilisant une méthodologie d'évaluation basée sur les recommandations de l'organisme ANSI (American National Standard Institute) [4].

Pour sa part, le second volet consiste à effectuer une surveillance des phénomènes pouvant être reliés aux IEM en milieu clinique, là où les équipements sont en utilisation journalière. Pour ce faire, l'Unité ÉTMIS a développé sa propre méthodologie. Le but visé est de compléter et de valider l'étude de comportement des équipements médicaux dans des conditions non reproductibles en laboratoire. Cette surveillance complémentaire permet aussi de sensibiliser les professionnels de la santé sur les phénomènes pouvant être reliés aux IEM et, de plus, permet de générer un ensemble plus élaboré et répété de situations mettant en relation les équipements médicaux et les ondes électromagnétiques émises par les technologies sans fil.

L'organisme ANSI [4] propose une procédure permettant de faire une évaluation de l'immunité aux IEM des équipements médicaux. Cette procédure ne prétend pas caractériser rigoureusement ni quantifier le niveau d'immunité des équipements aux IEM. Elle cherche plutôt à déclencher le

dysfonctionnement d'un équipement médical exposé à un rayonnement électromagnétique selon des conditions précises. L'objectif visé est de minimiser le risque de perturber le fonctionnement des équipements exposés de façon aléatoire avec le rayonnement électromagnétique lors d'une utilisation journalière.

Les technologies sans fil qui font l'objet de ce rapport sont implantées au CHUS. Elles sont : le téléphone sans fil de marque Spectralink [17] et la tablette PC HP, toutes deux munies d'une carte sans fil *WiFi*. Les sections 4.2 à 4.8 élaborent la procédure utilisée afin de vérifier la CEM entre ces technologies sans fil et les équipements médicaux.

Notons que l'organisme ANSI recommande de ne pas effectuer d'analyse des comportements de CEM à l'aide de cette procédure si la puissance des appareils sans fil dépasse 8 watts.

4.2 Sélection des équipements médicaux

Les équipements étudiés ont été sélectionnés judicieusement par le Service de GBM en fonction de la gravité de l'impact qu'aurait le mauvais fonctionnement de ces équipements sur la santé des patients.

Certains critères permettent le raffinement de notre liste d'équipements. Ils sont :

1. Les équipements dits critiques, c'est-à-dire ceux qui sont branchés

- directement sur un patient et/ou qui jouent un rôle dans la survie du patient;
2. Les équipements pour lesquels des problèmes d'IEM sont connus;
 3. Les équipements non conformes ou non homologués par des standards de CEM (Annexe I).
 4. Les équipements ayant des pièces sensibles aux ondes EM;
 5. Les équipements situés dans les aires critiques comme les soins intensifs, bloc opératoire et les salles d'urgence;

6. Les équipements qui sont situés à l'intérieur des zones couvertes par le réseau sans fil du CHUS.

Les équipements homologués par un standard en CEM et conformes aux normes IEC 60601-1-2 ne font pas l'objet de ce rapport.

Une liste des standards en CEM est présentée à Annexe I.

Le tableau suivant (tableau 4-1) présente la liste des équipements médicaux testés dans cette étude en milieu contrôlé.

Tableau 4-1
Équipements médicaux sélectionnés sur lesquels l'évaluation de la compatibilité électromagnétique en milieu contrôlé a été effectué.

Nom de l'équipement	Modèle (Nombre)
Ventilateur	Bear1000 (2) 7200 (1) AdultStar (1) Babylog 8000 (1) Servo 300 (1) Servo I (1)
Défibrillateur	Hp 43100A (1) Hp code master (1) Md/D3A (1) Roch 7800 (1) Zoll sd 400 (1)
Stimulateur	Zoll NPT100 (1)
Hémodialyseur	Integra (E prom) (1) Integra (flash prom) (1)
Hémofiltration	Prisma (E prom) (1) Prisma (flash prom) (1)
Pompes à soluté	Ivac 7000 (1) Ivac 7100 (1) Ivac 7230 (1)
Pouces seringue	Ivac 7000 (1) Baxter As50 (1)
Incubateur	C550 (1)
Total	23

4.3 Sélection de l'aire de tests

Afin d'effectuer les tests sur les équipements médicaux, un endroit stratégique a été choisi dans l'optique de contrôler l'environnement. La zone de tests était située loin des aires de soins critiques. Les installations dans toutes les pièces voisines de la zone de tests ont été vérifiées afin d'éliminer toute source indésirable de radiofréquence. Le laboratoire de l'Unité ÉTMIS du CHUS, de 18 mètres carrés, a été choisi comme étant une salle correspondant le plus fidèlement aux critères recommandés par ANSI.

4.4 Emplacement de l'équipement médical dans l'aire de tests

Chaque équipement médical doit être positionné de façon précise dans la salle de tests afin de diminuer les effets indésirables. L'équipement à tester a été positionné au centre de la pièce et les fils ont été suspen-

dus à l'arrière de l'équipement de façon linéaire. Les fils sortant à l'avant de l'équipement ont été redirigés vers l'arrière en passant au-dessus celui-ci et suspendus de manière à ne pas produire d'induction électromagnétique. Une table en bois (matériel non conducteur) a été utilisée afin de soulever les câbles. Ces derniers doivent atteindre la hauteur de 40 cm du plancher sur la distance la plus courte possible.

Les équipements disposés sur le plancher dans le centre hospitalier ont été placés directement sur le plancher du laboratoire. Par contre, les équipements médicaux surélevés dans le centre hospitalier, parce que disposés soit sur une table ou une tablette, ont été placés dans le laboratoire sur une table en bois de 78 cm de hauteur pour les soulever.

Les sondes médicales ont été placées sur le côté de l'équipement à une hauteur approximative de 80 cm du plancher. Si un simulateur était utilisé comme source de signal biologique, il était alimenté par une pile bien chargée. Le simulateur était placé à côté de la sonde (voir la figure 4-1).

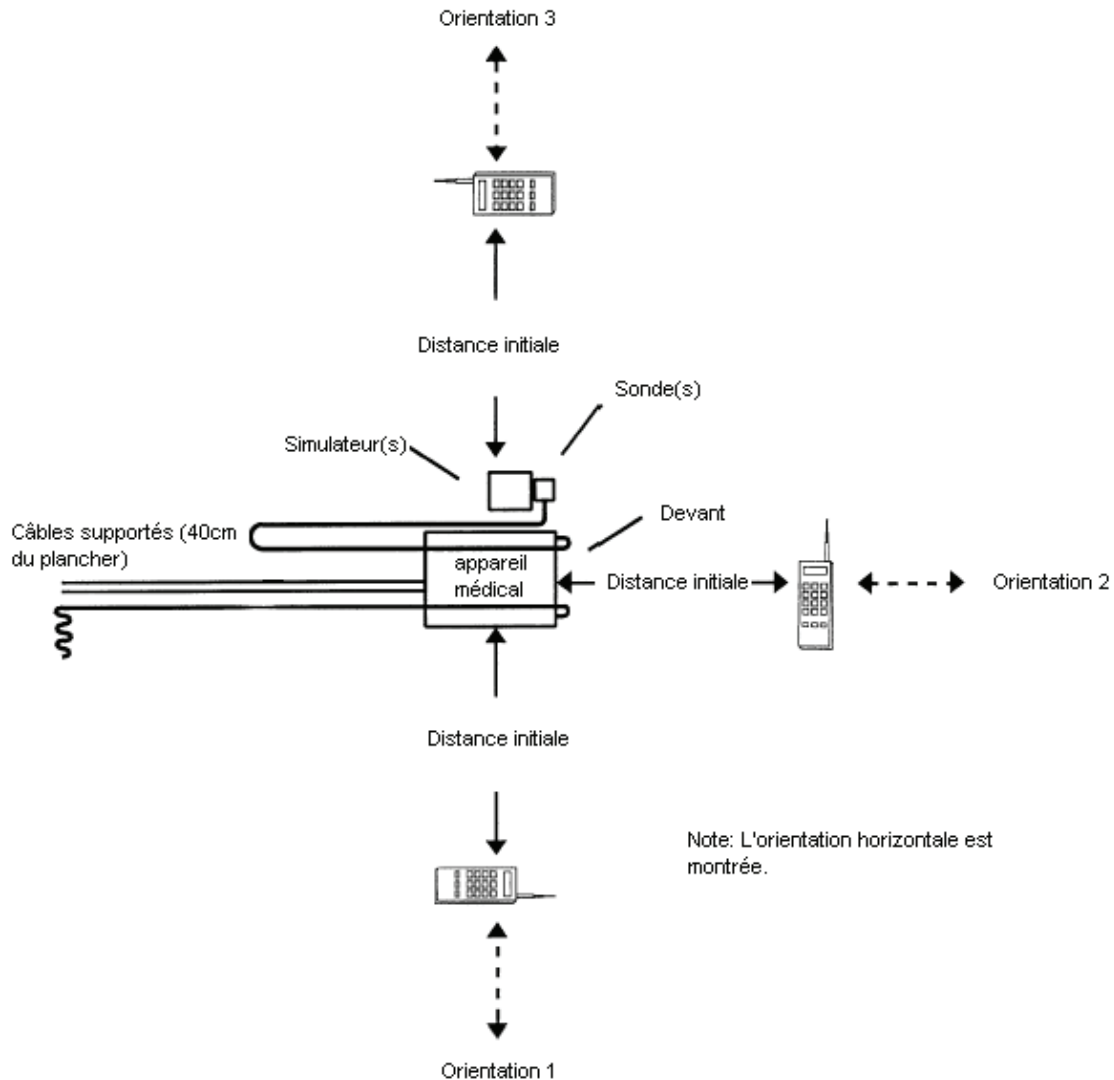


Figure 4-1 – Différentes positions de l'appareil sans fil. Une sonde et un simulateur sont montrés. L'orientation 4, derrière l'appareil, n'est pas montrée.

4.5 Critères de fonctionnement des équipements médicaux

L'organisme ANSI propose une liste d'événements décrivant l'interaction de l'énergie électromagnétique avec les composants électroniques des équipements médicaux. Notre rôle est d'évaluer les critères de passage d'un équipement aux interférences électromagnétiques en tenant

compte de la gravité des incidents électromagnétiques sur le fonctionnement des équipements ainsi que de leurs impacts sur la sécurité des patients. Il faut aussi s'assurer que l'incident noté n'endommagera pas l'équipement médical.

La liste suivante, proposée par ANSI, énumère les événements qu'il est possible d'observer durant les tests. Cette liste a été approuvée par le Service de GBM du CHUS et utilisée lors des tests.

1. Aucun changement ;

2. Arrêt des fonctions sans alarme ;
3. Arrêt des fonctions avec alarme ;
4. Changement de mode de fonctionnement sans alarme ;
5. Changement de mode de fonctionnement avec alarme ;
6. Redémarrage de l'équipement médical sans perte de données ;
7. Redémarrage de l'équipement médical avec perte de données ;
8. Initialisation requise pour continuer,
9. Changement de l'état de fonctionnement sans alarme ;
10. Changement de l'état de fonctionnement avec alarme ;
11. Fausse alarme ;
12. Alarme active mais sans arrêt des fonctions ;
13. Distorsion des mesures sans changement dans les traitements ;
14. Distorsion des mesures avec changement dans les traitements ;
15. Indicateur audio altéré ;
16. Distorsion des ondes affichées ;
17. Distorsion du moniteur ;
18. Distorsion du fonctionnement de l'enregistreur ;
19. Message d'erreur ou affichage d'un code de service ;
20. Autres symptômes.

Lors des tests, les techniciens du Service de GBM ont analysé les comportements des équipements médicaux et les ont comparés aux données retrouvées dans les manuels d'utilisation des équipements et aux données provenant des entretiens préventifs.

4.6 Distances initiale et minimale recommandées

L'organisme ANSI [4] propose une façon de déterminer les distances initiale et minimale entre l'équipement médical et le dispositif sans fil pour effectuer les tests de CEM. Ces distances varient en fonction de la puissance émise par l'appareil sans fil, de l'immunité aux IEM de l'équipement médical testé et de l'efficacité de l'antenne de l'appareil sans fil.

Le tableau 4-2 montre les distances correspondant aux différentes puissances.

Tableau 4-2
Distances minimale et initiale recommandées par l'organisme ANSI.

Puissance (P) de l'appareil (Watt)	Distance initiale (mètre)	Distance minimale (mètre)
$0 < P < 0,6$	1	0,25
$0,6 < P < 2$	2	0,5
$2 < P < 8$	3	1

ANSI recommande de ne pas franchir la distance minimale car les équipements pourraient être endommagés.

L'équation 4-1 permet de calculer la distance minimale recommandée.

$$d = k \frac{\sqrt{P}}{E}, k \in [0,45 - 7,0]$$

Équation 4-1

Dans l'équation 4-1, d représente la distance minimale, P la puissance de l'appareil, E l'immunité de l'équipement médical à la composante électrique du champ électromagnétique et k une constante qui dépend de l'efficacité de l'antenne de l'appareil sans fil.

4.7 Procédure de tests

Avant d'effectuer les tests, nous avons vérifié que chaque équipement médical fonctionnait correctement sans ondes électromagnétiques. À la fin des tests de CEM, nous nous sommes assurés que les équipements fonctionnaient correctement sans ondes électromagnétiques et qu'ils n'avaient pas été endommagés par des IEM.

Durant les tests, tous les paramètres suivants ont été notés afin de bien documenter les événements :

La distance entre l'équipement médical et le dispositif sans fil ;

L'orientation de l'antenne du dispositif sans fil ;

- La fréquence du dispositif sans fil ;
- La puissance du dispositif sans fil ;
- Les variations des paramètres des équipements médicaux ;
- Les dysfonctions des équipements médicaux, selon la liste d'événements indiquée dans la section 4.5.

Les tests ont été effectués de manière à positionner l'antenne de l'appareil sans fil d'abord à l'horizontale puis ensuite à la verticale, dans chacune des orientations et ce, pour chacune des distances choisies.

Nous nous sommes assurés que l'appareil sans fil utilisait sa puissance

maximale lorsque les tests étaient effectués en considérant deux éléments. D'abord, la batterie de l'appareil sans fil était chargée à pleine capacité. Ensuite, les points d'accès au réseau ont été installés le plus loin possible de l'aire de test sans que la communication soit compromise puisque la puissance émise par ces technologies est proportionnelle à la distance entre l'émetteur et le point d'accès. De plus, la compagnie GH Communication qui a procédé à l'installation des antennes au CHUS indique que les antennes doivent être positionnées de façon à obtenir une valeur d'intensité de signal variant entre -70db et -80db. À l'intérieur de cet intervalle, le dispositif sans fil émet à sa puissance maximale. En dessous de ces valeurs, la communication peut-être compromise (perte du lien sans fil).

L'objectif est de s'assurer que la puissance émise par l'appareil sans fil en milieu clinique soit toujours inférieure ou égale à la puissance utilisée lors des tests en laboratoire.

La procédure adoptée par notre équipe se résume en dix points.

1. Placer les équipements dans la zone de tests, tel qu'illustré à la Figure 4-1. Débuter les tests dans l'orientation 1 avec l'antenne émettrice positionnée à l'horizontale.
2. Vérifier si l'équipement médical fonctionne correctement et normalement (conditions cliniques) en l'absence d'ondes électromagnétiques.
3. Activer l'appareil sans fil et le positionner à la distance initiale.
4. Observer le fonctionnement de l'équipement médical.
5. Si une dégradation quelconque du fonctionnement est détectée, fermer

l'appareil sans fil et vérifier si le fonctionnement de l'équipement médical redevient normal. Remettre l'appareil sans fil en marche et vérifier si la dégradation revient. S'il n'y a pas d'interférence, passer au point 9.

6. Prendre en note les changements de paramètres de fonctionnement de l'équipement médical.
7. Éloigner l'appareil sans fil le long de l'orientation choisie tant qu'il y a des interférences.
8. Prendre en note les changements de paramètres de fonctionnement de l'équipement médical. Passer au point 10.
9. Approcher l'appareil sans fil de l'équipement médical sans dépasser la distance minimale. Si une interférence se présente, passer au point 6. Sinon, approcher encore l'appareil sans fil de l'équipement médical jusqu'à la distance minimale.
10. Répéter la procédure pour les orientations 2, 3 et 4 puis reprendre tous les tests avec l'antenne émettrice positionnée à la verticale. Noter que l'orientation 4 se situe derrière l'équipement médical.

Dans cette procédure, une personne opère l'appareil sans fil et une autre analyse la situation, configure et opère l'équipement médical. La personne analysant la situation doit être en mesure de bien connaître le fonctionnement de l'appareil médical ainsi que des problèmes reliés aux IEM. Les techniciens du GBM ont assuré ce poste.

Chaque fois qu'une IEM était notée ou soupçonnée, nous vérifions si l'interférence disparaissait à la fermeture de l'appareil sans fil.

Si aucun effet n'est causé par des IEM à l'intérieur du périmètre de sécurité (à la distance minimale sécuritaire et au-delà), il est possible de faire une recherche d'IEM en approchant l'appareil sans fil à une distance inférieure à la distance minimale sécuritaire recommandée par ANSI. Notre équipe a procédé à cette recherche afin d'évaluer le risque d'IEM lorsqu'un intervenant de la santé portant un appareil sans fil sur lui s'approche d'un équipement médical à une distance inférieure à la distance minimale sécuritaire ou dépose l'appareil sans fil sur un équipement médical.

4.8 Distance minimale sécuritaire

1. Il est possible de définir la distance minimale requise permettant d'éviter le risque d'IEM sur les équipements médicaux. Pour chacun des équipements, la distance minimale pratique est estimée de la façon suivante.
2. Si une recherche d'IEM n'a pas été effectuée à l'intérieur du périmètre de sécurité recommandé et qu'aucun incident n'a été remarqué lors de l'utilisation de l'équipement, alors la distance minimale sécuritaire à adopter est la distance minimale recommandée.
3. Si par contre, un incident relié aux IEM a été observé lors de l'utilisation de l'équipement médical situé à une distance donnée d'un appareil sans fil, alors la distance minimale sécuritaire à adopter est celle à laquelle l'équipement médical ne subit plus les effets de l'interférence électromagnétique ou celle à laquelle l'interférence notée dégrade les paramètres de fonctionnement de l'équipement

médical à un niveau qui demeure à l'intérieur des limites de fonctionnement normal de l'équipement.

4. Si une recherche d'IEM a été effectuée à l'intérieur du périmètre de sécurité recommandé et qu'une IEM a été remarquée, alors la distance minimale sécuritaire à adoptée est celle à laquelle l'équipement médical ne subit plus les effets de l'interférence électromagnétique ou celle à laquelle l'interférence notée dégrade les paramètres de fonctionnement de l'équipement médical à un niveau qui demeure à l'intérieur des limites de fonctionnement normal de l'équipement.

Si aucune IEM n'a été notée lors de la recherche, ANSI recommande de garder une distance minimale sécuritaire de 0,25 mètre entre les appareils sans fil émettant une puissance maximale de 100mW et les équipements médicaux.

4.9 Surveillance des phénomènes reliés aux IEM en milieu clinique

Cette section est consacrée à la méthode d'évaluation clinique suivant le déploiement des installations sans fil dans les deux centres hospitaliers du CHUS soit l'hôpital Fleurimont et l'Hôtel-Dieu. Cette évaluation clinique complète l'évaluation réalisée en laboratoire. Elle a permis de sensibiliser le personnel de la santé du CHUS aux risques reliés aux IEM et d'obtenir son appui et sa collaboration dans la réalisation de cette étude.

Tout d'abord, avant la mise en service du réseau sans fil, une vérification de la

position des antennes, par rapport aux équipements médicaux, dans les deux centres hospitaliers a été effectuée. La distance entre les antennes et les équipements médicaux était supérieure à deux mètres suivant les recommandations de l'AHQ [3].

Ensuite, durant une période de six mois, le fonctionnement des équipements médicaux en présence des appareils sans fil a été observé dans le but de valider les résultats obtenus en laboratoire, c'est-à-dire, s'assurer que les équipements médicaux fonctionnent correctement en présence de rayonnement électromagnétique généré par les dispositifs sans fil de type *WiFi*.

Pour se faire, un questionnaire a été élaboré afin de répertorier et faire l'analyse des dysfonctions pouvant être reliées IEM en milieu clinique. Ce questionnaire, présenté dans l'annexe C, a été distribué dans les services dotés d'équipement sans fil de type *WiFi* avec une brève description du projet et des conséquences que peuvent avoir les radiofréquences sur les équipements médicaux.

Dans cette procédure, le questionnaire est complété par la personne découvrant un problème de fonctionnement avec un équipement médical. Cette personne rapporte l'incident à son responsable de service qui lui avise l'Unité ÉTMIS qu'un incident s'est produit. En collaboration avec le service de GBM, une investigation sur cet incident est réalisée afin de déterminer si la cause est reliée à une IEM.

Dans le cas où l'incident est relié à une IEM, plusieurs choix s'offrent aux décideurs : 1) l'équipement médical peut être déplacé ou modifié afin de diminuer sa sensibilité aux IEM, 2) la couverture du réseau peut être revue et modifiée, et 3) les communications sans fil peuvent être abolies dans ce secteur de l'hôpital.

Pour assurer une participation de la part du personnel, deux rencontres mensuelles (pour un total de 12 rencontres) ont été effectuées par la personne responsable du projet afin de répondre aux questions, de sensibiliser le personnel aux risques des IEM et pour vérifier si des incidents se sont produits dans l'ensemble de la couverture sans fil.

L'annexe V présente une liste de tous les secteurs couverts par les réseaux sans fil. Deux réseaux font l'objet de cette liste : 1) le réseau sans fil téléphonique et 2) le réseau sans fil utilisé pour des données. Ce dernier est utilisé exclusivement dans la pratique de l'inhalothérapie à l'aide d'une tablette PC.

CHAPITRE 5

5. RÉSULTATS

Ce chapitre est consacré à la présentation des résultats obtenus en laboratoire ainsi qu'aux éléments recueillis et analysés lors de la surveillance des phénomènes pouvant être reliés aux IEM en appliquant les procédures décrites au chapitre 4. Une légende qui caractérise les observations effectuées lors des tests en CEM est présentée au tableau 5-1.

5.1 Changements significatifs

Les variations de certains paramètres fonctionnels des équipements médicaux peuvent être problématiques si elles dépassent celles notées lors des entretiens préventifs ou celles décrites dans les spécifications techniques des équipements. Les techniciens du Service de GBM du

CHUS, agissant à titre d'experts, ont déterminé si les variations notées lors des tests en laboratoire étaient significatives par rapport aux données enregistrées lors des entretiens préventifs et par rapport aux spécifications techniques des équipements médicaux.

5.2 Résultats des tests effectués en laboratoire

Les tableaux 5-2 à 5-8 résument les résultats obtenus des tests effectués sur différents équipements médicaux. Vingt trois (23) équipements médicaux ont été testés suivant la procédure décrite au chapitre 4. Voici une légende caractérisant les observations inscrites dans les tableaux des résultats.

Tableau 5-1
Description des symboles utilisés pour caractériser les observations effectuées lors des tests. Ces symboles servent à compléter les tableaux de résultats.

Symboles	Description
√	Aucune variation n'a été observée.
*	Un problème a été observé suite à l'émission d'ondes électromagnétiques.
OK	Des variations ont été observées, mais elles ne sont pas corrélées avec l'émission d'ondes électromagnétiques. Des variations ont été observées, mais elles demeurent dans l'intervalle permis par les spécifications techniques de l'équipement médical.
-	La fonctionnalité n'a pas été testée ou elle n'est pas disponible sur l'équipement.

Tableau 5-2

Résultats des tests effectués sur l'ensemble des ventilateurs du CHUS. Ces tests ont été effectués en utilisant une tablette PC muni d'une carte Wi/Fi selon la méthode décrite au chapitre 4.

Modèle (nombre)	Valeurs	Bear 1000 (2)	7200 (1)	Adult start (1)	Babylog 8000 (1)	Servo 300 (1)	Servo I (1)
Fonctionnalités Testées							
Alarme pression max		√	√	√	√	√	√
Alarme de débranchement		√	√	√	√	√	√
Fréquence respiratoire	3 valeurs sur l'ensemble disponible	√	√	√	√	√	√
		*					
Volume courant expiré	3 valeurs sur l'ensemble disponible	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Volume courant inspiré	3 valeurs sur l'ensemble disponible	—	—	—	—	OK	OK
Ventilation minute	3 valeurs sur l'ensemble disponible	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Taux d'oxygène	3 valeurs sur l'ensemble disponible	OK	—	OK	—	OK	OK

Tableau 5-3

Résultats des tests effectués sur une sélection de défibrillateurs et un stimulateur du CHUS. Ces tests ont été effectués en utilisant une tablette PC munie d'une carte WiFi selon la méthode décrite au chapitre 4.

Modèle (nombre)	Hp 43100A (1)	Hp code master (1)	Md/D3A (1)	Roch 7800 (1)	Zoll sd1400 (1)	Stimulateur zoll NPT100 (1)
Functionalités Testées	Valeurs					
Dérivation	√	√	√	√	√	√
Dérivation avec plaques	√	√	√	—	√	—
Décharge	OK	OK	OK	OK	OK	—
Synchronisation	OK	OK	OK	OK	OK	—
Enregistrement	√	√	√	√	√	√
Simulation du rythme	√	√	√	—	√	—
Alarme basse et haute	√	√	√	—	—	√
Test utilisateur	√	√	√	—	—	—
Test intensité	—	OK	—	—	—	OK
Electrode multifonction	—	√	—	—	—	—
Stimulation	—	—	—	—	—	√
Stimulation mode fixe	—	—	—	—	—	√

Tableau 5-4
Résultats des tests effectués sur deux hémodialyseurs du CHUS. Ces tests ont été effectués en utilisant une
tablette PC munie d'une carte WiFi selon la méthode décrite au chapitre 4.

Modèle (nombre)	Integra (E prom) (1)	Integra (flash prom) (1)
Fonctionnalités Testées		
Alarme : bulle d'air	√	√
Alarme : clamp de sécurité	√	√
Temps dialyse	OK	OK
Poids total	OK	OK
Poids horaire	√	√
Conductivité	OK	OK
PTM	OK	OK
Débit sanguin	OK	OK
Cond. BICART	√	√
Température	√	√
Volume sanguin	OK	OK
Fin dialyse	√	√
Débit dialyse	√	√
PH	√	√
Pression patient	√	√

Tableau 5-5
Résultats des tests effectués sur deux équipements d'hémofiltration du CHUS. Ces tests ont été effectués en utilisant une tablette PC munie d'une carte WiFi selon la méthode décrite au chapitre 4.

Modèle (nombre)	Prisma (E prom) (1)	Prisma (flash prom) (1)
Fonctionnalités Testées		
Alarme : Pression	√	√
Alarme : peson	√	√
Alarme : bulle d'air	√	√
Alarme : clamp de sécurité	√	√
Pression actuelle	OK	OK
Entré	√	√
Filtré	OK	OK
Effluent	OK	OK
Retour	√	√
Débit actuel	√	√
Sanguin	√	√
Réinjection	√	√
Dialysat	√	√
Prlv.pat	√	√
Anticoagulant	√	√

Tableau 5-6

Résultats des tests effectués sur une sélection de pompes à soluté du CHUS. Ces tests ont été effectués en utilisant une tablette PC munie d'une carte WiFi selon la méthode décrite au chapitre 4.

Modèle (nombre)	Ivac 7000 (1)	Ivac 7100 (1)	Ivac 7230 (1)
Fonctionnalités Testées	Valeurs		
Débits	3 valeurs	OK	OK
Press button	—	√	√
Pression	—	OK	OK
Alarme : bulle d'air	—	√	√
Alarme : occlusion amont	—	√	√
Alarme : occlusion aval	—	√	√

Tableau 5-7

Résultats des tests effectués sur une sélection de pouces seringue du CHUS. Ces tests ont été effectués en utilisant une tablette PC munie d'une carte WiFi selon la méthode décrite au chapitre 4.

Modèle (nombre)	Ivac 7000 (1)	Baxter As50 (1)
Fonctionnalités Testées	Valeurs	
Débits	Une valeur	OK
Pression	—	OK
Alarme : pression	—	√

Tableau 5-8

Résultats des tests effectués sur un incubateur du CHUS. Ces tests ont été effectués en utilisant une tablette PC munie d'une carte *WiFi* selon la méthode décrite au chapitre 4.

Modèle (nombre)	C550 (1)
Fonctionnalités Testées	
Humidité	OK
Température du corps	√
Température ambiante	OK
Alarme : température du corps	√
Alarme : température ambiante	√

5.3 Résultats de la surveillance en milieu clinique des incidents pouvant être reliés à une IEM

La première étape fut de vérifier la position des antennes avant la mise en marche de celles-ci. Une distance recommandée de deux mètres a été confirmée entre chacune des antennes et les

équipements médicaux ayant des composantes électroniques.

Sur une période de six mois, aucun incident n'a été rapporté. Ce comportement confirme les résultats obtenus lors de l'étude en laboratoire. Notons cependant que plusieurs questions sur les problèmes pouvant être reliés aux IEM ont été démystifiées par la présence d'un expert lors des rencontres mensuelles avec le personnel de soins.

CHAPITRE 6

6. DISCUSSION

Ce chapitre est consacré à l'analyse des méthodologies employées pour caractériser l'immunité des équipements médicaux du CHUS aux IEM ainsi que des résultats obtenus par celles-ci. Les conclusions tirées de ces analyses nous permettent d'émettre quelques recommandations.

Mais d'abord, entamons ce chapitre par une discussion sur les approches envisagées face à la CEM des équipements médicaux.

6.1 Approches envisagées face à la CEM

Le Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke n'est pas le premier hôpital à permettre l'installation d'un réseau sans fil de type *WiFi* dans l'optique d'améliorer l'efficacité des communications. En effet, quelques centres hospitaliers québécois possèdent ces technologies depuis plusieurs années déjà.

Cependant, deux approches peuvent être envisagées face à l'évaluation des conséquences que peuvent occasionner l'émission d'ondes électromagnétiques par des technologies sans fil.

Dans une première approche, l'organisation procède directement au déploiement des technologies sans fil en acceptant le risque d'IEM pouvant occasionner des dysfonctions sur les équipements médicaux.

Les résultats des différentes études présentées au chapitre 3 supportent l'hypothèse que le risque d'altérer le fonc-

tionnement d'un équipement médical au point de rendre inadéquat un diagnostic ou un traitement est très faible en présence de technologies sans fil de faible puissance et de haute fréquence.

De plus, une organisation qui veut déployer des technologies sans fil en respectant les recommandations proposées par des organismes experts tels que l'AHQ, par exemple de garder une distance sécuritaire minimale entre les équipements médicaux et les technologies sans fil, se positionne favorablement pour diminuer le risque de provoquer des dysfonctions sur des équipements médicaux suite à des IEM. Cependant, les nombreuses activités des intervenants de la santé sont telles qu'il est très difficile d'appliquer la règle de la distance sécuritaire minimale entre les équipements médicaux et les dispositifs sans fil : plusieurs situations peuvent faire en sorte que le dispositif sans fil se retrouve à une distance inférieure à la distance sécuritaire minimale recommandée.

Dans une deuxième approche, l'organisation peut choisir d'analyser le risque de perturber le fonctionnement des équipements médicaux suite à l'émission d'ondes électromagnétiques, à l'intérieur de son propre environnement et avec ses propres équipements médicaux.

Une telle orientation permet d'abord d'acquérir une meilleure connaissance de l'environnement électromagnétique de l'établissement comprenant des dispositifs émetteurs et récepteurs d'ondes électromagnétiques comme les équipements

médicaux. Elle permet aussi d'acquérir une expertise en matière de rayonnement électromagnétique telle la gestion des ondes électromagnétiques et leurs interférences sur les équipements médicaux.

Cette expertise supplémentaire permettrait d'avoir un niveau de confiance suffisamment élevé pour démarrer un processus rigoureux d'évaluation des impacts liés à l'implantation de technologies sans fil de puissance plus élevée, pour mettre en place une politique d'utilisation de ces technologies partout dans l'établissement, incluant les aires adaptées à ces technologies.

De plus, considérant que le réseau de la santé se dirige vers les soins à domicile, il n'est pas assuré que les équipements médicaux utilisés à la maison soient immuns à l'environnement électromagnétique entourant le milieu résidentiel. Un patient obtenant son congé hospitalier et retournant dans son foyer avec des équipements médicaux se retrouve dans un environnement électromagnétique très complexe. L'intervalle de puissances et de fréquences électromagnétiques émis dans les bâtiments résidentiels par les nombreux appareils disponibles sur le marché (Walkie-Talkie, radios à ondes courtes, cellulaires et téléphones sans fil) demeure inconnu. N'oublions pas que l'interdiction des cellulaires dans les hôpitaux est venue du fait qu'il y avait un risque potentiel d'IEM et que la nécessité d'avoir une communication sans fil n'était pas essentielle. ***Pourquoi jouer sur le risque?***

Le CHUS a choisi d'explorer la deuxième approche afin de s'assurer du bon fonctionnement de ses équipements médicaux en présence d'ondes électromagnétiques émises par les technologies sans fil avant l'implantation de celles-ci.

6.2 Méthodologies et leurs limitations

La méthodologie employée pour évaluer l'immunité aux IEM des équipements médicaux en laboratoire a été élaborée en respectant le plus fidèlement possible les éléments de la méthodologie proposée par l'organisme ANSI. Cette dernière, basée sur les travaux de spécialistes en rayonnement électromagnétique tels que les Dr Bernard Segal de l'Université McGill à Montréal et Dr Kok-Swang Tan de Santé Canada, a fait ses preuves en matière d'évaluation de la CEM des équipements électroniques.

Elle a été adaptée et modifiée selon les capacités des installations au CHUS et les besoins d'évaluation jugés importants par notre équipe. Par exemple, nous avons ajouté une orientation de tests derrière l'équipement médical (orientation 4).

Cette méthodologie n'est pas conçue pour caractériser ni pour quantifier le degré d'immunité aux IEM d'un équipement médical. Il s'agit d'une méthode qualitative qui permet de détecter l'apparition de dysfonctions sur les équipements électroniques exposés aux ondes électromagnétiques dans des conditions contrôlées, dans la mesure où les recommandations proposées sont respectées. Ceci remplit parfaitement l'objectif que nous nous étions fixé au départ.

Il est cependant important de s'assurer que les résultats des tests ne soient pas biaisés par un dysfonctionnement initial de l'équipement, non déclaré par les utilisateurs, et que l'équipement n'ait pas été endommagé par des ondes électromagnétiques durant les tests. Pour ce faire, les équipements médicaux ont tous été vérifiés par des techniciens du Service de GBM avant et après les tests de CEM.

De plus, dans tous les cas, une recherche d'IEM sur les équipements médicaux a été réalisée en déplaçant l'appareil sans fil à l'intérieur de la distance sécuritaire minimale recommandée.

Le fait de réaliser les tests en laboratoire dans un environnement contrôlé permet d'isoler les phénomènes reliés aux IEM permettant ainsi un diagnostic plus ciblé. Par exemple, les équipements pourraient être testés plusieurs fois avec l'antenne émettrice positionnée dans la même orientation afin de diminuer les effets aléatoires. Mais malheureusement, il est difficile de retirer les équipements médicaux des aires de soins pour une longue période de temps. Nous devons donc nous limiter sur le nombre de reprises des tests.

Un tel contrôle de l'environnement n'est cependant pas possible dans les aires de soins. L'utilisation journalière des équipements médicaux dans un environnement complexe fait en sorte que ces derniers subissent diverses combinaisons de champs électromagnétiques. En effet, il y a plusieurs variables pouvant influencer l'environnement électromagnétique. Par exemple, les murs peuvent absorber ou refléter les ondes et le nombre d'équipements dans la salle peut aussi faire varier cet environnement car eux aussi émettent des ondes électromagnétiques.

La surveillance des phénomènes inhabituels remarqués sur les équipements médicaux pouvant être reliés aux IEM, en milieu clinique, a permis de comparer les comportements de ces derniers avec ceux notés en laboratoire, sans toutefois brimer la sécurité des patients. La période de six mois sur laquelle nous avons échelonné l'étude s'avérait nécessaire afin de permettre la majorité des interactions possibles (orientation des dispositifs sans fil, distance, combinaison de champs électromagnétiques...) entre les équipements

médicaux et les ondes électromagnétiques émises par les dispositifs sans fil implantés au CHUS. Durant cette période, la probabilité de générer la répétition de plusieurs situations, comme par exemple de déposer une tablette PC sur un ventilateur de soins intensifs, devient élevée. Ce dernier exemple résulte de la permission donnée aux inhalothérapeutes de déposer les tablettes PC sur les ventilateurs. La distance entre l'équipement médical et le dispositif sans fil devenait alors inférieure à la distance sécuritaire minimale recommandée. Une telle permission fut possible puisque l'ensemble des ventilateurs utilisés au CHUS a été testé selon la méthodologie présentée au chapitre 4 en approchant la tablette PC jusqu'à la déposer sur les ventilateurs.

Bien que cette étude de surveillance montre des bénéfices, elle comporte cependant une faiblesse. En effet, il était très difficile pour les intervenants de la santé de percevoir un incident inhabituel pouvant être relié aux IEM. C'est pourquoi l'Unité ÉTMIS a demandé de noter toutes dysfonctions intermittentes ou inhabituelles remarquées sur les équipements médicaux. Les experts de l'Unité ÉTMIS et du Service de GBM du CHUS ont porté une attention particulière aux IEM lors de l'analyse approfondie des événements.

6.3 Analyse des résultats

Au cours de cette étude, 23 équipements médicaux ont été testés avec une tablette PC selon la méthodologie décrite au chapitre 4. Il n'y avait pas lieu de reprendre les tests sur tous ces équipements avec un téléphone sans fil puisque cette technologie utilise la même puissance et la même fréquence d'émission que la tablette PC. Par conséquent, tester une technologie équivalait à tester l'autre automatiquement.

Les résultats obtenus confirment l'hypothèse de départ, soit que le risque de provoquer des dysfonctions sur les équipements médicaux suite à l'interaction d'ondes électromagnétiques émises par les technologies sans fil de faible puissance et de fréquence élevée est faible.

Parmi les 23 équipements testés, un seul a montré une variation questionnable de ses paramètres fonctionnels. Il s'agit d'un ventilateur de marque Bear 1000 sur lequel nous avons observé une variation de la fréquence respiratoire corrélée à 80% avec la proximité de la tablette PC, lorsque la distance entre cette technologie et l'équipement médical était inférieure à 10 cm.

Cependant, les spécialistes du Service de GBM ne considèrent pas cette variation de la fréquence respiratoire comme étant un danger potentiel pour le patient puisqu'elle est à l'intérieur de l'intervalle de précision de cet appareil. Par contre, ils concluent que l'oscillation de la valeur respiratoire a été initiée par une IEM. Malheureusement, nous ne pouvons conclure à l'hypersensibilité de ce type d'appareil aux IEM puisque le deuxième ventilateur Bear 1000 testé n'a montré aucun changement de la fréquence respiratoire lors qu'il a été soumis aux mêmes conditions d'exposition aux ondes électromagnétiques.

Il en est de même pour le volet « Surveillance en milieu clinique » : la vigilance des inhalothérapeutes a permis de vérifier le bon fonctionnement des ventilateurs en présence de technologies sans fil en milieu clinique. Aucune variation des paramètres fonctionnels ou dysfonctions n'a été observée sur les ventilateurs pendant les six mois de surveillance.

Les résultats tirés des études présentées au chapitre 3 nous indiquent que le risque d'interférences électromagnétiques

graves sur les appareils médicaux est très faible lorsque les communications sans fil sont établies par les ondes qui 1) sont de faible puissance (<100mW) et 2) de fréquence élevée (>1800 Mhz). De plus, ce risque augmente avec 1) la puissance de l'appareil sans fil et 2) la proximité de l'appareil sans fil des équipements médicaux.

6.4 Recommandations

Les résultats présentés dans ce rapport, ainsi que ceux obtenus de la littérature, indiquent que le risque d'apparition des IEM entre les technologies sans fil de faible puissance et de haute fréquence et les équipements médicaux est faible mais non nul. Considérant l'avènement aléatoire des IEM en milieu hospitalier, dû à des conditions incontrôlables, il demeure opportun d'émettre huit recommandations incitant à l'utilisation prudente des technologies sans fil.

Recommandation 1

Mettre à jour la politique du CHUS portant sur l'utilisation des technologies sans fil, soit à chaque fois qu'une nouvelle technologie *WiFi* est introduite CHUS ou à chaque fois que les nouvelles données probantes l'imposent.

Ces mises à jour, basées sur les plus récentes données probantes, permettraient de mieux contrôler l'utilisation des technologies sans fil à l'intérieur du centre hospitalier. Elles devraient être faites par une équipe responsable des communications sans fil (voir recommandation 5).

Recommandation 2

Rendre accessible la politique d'utilisation des technologies sans fil du CHUS à tout le personnel, les patients et les visiteurs. Un dépliant devrait être disponible sur toutes les unités de soins et dans tous les services et un document virtuel devrait être disponible sur le site WEB du CHUS.

Recommandation 3

Éduquer le personnel à reconnaître les technologies sans fil et le sensibiliser aux impacts de l'utilisation de ces technologies sur le fonctionnement des équipements médicaux.

L'ensemble du personnel, et plus particulièrement celui des unités de soins critiques, devrait être éduqué à reconnaître les technologies sans fil et à identifier les problèmes reliés aux IEM.

L'information au personnel sur l'existence d'une politique d'utilisation des technologies sans fil, ainsi que sur son accessibilité dans les services et unités de soins, et un affichage adéquat à travers l'institution sont deux moyens d'éduquer le personnel.

Une première série d'affiches identifierait clairement les technologies sans fil utilisées au CHUS. Une seconde informerait le personnel à reconnaître les dysfonctions liées aux IEM. Enfin, une troisième identifierait les zones où les technologies sans fil seraient permises et les zones où elles seraient prohibées.

Soulignons qu'actuellement, nombreux sont les membres du personnel qui confondent le téléphone sans fil Spectralink avec le cellulaire.

Recommandation 4

Mettre en place une procédure de déclaration des incidents liés aux IEM et

créer un répertoire d'incidents liés aux IEM dans l'objectif d'optimiser la gestion efficace et sécuritaire des communications sans fil.

L'ensemble du personnel, et plus particulièrement celui des unités de soins critiques, devrait être sensibilisé à chercher la présence de technologies sans fil dans son département ou service lors de la découverte d'une dysfonction d'un équipement médical. Il devrait aussi être sensibilisé à rapporter immédiatement cet incident au Service de GBM afin qu'une enquête sur la sensibilité électromagnétique de l'équipement soit initiée rapidement.

Notons qu'actuellement, les dommages liés aux IEM sur les équipements médicaux passent sous silence parce qu'ils ne sont pas reconnus, ni décelés et donc, non rapportés ni répertoriés.

Recommandation 5

Créer une équipe multidisciplinaire responsable des communications sans fil afin de réaliser une gestion efficace et sécuritaire des communications sans fil et d'assurer la pérennité du processus de déclaration des incidents.

Les membres de l'équipe devraient apprendre à estimer l'hostilité des environnements électromagnétiques, à identifier les sources potentielles d'interférences électromagnétiques, à identifier les dysfonctions causées par les IEM et à déceler les équipements médicaux susceptibles d'être sensibles aux rayonnements électromagnétiques.

L'équipe pourrait être composée à la base de représentants du Service de la sécurité, du Service de GBM et du Service des télécommunications. D'autres membres pourraient s'y joindre au besoin.

L'équipe du CHUS pourrait par exemple, produire une liste des fréquences utilisées au CHUS comme le fit le groupe des télécommunications sans fil (GTSF) du CUSM. Ce groupe a répertorié 50 radiofréquences différentes en service dans son institution. L'objectif est d'assurer la CEM des équipements électroniques avec ces fréquences et avec de nouvelles fréquences qui pourraient être utilisées ultérieurement pour améliorer les communications.

Recommandation 6

Remplacer les téléphones sans fil de 900 Mhz par des téléphones de 2,4 Ghz afin d'uniformiser les communications.

Recommandation 7

Exiger la certification IEC 601-1-2 dans toute nouvelle acquisition d'équipements médicaux comportant des composantes électroniques.

Recommandation 8

Inclure une évaluation de la CEM dans les procédures d'entretien préventif des équipements médicaux.

CHAPITRE 7

7. CONCLUSION

Dans le cadre de l'installation de nouvelles technologies sans fil au CHUS, l'Unité ÉTMIS a été sollicitée afin d'évaluer les impacts de la présence d'ondes électromagnétiques, émises par ces nouvelles technologies, sur le fonctionnement des équipements médicaux.

Une approche évaluative en milieu contrôlé (laboratoire) et en milieu non contrôlé (milieu clinique) a été préconisée. Dans cette démarche, les études réalisées par le passé ont permis d'orchestrer l'approche utilisée.

L'analyse des résultats confirment l'hypothèse de départ et en fait notre principale conclusion : *les ondes électromagnétiques émises par les technologies sans fil de type WiFi ont un faible risque de perturber le fonctionnement d'un équipement médical localisé à une distance supérieure à 0,25 mètre de la technologie sans fil.*

Cette hypothèse, basée sur les résultats obtenus dans les différentes études publiées et présentées au chapitre 3, exprimait notre confiance initiale dans l'utilisation sécuritaire des technologies sans fil de faible puissance (< 100 mW) et de haute fréquence ($\geq 2,4$ Ghz) en milieu hospitalier. Les résultats obtenus dans la présente étude, en

accord avec ceux des études antérieures, permettent la généralisation de notre conclusion à l'ensemble des technologies sans fil de type *WiFi*.

Malgré la confiance accrue que nous avons dans l'utilisation sécuritaire de ces technologies en milieu hospitalier, nous privilégions la prudence dans leur utilisation, particulièrement dans les aires de soins critiques. En effet, considérant la problématique d'émergence aléatoire des IEM, due à des conditions incontrôlables, l'élaboration d'une politique d'utilisation des technologies sans fil, comprenant entre autres un processus de déclaration des dysfonctions des équipements médicaux et un affichage adéquat, permettait certainement d'augmenter l'efficacité des communications et de faciliter les tâches professionnelles du personnel médical et paramédical, sans toutefois réduire la sécurité des patients.

Nous croyons que les résultats obtenus dans le cadre de cette étude permettront de diminuer l'inquiétude face à l'utilisation des technologies sans fil en milieu hospitalier et inciteront d'autres centres hospitaliers à effectuer leurs propres tests afin d'assurer la CEM dans leur milieu.

ANNEXE I

STANDARDS EN COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE

- IEC 60601-1-2 (1993-04), Medical electrical equipment-Part 1: General requirements for safety-2. Collateral Standard: Electromagnetic Compatibility-Requirements and tests.
- IEC 61000-4-3 (1995-03), Electromagnetic Compatibility (EMC)-Part 4: Testing and measurement techniques-Section 3: Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test [Revision of IEC 801-3(1984)].
- MDS-201-0004: 1979, Electromagnetic Compatibility Standard for Medical Devices (FDA voluntary guideline).
- MIL-STD-461D, Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Emissions and Susceptibility, 1993.
- MIL-STD-462D, Measurement of Electromagnetic Interference Characteristics, 1993.

ANNEXE II

ÉQUIPEMENTS MÉDICAUX TESTÉS PAR TAN

Tableau II-1
Liste des équipements médicaux testés par Dr Kok-Swang Tan dans leurs environnements

Classification	Nombre d'appareil	Emplacement	IEM
Défibrillateur	1	Soins intensifs	Non
	1	Salle de réveil	Non
	1	Salle médicale	Non
Stimulateur cardiaque externe	2	Soins intensifs	Non
	4	Salle de réveil	Non
Oxymètre à pulsion	1	Salle d'opération (générale)	Non
	1	Salle de réveil	Non
	2	Salle médicale	Non
Ventilateur	6	Salle de réveil	Non
Ventilateur néonatal	1	Salle de réveil	Non
Moniteur patient	1	Salle d'opération (générale)	Non
	1	Soins intensifs	Non
Pompe à infusion automatique	2	Salle d'opération (générale)	Non
	2	Salle de réveil	Non
Pompe à infusion avec seringue	2	Salle d'opération (générale)	Non
Moniteur signes vitaux	1	Salle de réveil	Non
« Cold therapy unit »	1	Salle de réveil	Non
Système d'endoscope	2	Salle d'opération (générale)	Non
	2	Salle d'opération (générale)	Non
Moniteur à oxygène	2	Salle d'opération (générale)	Non
Moniteur ECG	1	Salle d'opération (générale)	Non
	1	Salle d'opération (générale)	Non
Stimulateur de nerfs périphérique	2	Soins intensifs	Non
	2	Salle d'opération (générale)	Non
Systèmes d'arthroscopie	2	Salle d'opération (générale)	Non
Moniteur Doppler	1	Salle de réveil	Oui
	1	Soins intensifs	Oui

Classification	Nombre d'appareil	Emplacement	IEM
Système d'imagerie	2	Salle de colonoscopie	Non
Système de monitorage	2	Salle de colonoscopie	Non
Thermomètre électrique	1	Salle médicale	Non
Système de télémétrie	2	Salle médicale	Non
Transmetteurs	3	Salle médicale	Non
Lithotripteur	2	Salle d'opération (générale)	Non
Radiographie	2	Salle d'opération (orthoscopique)	Non
	1	Salle de colonoscopie	Non
Appareils électrochirurgicaux	4	Salle d'opération (générale)	Non
	1	Salle d'opération (orthoscopique)	Non
	1	Salle de colonoscopie	Non
24 classes	65 appareils		

ANNEXE III

QUESTIONNAIRE : SURVEILLANCE DES PHÉNOMÈNES RELIÉS AUX IEM



CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE SHERBROOKE
Hôpital Fleurimont, 3001, 12^e Avenue Nord, Fleurimont (Québec) J1H 5N4
Hôtel-Dieu, 580, rue Bowen Sud, Sherbrooke (Québec) J1G 2E8
Téléphone : (819) 346-1110

Des gens de soins et d'excellence

*Unité d'Évaluation des Modes d'Intervention &
Technologies de la Santé*

Étude sur les interférences électromagnétiques :

Rapport d'évaluation sur

Les phénomènes inhabituels causés par les téléphones sans fil.

Ce rapport doit être rempli si un phénomène inhabituel est constaté sur des équipements médicaux.

DATE	SERVICE	NOM	POSTE TÉLÉPHONIQUE
/ /			

Section 1

Dans quel local l'équipement en question était situé :	
Quel est l'équipement pour lequel un événement inhabituel a été remarqué :	
Numéro de GBM :	
Heure à laquelle le problème a été détecté :	

Décrivez en quelques lignes l'événement :

À quelle distance de l'équipement se trouvait le téléphone sans fil le plus près lors de l'incident :

- Téléphone déposé sur l'appareil
< 1 mètre
entre 1 et 2 mètre
Téléphone était dans le local adjacent
Téléphone était dans le corridor

Décrire le mode d'utilisation du téléphone sans fil lors de l'événement :

- Réception d'un appel
Transmission d'un appel (composition d'un numéro)
En conversation téléphonique
En attente (le téléphone est ouvert)

Section 2

Problèmes de communication sans fil.

Liste de problèmes :

Problème	Oui (✓)
Perte de mots	
Incapacité de téléphoner	
Ligne parasitée	
Incapacité de recevoir des appels	

Autre : _____

Dans quel local étiez vous (si différent du local de l'équipement médical) ? _____

Heure à laquelle le problème a été détecté ? _____

L'Unité d'Évaluation des Modes d'Intervention
& Technologies de la Santé vous remercie
pour votre collaboration.
Pour toutes questions, veuillez contacter
Christian Bellemare au poste 1 1879.

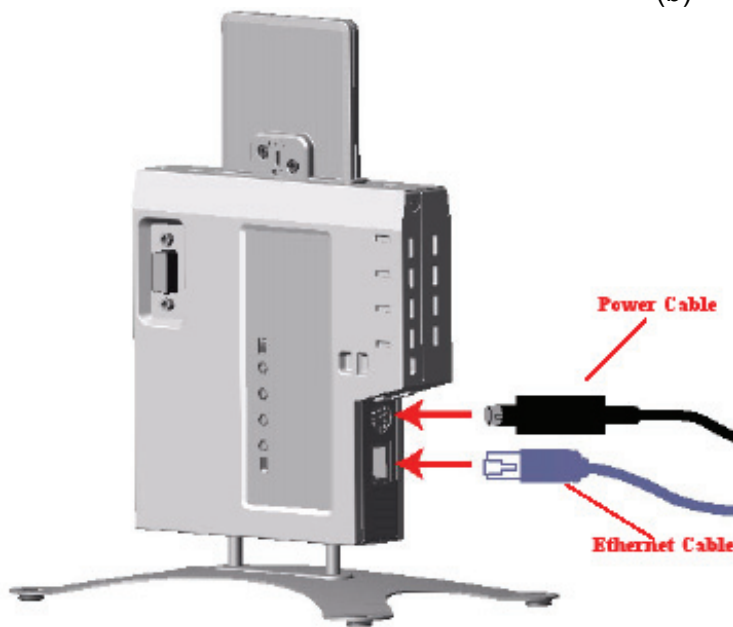
ANNEXE IV DISPOSITIFS SANS FIL



(a)



(b)



(c)

Figure IV-1 : Dispositif sans fil. (a) Téléphone sans fil Spectralink Netlink e340 *Wifi* 802.11b. (b) Tablette-PC HP TC1100 *Wifi* 802.11b. (c) Antenne AVAYA AP-6 *Wifi* 802.11a/b/g.

ANNEXE V

SECTEURS COUVERTS PAR LES RÉSEAUX SANS FIL DU CHUS

Secteurs	Bâtisses		Réseaux sans fil	
	Hôtel Fleurimont	Hôtel-Dieu	Téléphonique	Données
Soins intermédiaires	√		√	
Soins cardio-vasculaires	√		√	
Archives	√	√	√	
Télécommunications	√		√	
Radiologie	√		√	
Clinique préparatoire à la chirurgie	√	√	√	
Urgence	√	√	√	
Radiologie	√		√	
Chirurgie d'un jour	√	√	√	
Soins intensifs chirurgie	√	√	√	√
Salle de réveil	√		√	
Anesthésie et réanimation	√		√	
Stérilisation	√		√	
Bloc opératoire	√		√	
Banque de sang	√		√	
Pathologie	√		√	
Hémodialyse	√		√	
Urologie néphrologie	√		√	
Pédiatrie d'un jour	√		√	
Pédiatrie soins intensifs	√		√	
Maternité	√		√	
Néonatalogie	√		√	√
Médecine pneumonie	√		√	
Orthopédie neurologie	√		√	
Médecine	√	√	√	
Hématologie oncologie	√		√	
Chirurgie	√		√	
Soins intensifs médecine	√	√	√	√
Cardio-pulmonaire	√		√	
Magasin	√		√	
Physiothérapie	√		√	
Stérilisation	√		√	
Pharmacie	√		√	
Magasin clinique	√		√	
Médecine nucléaire	√		√	
Radio-oncologie	√		√	
Totaux	36	7	43	3²

² Le réseau sans fil pour l'inhalothérapie, dédié au transfert de données, est seulement disponible à l'hôpital Fleurimont.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] A.H.Q. *Mise en garde sur l'utilisation des téléphones cellulaires en milieu clinique.* L'Événement, 7(1):6-7, juin 1994.
- [2] A.H.Q. *Du nouveau, à propos de l'utilisation des téléphones cellulaires en milieu clinique.* L'Événement, 12(1), avril 2001.
- [3] A.H.Q. *Éléments de politique pour l'utilisation d'appareil de télécommunication sans fil.* L'Événement, 13(1), juin 2002.
- [4] ANSI. *American National Standard Recommended Practice for an On-Site Ad Hoc Test Method for Estimating Radiated Electromagnetic Immunity of Medical Devices to Specific Radio-Frequency Transmitters.* IEEE, New York, USA, Décembre 1997.
- [5] K. J. Clifford et al. *Mobile telephones interference with medical electrical equipment.* Australia's Phys Eng Sci Med, 17:23-27, 1994.
- [6] ECRI. *Wireless communication device and electromagnetic interference.* Health Devices, 30(11):403-409, Novembre 2001.
- [7] FDA. *Electromagnetic interference with powered wheelchairs.* Rapport technique, août 1994.
- [8] H. Grant et al. *Wireless emc in the medical industry: Review of research and the impact on emi risk.* pages 1292-1297. IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 2001.
- [9] D. Généau. *La tablette pc admise à l'hôpital de longjumeau.* Décision micro et réseaux, 44(548), avril 2003.
- [10] J. Hamilton. *Electromagnetic interference can cause hospital device to malfunction.* Canadian Medical Association, 154:373-375, 1996.
- [11] IEC. *Medical Electrical Enquipement Part 1-2: General Requirements for Safety. Collateral Standard: Electromagnetic Compatibility Requirements and test.* IEC, 2001.
- [12] W. E. Irnich & R. Tibisch. *Mobile Phones in Hospitals.* Biomed Instrum Technol., 33:28-34, 1999.
- [13] N. Lawrentschuk et D. M. Bolton. *Mobile phone interference with medical equipment an its clinical relevance: A systematic review.* MJA, 181(3), 2004.
- [14] S. Morin. *Utilisation de commutateur réseau sans-fil (wireless lan) en milieu hospitalier.* Rapport technique, Hôpital Laval, décembre 2002.

- [15] B. Segal et al. Risk of patient injury due to electromagnetic interference malfunction: Estimation and minimization. *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, pages 1308-1321, 2001.
- [16] J. L. Silberberg. Achieving medical device emc. the role of regulation, standards, guidelines and publications. pages 1298-1303. *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, 2001.
- [17] Spectralink. Netlink wireless telephone portfolio. Rapport technique, 2004.
- [18] Cisco System. Wireless lan equipment in medical setting: Addressing radio interference concerns, 2002. Document officiel.
- [19] K. Tan et al. Electromagnetic interference in medical device: Health canada's past and current perspectives and activities. pages 1283-1288. *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, 2001.
- [20] K. S. Tan et I. Hinberg. Effect of a wireless local area network (lan) system, a telemetry system, and electrosurgical device on medical device in hospital environment. *Biomedical Instrumentation and Technology*, pages 115-119, 2000.
- [21] D. A. Townsend. Risk analysis an emi risk abatement strategies for hospitals: Scientific and legal approaches. pages 1304-1307. *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, 2001.
- [22] D. Witters et al. Medical device emi : Fda analysis of incident reports, and recent concerns for security systems and wireless medical telemetry. *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, pages 1289-1291, 2001.



Des gens de soins et d'excellence

Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke

Unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé

Hôpital Fleurimont, 3001, 12^e Avenue Nord, Fleurimont
(Québec) J1H 5N4

Hôtel-Dieu, 580, rue Bowen Sud, Sherbrooke
(Québec) J1G 2E8

Tél. : (819) 346-1110, poste 13802