

Université de Montréal

Rapport de projet de maîtrise en génie clinique au CHU Sainte-Justine  
Projet de gestion des alarmes en néonatalogie

Par Stéphanie Déjoie

Institut de Génie Biomédical, Faculté de médecine

Mémoire présenté à la Faculté de médecine en vue de l'obtention du grade de Maîtrise en  
Sciences appliquées en génie biomédical option Génie clinique

Mai, 2013

©, Stéphanie Déjoie, 2013

## Résumé

La gestion des alarmes se retrouve dans le haut du palmarès des 10 risques associés aux technologies médicales de l'institut américain Emergency Care Research Institute depuis quelques années déjà. Ce phénomène interpelle de plus en plus de professionnels de la santé provenant du milieu clinique et du milieu industriel. Cette problématique attire désormais l'attention des différents établissements de santé comme les hôpitaux et ces derniers commencent à mettre en place des stratégies pour améliorer leur situation à l'interne.

Au CHU Sainte-Justine, le département de génie biomédical s'est intéressé au phénomène plus particulièrement à l'unité de la néonatalogie. Cette unité est un parfait exemple puisque qu'un nombre élevé d'alarmes peut être observé. Cette situation devenue problématique à la fois pour le personnel et sa clientèle, des bébés prématurés, et le déménagement prochain de l'unité dans le nouveau bâtiment de soins de santé prévu pour 2016, une amélioration de la situation actuelle était de mise. Le projet de gestion des alarmes, chapeauté par un comité de pilotage, a donc pour objectif de fournir des recommandations pour une gestion optimale des alarmes au département de néonatalogie. Il peut également servir de base pour des projets similaires futurs pour d'autres unités de l'hôpital.

Ce rapport présente l'approche entreprise par l'équipe multidisciplinaire faisant notamment appel à une expertise technologique apportée par le département de génie biomédical de l'hôpital. Cette approche fait état d'une revue de littérature permettant de mettre en évidence une méthodologie à suivre pour un projet de ce type et de documenter le phénomène de la gestion des alarmes et son impact sur le personnel clinique ainsi que les technologies permettant d'améliorer la situation, etc. De cette marche à suivre naît la proposition d'effectuer une analyse de défaillance et des observations terrains dont les résultats sont présentés. Une veille technologique est également effectuée afin d'explorer ce que l'industrie des équipements médicaux offre comme solution pour optimiser la gestion des alertes, dont la réduction des alarmes nuisibles à la source.

L'étude propose ensuite des recommandations à court et à long terme pouvant aider le comité de pilotage pour mettre en oeuvre un plan d'action pour entamer des processus d'amélioration pour la gestion des alarmes en néonatalogie.

# Table des matières

<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>I</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	<b>II</b>
<b>TABLES DES FIGURES</b> .....	<b>IV</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX</b> .....	<b>V</b>
<b>LEXIQUE</b> .....	<b>VI</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>2</b>
<b>CONTEXTE DU PROJET</b> .....	<b>4</b>
<b>PRÉSENTATION DU SERVICE DE GÉNIE BIOMÉDICAL DU CHU SAINTE-JUSTINE</b> .....	<b>6</b>
LE CHU SAINTE-JUSTINE .....	6
LE SERVICE DE GÉNIE BIOMÉDICAL .....	7
LE DÉPARTEMENT DE NÉONATOLOGIE .....	10
<b>MÉTHODOLOGIE</b> .....	<b>12</b>
REVUE DE LA LITTÉRATURE .....	15
ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE (AMDEC) .....	26
<b>OBSERVATION SUR LES UNITÉS DE NÉONATOLOGIE</b> .....	<b>29</b>
DÉROULEMENT DES OBSERVATIONS TERRAIN .....	29
<i>Objectifs</i> .....	29
<i>Méthodologie</i> .....	30
<i>Compléments</i> .....	31
<i>Méthode d'analyse</i> .....	32
RÉSULTATS DES OBSERVATIONS TERRAIN ET ANALYSE .....	33
<i>Limites des observations</i> .....	49
ENTREVUE DU PERSONNEL INFIRMIER EN NÉONATOLOGIE .....	49
POINTS IMPORTANTS À RETENIR ET RECOMMANDATIONS POUR LES OBSERVATIONS .....	53
<b>VEILLE TECHNOLOGIQUE</b> .....	<b>55</b>
MONITEURS PHYSIOLOGIQUES.....	55
<i>Présentation des technologies de la compagnie GE</i> .....	56
<i>Présentation des technologies de la compagnie Philips</i> .....	65
<i>Présentation des technologies de la compagnie Spacelabs</i> .....	73
<i>Présentation des technologies de la compagnie Dräger</i> .....	74
<i>Survol des technologies ECG offertes par les fournisseurs</i> .....	75
<i>Résumé des quatre compagnies et de leurs technologies</i> .....	81
SYSTÈMES DE GESTION DES ÉVÉNEMENTS .....	83
<i>Présentation de Connexall</i> .....	85
<i>Présentation du gestionnaire des événements IntelliSpace de Philips</i> .....	88
<i>Discussion des deux systèmes de gestion des événements</i> .....	90
TECHNOLOGIE POUR LES VENTILATEURS.....	94
<b>RECOMMANDATIONS</b> .....	<b>97</b>
À COURT TERME .....	97

<i>Recommandation #1- Systématisation et pérennité de la formation</i> .....	97
<i>Recommandation #2- Documentation : accès et uniformisation</i> .....	98
<i>Recommandation #3- Réduction des alarmes (nuisibles) à la source</i> .....	101
À LONG TERME.....	102
<i>Recommandation #5- Portail d'échange dynamique</i> .....	102
RECOMMANDATIONS POUR LES FUTURES TECHNOLOGIES À ADOPTER.....	103
<i>Recommandation #6- Porter une attention particulière lors des futurs achats d'équipements médicaux</i> .....	103
<i>Recommandation #7- Budget/temps de formation</i> .....	106
<b>DIFFICULTÉS RENCONTRÉES ET LES ACQUIS</b> .....	<b>107</b>
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>110</b>
<b>RÉFÉRENCES</b> .....	<b>112</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>117</b>
ANNEXE 1 : EXEMPLE DE LISTE DE MOTS-CLÉS UTILISÉS POUR LA REVUE DE LITTÉRATURE .....	117
ANNEXE 2 : CARTOGRAPHIE DU PROCESSUS DE SUIVI DES ALARMES D'ÉQUIPEMENTS MÉDICAUX EN NÉONATOLOGIE .....	118
ANNEXE 3 : GRILLE D'OBSERVATIONS.....	119
ANNEXE 4 : QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DU STRESS DES PARENTS RELIÉ AU BRUIT .....	121
ANNEXE 5 : QUESTIONNAIRE POUR L'ENTREVUE DU PERSONNEL INFIRMIER.....	123
ANNEXE 6 : EXEMPLE DE CASCADES D'ÉVÉNEMENTS AVEC UN SGE (SCÉNARIO TYPE) .....	124
ANNEXE 7 : LISTE DE POINTS DE CONTACTS EN NÉONATOLOGIE .....	128
ANNEXE 8 : DONNÉES DE LA GESTION DES RISQUES.....	129

# Tables des figures

FIGURE 1 - STRUCTURE ET COMITÉS DU PROJET DE DÉMÉNAGEMENT DU DÉPARTEMENT DE NÉONATOLOGIE .....	4
FIGURE 2 - ORGANIGRAMME DE LA DIRECTION DES TECHNOLOGIES .....	9
FIGURE 3 - STRATÉGIE EN 6 ÉTAPES PROPOSÉE PAR ECRI.....	13
FIGURE 4 - RÉSULTAT DE LA STRATÉGIE DE RECHERCHE DU 18 OCTOBRE 2012 CONJOINTEMENT AVEC L'UETMIS ..	18
FIGURE 5 - EXEMPLE D'ÉCHELLE DE COTATION .....	28
FIGURE 6 - NOMBRE TOTAL D'HEURES D'OBSERVATION AUX TROIS UNITÉS DE NÉONATOLOGIE.....	33
FIGURE 7 - POURCENTAGE DU NOMBRE D'ALARMES RÉPERTORIÉES SELON L'UNITÉ DE NÉONATOLOGIE OÙ ELLES SE SONT PRODUITES .....	34
FIGURE 8 - NOMBRE D'ALARMES PAR HEURE SELON L'UNITÉ DE NÉONATOLOGIE .....	35
FIGURE 9 - TAUX D'ALARMES PAR BÉBÉ PAR HEURE SELON CHACUNE DES UNITÉS .....	36
FIGURE 10 - TEMPS PASSÉ À FAIRE DES OBSERVATIONS SELON LE QUART DE TRAVAIL (EN POURCENTAGE) .....	39
FIGURE 11 - TAUX D'ALARMES PAR HEURE SELON LE QUART DE TRAVAIL.....	39
FIGURE 12 - TAUX D'ALARMES PAR HEURE SELON LE QUART DE TRAVAIL ET L'UNITÉ .....	40
FIGURE 13 - TEMPS DE RÉPONSE POUR LA SITUATION IDÉALE .....	42
FIGURE 14 - TEMPS DE RÉPONSE POUR LA SITUATION PAUSE.....	42
FIGURE 15 - TEMPS DE RÉPONSE POUR LA SITUATION DÎNER/SOUPER.....	43
FIGURE 16 - TEMPS DE RÉPONSE POUR UN RATIO INFIRMIÈRE/PATIENTS DE 1/2.....	43
FIGURE 17 - TEMPS DE RÉPONSE POUR UN RATIO INFIRMIÈRE/PATIENTS DE 1/3.....	44
FIGURE 18 - TEMPS DE RÉPONSE POUR UN RATIO INFIRMIÈRE/PATIENTS DE 1/4.....	44
FIGURE 19 - ALARMES SELON LE TYPE: VISUELLE, SONORE, SONORE ET VISUELLE .....	45
FIGURE 20 - POURCENTAGES DES DIFFÉRENTS NIVEAUX DE BRUIT PERÇUS PAR LES OBSERVATEURS SUR L'ENSEMBLE DES HEURES D'OBSERVATIONS POUR LE QUART DE TRAVAIL DU JOUR .....	47
FIGURE 21 - POURCENTAGES DES DIFFÉRENTS NIVEAUX DE BRUIT PERÇUS PAR LES OBSERVATEURS SUR L'ENSEMBLE DES HEURES D'OBSERVATIONS POUR LE QUART DE TRAVAIL DU SOIR.....	48
FIGURE 22 - POURCENTAGES DES DIFFÉRENTS NIVEAUX DE BRUIT PERÇUS PAR LES OBSERVATEURS SUR L'ENSEMBLE DES HEURES D'OBSERVATIONS POUR LE QUART DE TRAVAIL DE NUIT .....	48
FIGURE 23 - EXEMPLE DU FONCTIONNEMENT DU <i>SAT-SECONDS MANAGEMENT</i> .....	57
FIGURE 24 - FONCTIONNEMENT D'UN ALGORITHME ADAPTATIF.....	59
FIGURE 25 - ALGORITHME DST DE MASIMO SET .....	60
FIGURE 26 - EXEMPLE DE SIGNAL DE SORTIE OBTENU POUR LE CAS 1 .....	62
FIGURE 27 - EXEMPLE DE SIGNAL DE SORTIE OBTENU POUR LE CAS 2 .....	63
FIGURE 28 - EXEMPLE DE SIGNAL DE SORTIE OBTENU POUR LE CAS 3 .....	63
FIGURE 29 - ÉPISODE D'ÉVÉNEMENT .....	66
FIGURE 30 - DIFFÉRENTES CONDITIONS DE DÉCLENCHEMENT POUVANT ÊTRE CHOISIES PAR L'UTILISATEUR POUR DÉCLENCHER L'ENREGISTREMENT D'UN ÉVÉNEMENT OU DÉCLENCHER UNE ALERTE .....	67
FIGURE 31 - EXEMPLE 1 ET 2 DU FONCTIONNEMENT DES DÉLAIS D'ALARMES INTELLIGENTS .....	71
FIGURE 32 - EXEMPLE 3 DU FONCTIONNEMENT DES DÉLAIS D'ALARMES INTELLIGENTS .....	71
FIGURE 33 - UTILISATION D'UN FILTRE ECG PAR L'ALGORITHME OXISURE POUR ENLEVER L'ARTÉFACT.....	75
FIGURE 34 - INTÉGRATION DE LA TECHNOLOGIE CONNEXALL DANS UN ÉTABLISSEMENT HOSPITALIER .....	85
FIGURE 35 - DIFFÉRENTS PARTENAIRES D'INTÉGRATION DE CONNEXALL .....	87
FIGURE 36 - FONCTIONNEMENT GÉNÉRAL DU GESTIONNAIRE DES ÉVÉNEMENTS INTELLISPACE.....	90
FIGURE 37 - EXEMPLE DE PORTAIL INTRANET AVEC DIFFÉRENTS TYPES DE CONTENU.....	99

## Table des tableaux

TABEAU 1 - APPAREILS PRINCIPAUX GÉNÉRANT DES ALARMES SUR L'UNITÉ DE NÉONATOLOGIE.....	11
TABEAU 2 – TABLEAU DES POURCENTAGES DES APPAREILS MÉDICAUX OCCASIONNANT LE PLUS D'ALARME.....	38
TABEAU 3 - POURCENTAGES DU RANG TENU PAR CHAQUE ACTION DE L'INFIRMIÈRE .....	46
TABEAU 4 – DIFFÉRENTES OPTIONS DE DÉLAIS SELON LA DÉVIATION (POURCENTAGE) ET LES RÉGLAGES CHOISIS .....	72
TABEAU 5 - TABLEAU RÉSUMÉ DES OPTIONS POUR L'OXYMÉTRIE DE POULS DES QUATRE FOURNISSEURS POUR LES MONITEURS PHYSIOLOGIQUES.....	82
TABEAU 6 - TABLEAU RÉSUMÉ DES OPTIONS POUR L'ECG DES QUATRE FOURNISSEURS POUR LES MONITEURS PHYSIOLOGIQUES.....	82
TABEAU 7 - DIFFÉRENTS DISPOSITIFS DE COMMUNICATION UTILISABLES AVEC LA SOLUTION CONNEXALL .....	87
TABEAU 8 - CATÉGORIES DE SYSTÈMES QU'IL EST POSSIBLE D'INTÉGRER AVEC LE GESTIONNAIRE D'ÉVÉNEMENTS INTELLISPACE.....	89
TABEAU 9 - CATÉGORIES DE SYSTÈMES QU'IL EST POSSIBLE D'INTÉGRER AVEC LE GESTIONNAIRE D'ÉVÉNEMENTS INTELLISPACE (SUITE) .....	89

# Lexique

AAMI : Association for the Advancement of Medical Instrumentation

Alarme : Signal visuel et/ou auditif transmis par un équipement médical pour signaler un changement important dans la condition d'un patient.

*Alarm fatigue* : l'absence de réponse due à un nombre excessif d'alarmes résultant de la surcharge sensorielle et la désensibilisation. [16]

Alarm Hazard : Risques associés aux alarmes

Alerte : Message envoyé à une tierce personne par l'intermédiaire d'une technologie lui donnant plusieurs informations associées à une alarme s'étant déclenchée.

ANSI : L'Institut supervise la création, la promulgation et l'utilisation de milliers de normes et de lignes directrices qui ont un impact direct sur les entreprises dans presque tous les secteurs.<sup>1</sup>

ECRI : Emergency Care Research Institute : organisme américain indépendant spécialisé dans le domaine du génie biomédical

False negative alarm condition : absence d'une condition d'alarme lorsqu'un événement déclencheur valide se produit soit chez un patient, un appareil médical ou bien un système d'alarmes ; *absence of an alarm condition when a valid triggering event has occurred in the patient, the equipment or the alarm system* [1]

False positive alarm condition : présence d'une condition d'alarme alors qu'aucun événement déclencheur valide se soit produit chez un patient, un appareil médical ou bien un système d'alarme ; *presence of an alarm condition when no valide triggering event has occurred in the patient, the equipment or the alarm system* [1]

FDA : Federal and Drug Administration (Agence américaine des produits alimentaires et médicamenteux). Agence responsable de l'homologation des équipements médicaux aux États-Unis

NICU : Soins intensifs néonataux (Neonatal Intensive Care Unit)

---

<sup>1</sup> Définition tirée du site internet :

[http://www.ansi.org/about\\_ansi/overview/overview.aspx?menuid=1#.UaVgiTfRpeE](http://www.ansi.org/about_ansi/overview/overview.aspx?menuid=1#.UaVgiTfRpeE)

Soins du développement : Les soins du développement représentent une approche de soins individualisés visant le développement optimal des nouveau-nés malades ou prématurés. Elle est basée sur l'interprétation des comportements des nouveau-nés, des interventions spécifiques afin de maximiser leur adaptation à la vie extra-utérine ainsi que l'implication des parents dans les soins de leur enfant.<sup>2</sup>

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

---

<sup>2</sup> Définition provenant du site internet : <http://www.lessoinsdudeveloppement.ca/>

## Remerciements

Je voudrais d'abord remercier cordialement mon directeur de projet M. Martin Cyr pour m'avoir offert l'opportunité de travailler sur ce merveilleux projet de nature multidisciplinaire m'ayant permis d'explorer un autre aspect m'étant inconnu du métier d'ingénieur biomédical clinique dans un établissement de renom comme le CHU Sainte-Justine. Le projet de gestion des alarmes en néonatalogie est réellement un projet sur lequel j'ai plus que grandement apprécié de travailler.

J'aimerais également remercier tous les membres de cette équipe multidisciplinaire avec lesquels j'ai eu l'opportunité de travailler sur le projet pour leur aide et expertise apportées, c'est-à-dire : Johanne Samson, Bertine Sandra Akouamba et Nina N'Diaye Mombo de l'UETMIS, Louise Garand du département de néonatalogie, Geneviève Pinard de la gestion des risques et Nassim Amine Taleb de la Direction de la Transition. Je veux aussi remercier toute l'équipe du département de TI/GBM pour leur aide apportée que ce soit les techniciens, les ingénieurs et autres. Je tiens également à remercier tous les autres membres du personnel de l'hôpital qui se sont joint à un moment où à un autre au projet pour y apporter leur aide.

Je tiens également à remercier ma famille et mes amis, plus particulièrement mes parents pour leurs conseils, aide et support constants tout au long de mes études.

Pour terminer, je voudrais également remercier M. Alain Vinet pour m'avoir permise de participer au BMI et pour son travail de directeur du programme de génie clinique.

## Introduction

Les risques associés à la gestion des alarmes se retrouvent dans l'une des deux premières positions du palmarès des 10 risques associés aux technologies médicales des dernières années, ce palmarès élaboré par l'institut américain Emergency Care Research Institute (ECRI). La preuve, ce risque bien connu dans le milieu anglophone sous le nom de « Alarm Hazards », s'est retrouvé au deuxième rang dans les palmarès de 2010 et 2011 puis au premier rang dans les palmarès de 2012 et 2013 [23-26]. À Boston, en 2010, les problèmes reliés aux alarmes cliniques ont fait la une du *Boston Globe* avec la mort d'un patient qui a vu son traitement possiblement retardé en raison d'une alarme critique provenant d'un moniteur physiologique qui ne s'est pas déclenchée parce qu'elle avait été complètement fermée [24].

Cette préoccupation est d'autant plus d'actualité que le nombre d'équipements médicaux spécialisés utilisés pour la surveillance des patients sur les différentes unités critiques d'un hôpital, comme par exemple les unités de néonatalogie du CHU Sainte-Justine, est grandissant. Le personnel clinique étant amplement sollicité, cela peut représenter un réel défi que de subvenir efficacement aux besoins des patients tout en effectuant les autres tâches prévues à l'horaire. La sollicitation de type sonore et visuelle provenant des équipements médicaux comme les moniteurs physiologiques, les ventilateurs, les pompes à perfusion, les pousse-seringues et autres, peut être une source de stress, de confusion et peut finir par aller à l'encontre de son objectif principal qui est d'aider le personnel dans leurs fonctions. Des phénomènes comme l'« Alarm Fatigue », la « False negative alarm condition » ou bien la « False positive alarm condition » (voir lexique) sont tous trois porteurs de hauts risques lorsqu'il est question de la gestion des alarmes.

Dans une unité comme la néonatalogie, mettre en place les outils nécessaires pour diminuer les risques associés aux alarmes provenant des équipements médicaux spécialisés est primordial étant donné la clientèle desservie. Tout cela, sans compter les autres contraintes et changements auxquels l'unité doit généralement faire face tels : la

surcharge de patients dans l'unité, le ratio infirmière/patient changeant selon les périodes de pause, la pénurie chez le personnel infirmier, le taux croissant de technologies, la formation offerte au personnel et bien d'autres. Ce sont tous des enjeux auxquels la néonatalogie est confrontée et qui affectent de près ou de loin les tâches quotidiennes de tout le personnel médical travaillant sur l'unité.

Les différents aspects technologiques tel un système de gestion des événements (SGE), ou bien de nouveaux moniteurs physiologiques plus intuitifs, la révision de processus, etc. peuvent aider à l'atteinte de cet objectif. La nature multidisciplinaire de l'ingénieur biomédical et la nature multidisciplinaire du projet lui permettent d'intervenir pertinemment sur plusieurs sujets auxquels il peut être confronté tout au long du projet. C'est justement le cas du projet sur la gestion des alarmes des équipements médicaux en néonatalogie.

## Contexte du projet

Le projet de gestion des alarmes en néonatalogie s'inscrit dans le plan de transition de la néonatalogie vers le nouveau bâtiment des unités spécialisées, communément appelé le BUS, qui devrait se concrétiser d'ici 2016. Ce est donc chapeauté par un comité de pilotage secondé par un gestionnaire de projet venant de l'équipe de la direction de la transition. Ainsi, l'équipe en charge du volet de la gestion des alarmes se rapporte continuellement au comité de pilotage. L'ingénieur biomédical œuvre au sein de l'Équipe Technologies présentée à la figure suivante.

### Structure et comités

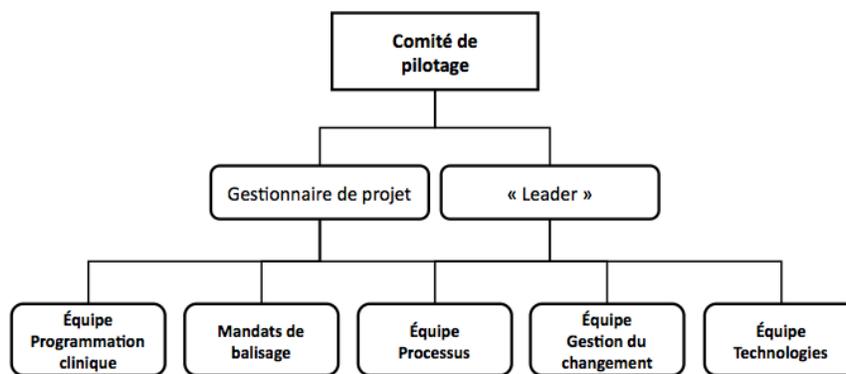


Figure 1 - Structure et comités du projet de déménagement du département de néonatalogie

Avec un ajout de 15 nouveaux lits dans le BUS, pour un total de 80 lits, le nouvel environnement de travail auquel le personnel médical de l'unité actuelle sera confronté entraînera nécessairement une réorganisation du travail tout en favorisant le développement neurologique des prématurés par une diminution du bruit par l'avènement de chambres privées avec cohabitation des parents. La venue de chambres privées introduira également des changements de pratiques où les infirmières devront apprendre à gérer les alarmes de plusieurs patients depuis l'extérieur des chambres ce qui peut représenter un réel défi surtout lorsqu'il s'agit d'alarmes prioritaires.

Avec l'incident qui s'est produit à l'hôpital de Boston ainsi que la probabilité non négligeable de risques associés à la gestion des alarmes des équipements médicaux, il est normal que le service de génie biomédical se soit intéressé à ce problème, plus spécialement avec le contexte particulier de la néonatalogie et sa clientèle. De plus, avec la possibilité de cascades d'alarmes, le grand nombre d'alarmes entendues sur toute l'unité et leurs différents niveaux d'urgence, peuvent rendre la réponse aux alarmes quelque peu ardue.

Dans un projet de cette envergure et de cette complexité, l'addition à l'équipe en charge du projet d'un ingénieur biomédical est une véritable plus-value. L'ingénieur est en mesure d'amener une expertise et des connaissances au niveau de la technologie présentement dans l'hôpital et toute technologie susceptible d'aider, dans ce cas précis, à améliorer la gestion présente et future des alarmes. En dépit de la nature multidisciplinaire du savoir de l'ingénieur biomédical, il reste qu'une bonne connaissance du milieu clinique dans lequel devrait s'insérer toute technologie demeure un aspect primordial. En effet, toute implantation ou mise en service d'une nouvelle technologie destinée au milieu médical ne peut se faire à l'improviste ou simplement en espérant un résultat positif. La compréhension du milieu d'implantation de la technologie permet d'entrevoir les difficultés qu'il est possible de rencontrer, mais aussi de choisir la meilleure option susceptible d'aider et faciliter ou améliorer le travail des utilisateurs.

# Présentation du service de génie biomédical du CHU Sainte-Justine

## ***Le CHU Sainte-Justine***

Le CHU Sainte-Justine (CHUSJ) a officiellement été fondé en 1907 et n'a jamais cessé de se parfaire et se moderniser depuis. La mission du CHU est de : « *d'améliorer la santé – considérée comme un équilibre physique, psychique, social et moral – des enfants, des adolescents et des mères du Québec, en collaboration avec nos partenaires du système de santé et ceux des milieux de l'enseignement et de la recherche.* » Le centre hospitalier universitaire a six mandats principaux à remplir: les soins spécialisés et ultra spécialisés, la recherche fondamentale et clinique en santé de la mère et de l'enfant, l'enseignement auprès des futurs professionnels de la santé et des intervenants du réseau, la promotion de la santé, l'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé et la réadaptation, adaptation et intégration sociale pour les enfants et les adolescents présentant une déficience motrice ou de langage. [12] Par ailleurs, la renommée mondiale acquise par l'hôpital au fil des années vient non seulement du fait de son côté avant-gardiste en matière de recherche, de technologies et de la mise en place de projets comme le projet Kangourou<sup>3</sup>, mais aussi de rayonnement à l'international avec par exemple la visite du Duc et de la Duchesse de Cambridge ou encore un partenariat avec l'Hôpital Robert-Debré de Paris et la qualité de ses programmes d'enseignement.

Cet établissement compte aujourd'hui 10 blocs qui englobent quarante-neuf (49) types de soins spécialisés et ultra spécialisés mère-enfant comme la cardiologie, la gynécologie, l'orthopédie, la pédiatrie, la néonatalogie et bien d'autres. Cet hôpital dispose d'un total de 489<sup>4</sup> lits dont 40 se retrouvent au Centre de réadaptation Marie Enfant (CRME)<sup>5</sup>. La grande famille du personnel de l'hôpital comprend 5 703 employés

---

<sup>3</sup> Le projet Kangourou est un projet vise à encourager le contact peau à peau entre le parent et l'enfant.

<sup>4</sup> Statistique tirée du site internet de la Réseau mère-enfant de la francophonie. Visité le 10 décembre 2012 : [http://www.rme francophonie.org/Modernisation-du-CHU-Sainte-Justine-SNC-Lavalin-Construction-inc-realiser-les-nouveaux-batiments-br\\_a209.html](http://www.rme francophonie.org/Modernisation-du-CHU-Sainte-Justine-SNC-Lavalin-Construction-inc-realiser-les-nouveaux-batiments-br_a209.html)

<sup>5</sup> L'équipe du Centre de Réadaptation Marie Enfant est intégrée à celle du CHU Sainte-Justine en janvier 2000.

dont 1504 infirmières et infirmières auxiliaires, 1 100 professionnels de soins et 292 techniciens en services diagnostiques. À cette équipe s'ajoutent 502 médecins, dentistes et pharmaciens, 210 chercheurs, 3 443 stagiaires et étudiants ainsi que 300 bénévoles. La clientèle desservie par l'hôpital se répartit comme suit : 75% d'enfants (24% de nouveau-nés, 58% d'enfants et 18% d'adolescents), 25% de mères. Ces patients viennent de toutes les régions du Québec; 46% de Montréal, 28% de Laval et de la Montérégie, 19% des Laurentides et 7% des autres régions.

Également, le CHU Sainte-Justine est un hôpital à vocation universitaire qui depuis 2003 a développé un projet de modernisation de son établissement avec le projet *Grandir en santé*. Celui-ci « vise à doter le Centre hospitalier universitaire Sainte-Justine des infrastructures nécessaires pour répondre aux besoins des mères et des enfants dans tous les volets de la mission de l'institution, soit les soins et services spécialisés, la recherche, l'enseignement, l'évaluation des technologies et la promotion de la santé » [8]. Les grandes composantes du projet de modernisation de *Grandir en santé* sont le nouveau Centre de recherche du CHU Sainte-Justine et BUS. Le BUS accueillera les unités de soins spécialisées, notamment: la pédiatrie intégrée, la pédiatrie spécialisée et la chirurgie-trauma, le bloc opératoire, l'imagerie médicale, les unités de naissance et l'unité de grossesses à risque élevé (GARE), ainsi que les unités de soins intensifs et intermédiaires en néonatalogie et en pédiatrie [10]. Il apparaît donc clair que la transition du département de néonatalogie vers le nouveau BUS est une partie intégrante de ce projet ambitieux. [9]

### ***Le service de génie biomédical***

Devant le contexte de convergence technologique, le CHU Sainte-Justine a décidé de mettre en place une direction des technologies autonome relevant directement de la direction générale, chose plutôt rare dans la province de Québec. Ainsi, la direction des technologies fusionne le service de génie biomédical, l'informatique et les télécommunications. Cette idéologie rejoint bien l'idée de convergence des technologies puisque ce sont tous trois des départements interdépendants, qui sont quotidiennement

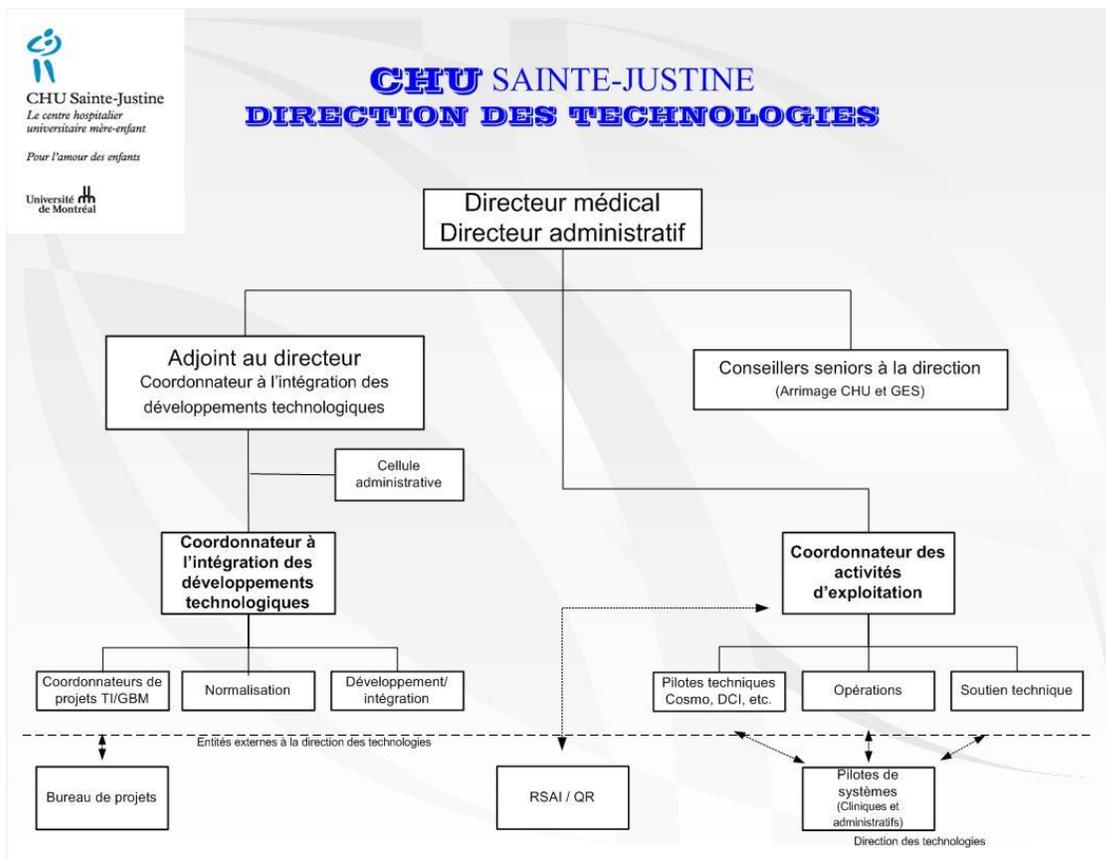
appelés à travailler ensemble pour assurer une bonne continuation dans les services offerts aux utilisateurs et patients de l'hôpital.

En ce qui concerne l'organigramme de la direction des technologies, il va comme suit (figure 2). On retrouve au sommet une codirection incluant un directeur médical et un directeur administratif qui sont appuyés par un adjoint et deux conseillers seniors. Dans le cas de l'adjoint au directeur, il est responsable de la préparation et du contrôle des budgets, de gérer : les ressources humaines, les contrats de service, la performance, le contenu de l'intranet de la direction des technologies et autres tâches connexes. Les conseillers seniors définissent, en collaboration avec la haute direction et les principaux acteurs cliniques et administratifs, la vision des technologies médicales et de l'information d'un CHU œuvrant à l'époque du troisième millénaire. Ils doivent également s'assurer que tout nouveau projet se réalise de manière intégrée aux technologies en place, à même les bâtiments existants ou qui sont en construction, et arrimé avec les systèmes d'entités externes, identifier et recommander les technologies requises pour les projets à grande portée comme dans le cas de *Grandir en santé*.

Suivent le coordonnateur à l'intégration des développements technologiques et le coordonnateur des activités d'exploitation. Le rôle du premier est de gérer l'équipe des coordonnateurs de projets TI/GBM pour l'actualisation des projets à saveur technologique, voir à la l'harmonisation de la réalisation des projets en s'assurant les activités communes ou qui pourraient avoir des incidences l'une sur l'autre soient coordonnées et réalisée de la façon la plus optimale possible, gérer la disponibilité des ressources, tant au niveau technique que professionnel, tout en déterminant la charge de travail globale de ces dernières pour l'ensemble des projets, et d'autres tâches. Quant au coordonnateur des activités d'exploitation, il doit assurer la gestion des activités liées au bon fonctionnement du service de soutien technique offert aux utilisateurs.

En ce qui concerne le service de génie biomédical (GBM), il a pour mission de gérer le cycle de vie complet des équipements médicaux du CHUSJ. En effet, le GBM doit « s'assurer du bon fonctionnement constant des équipements qui sont de plus en plus nombreux et sophistiqués, devant supporter les soins tertiaires. » Ainsi, tous les services

de santé de l'hôpital sont en constante relation et travaillent en étroite collaboration avec le GBM pour ce qui est du remplacement, de la réparation, du rehaussement, de la maintenance et de l'acquisition de nouveaux équipements médicaux nécessaires au traitement des patients de l'établissement de santé. Le service de génie biomédical doit également prendre part à différents projets d'envergure dans l'hôpital afin d'apporter leur expertise et leur point de vue sur les technologies médicales. C'est justement le cas pour le projet de modernisation de l'hôpital *Grandir en santé* où les ingénieurs doivent travailler en étroite collaboration avec l'équipe de *Grandir en santé* et/ou celle de La Transition pour s'assurer que les besoins en matière de technologies sont bien définis, clairs et respectés. Ainsi, avec les ingénieurs de l'équipe de *Grandir en santé*, le GBM veille à prévoir la flotte d'équipements à acheter et/ou à remplacer d'ici l'inauguration du BUS.<sup>6</sup>



**Figure 2 - Organigramme de la direction des technologies**

<sup>6</sup> Informations sur les rôles dans la direction des technologies tirées du document portant sur les *rôles et responsabilités des principaux intervenants* du CHU Sainte-Justine.

## ***Le département de néonatalogie***

Le service de néonatalogie de l'hôpital est sous la responsabilité du Dr Keith Barrington qui dirige une équipe soignante multidisciplinaire. Il est à noter que la responsable des unités des soins intensifs et des soins intermédiaires est Mme Louise Garand. Cette équipe est composée de onze néonatalogistes, de consultants experts dans toutes les spécialités pédiatriques et chirurgicales, en plus des infirmières et infirmières auxiliaires, inhalothérapeutes, pharmaciens, psychologues, nutritionnistes, travailleurs sociaux, ergothérapeutes, physiothérapeutes, consultant en allaitement et les infirmières praticiennes spécialistes en néonatalogie. [11]

Le service de néonatalogie de l'hôpital est le plus grand centre en néonatalogie au Canada. Il peut actuellement accueillir soixante-cinq (65) bébés. Avec ses 27 lits réservés aux soins intensifs et ses 38 lits de soins intermédiaires, il peut accueillir plus de 1 100 patients par année, des enfants prématurés et des enfants nés à terme avec malformation, infections ou asphyxie. Le deux tiers de ces bébés peut venir du service obstétrique de l'hôpital, l'autre tiers provient d'autres centres hospitaliers de la province transférés par l'équipe de transport de Sainte-Justine. Les bébés souffrant de problèmes médicaux et chirurgicaux peuvent recevoir des soins de niveaux secondaire, tertiaire et quaternaire pour tous les systèmes d'organes en défaillance comme le système respiratoire, cardiovasculaire, rénale, hépatique et cérébrale. Les pathologies le plus fréquemment rencontrées sont la prématurité, la détresse respiratoire, le choc, les malformations ayant besoin de chirurgie néonatale, et les syndromes complexes. Les patients sont suivis par l'équipe néonatale à chaque étape de la vie d'un bébé malade, c'est-à-dire du conseil prénatal au suivi à long terme, en passant par la réanimation, les soins aigus de toute sorte. [11]

Les technologies requises pour offrir les soins en néonatalogie et susceptibles de générer des alarmes sont principalement :

**Tableau 1 - Appareils principaux générant des alarmes sur l'unité de néonatalogie**

Appareils	Fournisseur et modèle
Moniteur physiologique	Solar 8000
Incubateur	GE; Giraffe et Giraffe Omnibed
Pousse-seringue	Smiths Medical; Medfusion 3500
Pompe à perfusion	B Braun ; Perfusor Space
Ventilateur volumétrique	Dräger; Evital XL, Babylog 8000 et 8000+ International Biomedical; Crossvent 2i+
Ventilateur pneumatique néonatal	Fisher & Paykel; Neopuff
Ventilateur à pression positive	Carefusion; Infant Flow SiPAP

Dans le cadre du projet de la gestion des alarmes, de nombreux changements sont prévisibles. Par exemple, comme il a été dit plus tôt, dans le cadre de *Grandir en santé*, le nombre de lits augmentera de 65 à 80 et toutes les chambres deviendront des chambres dites privées. Ces chambres privées incluront également la cohabitation des parents dans la chambre de leur enfant et donc une présence accrue dans le travail quotidien du personnel infirmier; les infirmières par exemple devront s’habituer à travailler beaucoup plus à l’extérieur des chambres et responsabiliser un peu plus les parents. En plus des changements au niveau de la croissance, il est de plus en plus question des soins du développement du nouveau-né qui est un volet très important et en lien avec les alarmes dont il faut tenir compte dans un tel projet. Cette nouvelle dimension va également entraîner des changements au niveau de la réorganisation du travail du personnel clinique, mais impactera le choix des technologies à mettre en place sur l’unité.

Somme toute, la néonatalogie étant amené à servir de plateforme pour l’implantation de nouvelles technologies, les résultats obtenus à la suite de ce projet pourrait occasionner des impacts majeurs sur le reste de l’hôpital.

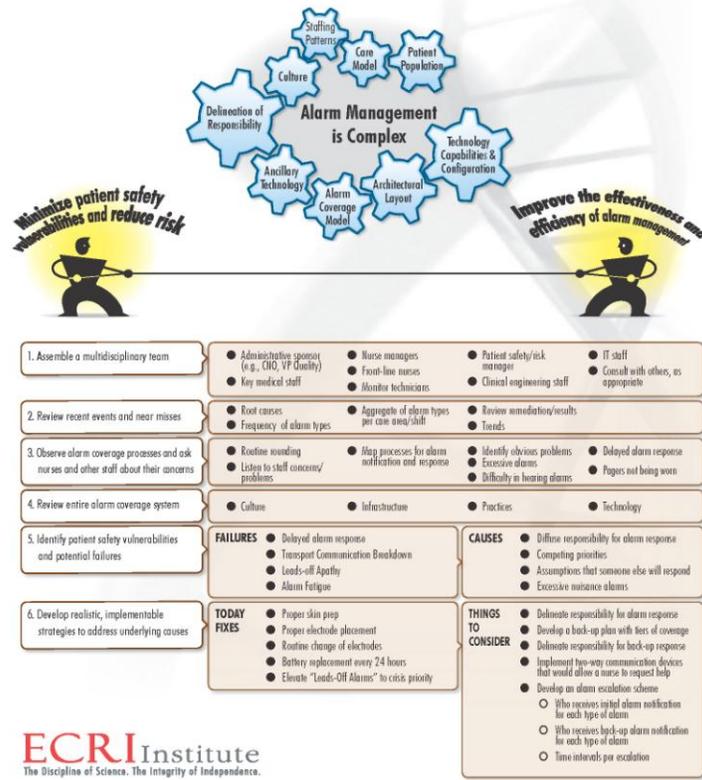
## Méthodologie

Dans le cadre d'un tel projet multidisciplinaire, il est important de bien se documenter et de développer une bonne méthodologie d'attaque du problème si l'ingénieur veut arriver à bien évaluer ce à quoi il est confronté et quelle est la perception du phénomène de la gestion des alarmes à l'échelle mondiale. Plutôt que de déployer hâtivement des technologies, il est important de garder à l'esprit que la technologie doit s'intégrer efficacement dans le milieu clinique et venir soutenir un processus d'amélioration du système de gestion des alarmes de sorte à favoriser son adoption. En d'autres mots, la technologie est secondaire au processus, elle doit s'intégrer à la solution sans nécessairement en être le point central.

De plus, ce qui rend la gestion des alarmes si complexe est la présence de plusieurs facteurs différents qu'il faut considérer dans le projet. Parmi ceux-ci on retrouve : la délimitation des responsabilités de chaque intervenant, la culture de l'établissement, la structure organisationnelle des employés concernés, le modèle de soins, le groupe de patients, les capacités technologiques et leur configuration, l'organisation de l'architecture, la manière dont sont présentement gérées les alarmes et les technologies auxiliaires déjà présentes.

La méthodologie préconisée au cours de ce projet s'inspire fortement de l'approche en six étapes suggérée par l'ECRI [22] « *Strategies to improve monitor alarm safety* » (figure 3). Cet outil peut servir de point de départ pour tout professionnel de la santé désirant démarrer un projet d'améliorer de la gestion des alarmes au sein de leur établissement comme c'est le cas ici au CHU Sainte-Justine.

## STRATEGIES TO IMPROVE MONITOR ALARM SAFETY



**ECRI**Institute  
The Discipline of Science. The Integrity of Independence.

© 2011 ECRI INSTITUTE, 5200 BUTLER PIKE, PITTSBURGH, PA 15202-1220

Figure 3 - Stratégie en 6 étapes proposée par ECRI

L'objectif de cet outil apparaît clair, mais il faut tout de même arriver à trouver le juste milieu entre la minimisation des vulnérabilités associées à la sécurité des patients et la réduction des risques, et l'amélioration de l'efficacité et l'efficience de la gestion des alarmes. Il est à noter que cette approche a été adaptée et modulée selon les besoins du projet.

La première étape consiste en mettre sur pied une équipe multidisciplinaire composée de membres provenant de différents départements de l'hôpital devant s'impliquer dans le projet. Ce projet s'insérant dans le grand projet de déménagement du département de néonatalogie dans le BUS, un comité de pilotage existait déjà, celui-ci réunissant des personnes provenant de différents milieux, administratif ou clinique, comme des médecins en néonatalogie, du personnel de La Transition, des membres de

l'administration du département de néonatalogie, une gestionnaire de projet, etc. Dans le cadre de ce projet, cette équipe est composée des membres suivants :

- Louise Garand, Coordinatrice en Néonatalogie
- Martin Cyr, Conseiller senior à la direction des technologies
- Johanne Samson, Coordinatrice UETMIS et RMEF
- Bertine Sandra Akouamba, Conseillère en évaluation des technologies
- Nina N'Diaye Mombo, Conseillère en évaluation des technologies
- Geneviève Pinard, Gestionnaire des risques
- Nassim Amine Taleb, Conseiller en Révision de processus
- Stéphanie Déjoie, Stagiaire en génie biomédical

La deuxième étape consiste en revoir des derniers événements et/ou incidents qui se sont produits durant la gestion des alarmes, c'est-à-dire : en examiner les causes, regarder la fréquence des différents types d'alarmes, la totalité des types d'alarmes selon les quarts de travail et les différentes sections d'une même unité de soins, revoir les corrections déjà apportées et leurs résultats, voir quelles sont les tendances. Mme Pinard travaillant pour la gestion des risques de l'hôpital a effectué des recherches concernant les incidents/accidents associées aux alarmes (Annexe 8).

La troisième étape a pour objet l'observation du processus actuel de gestion des alarmes et s'enquérir auprès des infirmières et d'autres membres du personnel clinique de leurs préoccupations quant au phénomène de gestion des alarmes. Pour ce faire, des tournées de routine ont été organisées, la cartographie des processus de gestion des alarmes actuellement en place doit être faite (étape effectuée avec les ateliers AMDEC). Les observations terrain permettent d'identifier les problèmes les plus criants, observer le phénomène du trop grand nombre d'alarmes sur toute l'unité de soins, évaluer si le personnel éprouve des difficultés à bien entendre les alarmes, s'il y a des délais dans la réponse aux alarmes et si applicable, si les téléavertisseurs sont portés en tout temps. Il est bien important de connaître l'origine des alarmes, leurs causes, afin de s'attaquer au problème à la source ou le plus près de la source.

La quatrième étape vise à revoir le système de gestion des alarmes en entier, c'est-à-dire sa culture, son infrastructure, ses pratiques et les technologies associées. Pour se faire, une revue de littérature exhaustive au sujet de la gestion des alarmes et des observations terrains se basant sur cette même revue de littérature sont entre autres prévues.

La cinquième étape doit permettre l'identification des vulnérabilités associées à la sécurité des patients et des échecs possibles dans la gestion des alarmes. Des exemples d'échecs peuvent être le délai dans la réponse à une alarme ou bien le phénomène d'« Alarm fatigue ». Des exemples de causes aux vulnérabilités peuvent être la responsabilité diffuse pour la réponse aux alarmes, la concurrence entre les tâches prioritaires, le fait que l'on suppose qu'une autre personne va répondre à une alarme ou le trop grand nombre de fausses alarmes. Une analyse de défaillance appelée AMDEC, présentée un peu plus loin, est menée afin d'identifier ces vulnérabilités associées au processus de gestion des alarmes.

La sixième étape vise à développer des stratégies réalistes et facilement implantables dans l'établissement de santé en relation avec les causes sous-jacentes à la gestion des alarmes. Cependant, il demeure quelques points à considérer tels l'implantation de technologies de communication bidirectionnelles permettant aux infirmières de demander de l'aide à de tierces personnes ou développer un système de cascades d'alarmes.

## ***Revue de la littérature***

La gestion des alarmes est un sujet largement traité dans la littérature et ce à un niveau international. Deux revues de littérature sont mises ensemble pour permettre de se renseigner le plus possible au sujet de la gestion des alarmes. La première est une revue de littérature dite individuelle tandis que la seconde est une revue de littérature se faisant conjointement avec l'équipe de l'UETMIS. Il est intéressant de mettre en commun ces deux revues de littérature puisque l'UETMIS utilise une méthodologie qui leur est propre

pour opérer une revue de littérature et ratisser plus large que uniquement le point de vue technologique. La revue de littérature individuelle, quant à elle, permet de parfois faire ressortir des articles n'apparaissant pas dans l'autre revue de littérature et de mieux comprendre le contenu de la revue de littérature grise<sup>7</sup> de par l'expertise et la compréhension des technologies médicales déjà acquises par un ingénieur biomédical. Au début du projet, des articles de référence de types technologiques parfois spécialisés étaient disponibles pour avoir une vue d'ensemble du phénomène des risques associés aux alarmes.

L'un des grands avantages de travailler avec l'équipe de l'UETMIS est leur démarche structurée pour effectuer la revue de la littérature. Il s'agit en fait de faire une recherche exhaustive sur les grands moteurs de recherche existants d'articles scientifiques traitant des sujets d'intérêts. Pour ce faire, l'aide d'une bibliothécaire spécialiste dans ce type de recherche a été demandée et s'est avérée plus qu'utile. Afin de faciliter la recherche d'articles, l'UETMIS propose de créer une liste de mots-clés en français et en anglais (voir Annexe 1) pouvant permettre de cibler un sujet en particulier, dans ce cas-ci tout ce qui concerne la gestion des alarmes dans une unité de néonatalogie. Il faut également délimiter une période de publication afin de ne conserver que les articles pertinents écrits ces dernières années puis exclure tout article écrit dans une autre langue que l'anglais ou le français pour s'assurer de la meilleure compréhension du contenu de l'article par le lecteur. Étant donné la population particulière visée par le projet de gestion des alarmes et pour restreindre les champs de recherche, tous les articles portant sur la gestion des alarmes pour la population adulte ont été exclus. Pour les articles pour la population adulte, il n'était pas pertinent de les rechercher pour des sujets comme les soins du développement ou bien comment les alarmes affectent les infirmières et leur travail quotidien étant donné la clientèle cible du département de néonatalogie, mais dans le cas des articles portant sur les technologies, toutes les populations ont été incluses. Les articles ne portant que sur la population de la néonatalogie étant plus rare, les articles

---

<sup>7</sup> La littérature grise est un : document produit à l'intention d'un public restreint, en dehors des circuits commerciaux de l'édition et de la diffusion, et en marge des dispositifs de contrôle bibliographique. [http://www.adbs.fr/litterature-grise-17647.htm?RH=OUTILS\\_VOC](http://www.adbs.fr/litterature-grise-17647.htm?RH=OUTILS_VOC)

portant sur la population pédiatrique ont été retenus. Par la suite, un premier filtre dans la liste des articles est effectué en lisant les titres et les résumés d'articles. Les articles concernant les technologies médicales utilisées en néonatalogie ont été séparées et assignés à la personne plus apte à saisir rapidement la teneur de l'article. Afin de facilement partager les informations lues dans chacun des articles, un tableau d'extraction de données est utilisé. Ce dernier comprend entre autre : le titre de l'article, l'année de publication, le ou les auteurs, le pays d'origine, la population étudiée, le type d'étude (prospective, rétrospective, etc.), le type de technologie (s'il y a lieu), la mesure et un bref résumé. Une recherche rapide dans la liste des références de chaque article peut être faite afin de trouver des articles n'apparaissant pas dans la liste de la bibliothécaire de l'hôpital et qui peuvent également être utiles. Un partage d'information est ensuite organisé. Le résultat de cette recherche est illustré à la figure 4.

L'apport de l'équipe de l'UETMIS dans ce projet va au-delà de la revue de littérature. Le génie biomédical est en mesure d'aider cette équipe à l'élaboration d'un questionnaire de balisage permettant de connaître ce qui se fait ailleurs dans les autres établissements hospitaliers au niveau de l'utilisation de technologies médicales et/ou de communication, de la gestion du personnel infirmier, etc. le tout dans le contexte de gestion des alarmes. L'UETMIS est également venue en aide dans les observations terrains, sujet traité ultérieurement, ainsi que dans l'élaboration de mesures et d'indicateurs permettant de faire une analyse comparative de l'avant et l'après le déploiement de technologies aidant à l'amélioration de la gestion des alarmes. De plus, l'UETMIS, aidée par le génie biomédical, a également mis sur pied un questionnaire visant à évaluer la gestion des alarmes du point de vue des parents tout en englobant leur le niveau de stress au cours de leur séjour en néonatalogie. Cette initiative vise à formuler des recommandations pour un meilleur accompagnement des parents dans la nouvelle unité dans le BUS en lien avec la gestion des alarmes.

En ce qui concerne la revue de littérature individuelle, elle permet d'identifier des informations particulièrement importantes et utiles dont il faut tenir compte pour le point de vue technologique du projet. Les résultats des revues de littérature mis ensembles sont présentés ci-après et regroupés par sujet. La section *Veille technologique* décrite plus loin

vient compléter la revue de la littérature en explorant les technologies actuelles et en émergence à considérer pour l'amélioration de la gestion des alarmes.

### Résultat de la stratégie de recherche du 18 octobre 2012

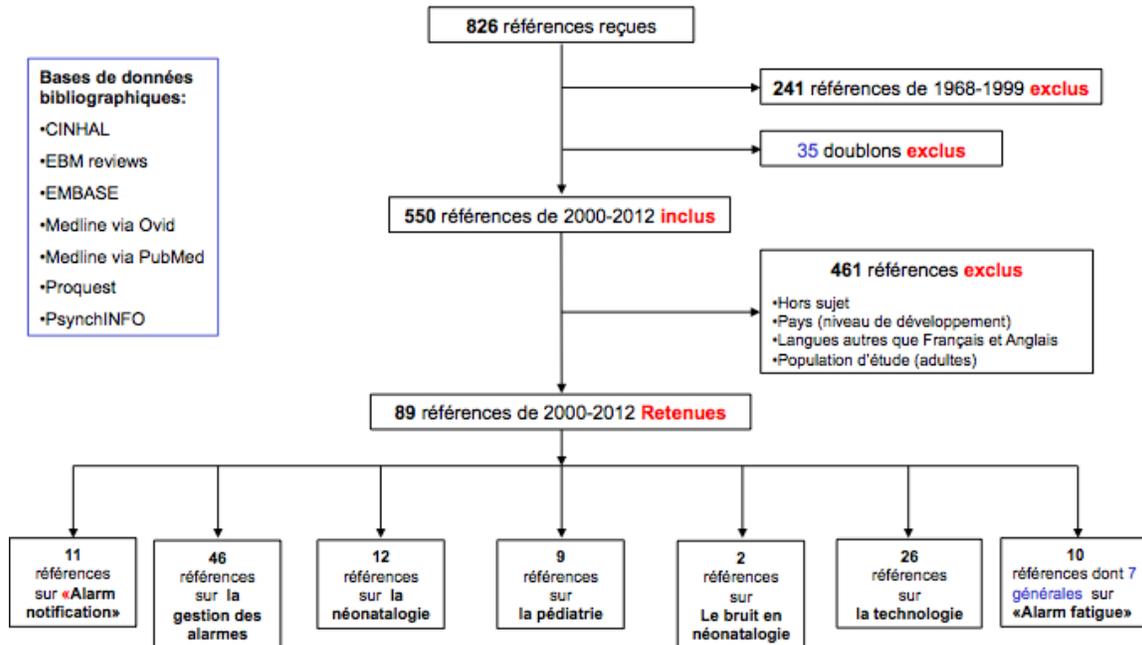


Figure 4 - Résultat de la stratégie de recherche du 18 octobre 2012 conjointement avec l'UETMIS

## Phénomène des alarmes

Comme l'évoque la fondation des technologies de la santé de l'American College of Clinical Engineering (ACCE), les alarmes cliniques ont pour objectifs de transmettre des informations précises, intuitives, et fournir des alarmes qui sont faciles à interpréter et entraînant des actions de la part du personnel clinique [20,48]. Le problème est que seulement quelques alarmes reflètent l'état de santé du patient (vrai positif) alors que plusieurs ne sont pas tout à fait cliniquement significatives et/ou peuvent être causées par un paramétrage de moniteurs mal adapté, occasionnant de potentielles alarmes nuisibles ou faux positifs et aussi engendrer des situations critiques non détectées [6,48]. D'ailleurs, le pourcentage de fausses alarmes se trouverait au-delà de 80% avec un faible nombre d'événements significatifs demandant une intervention médicale [16, 20, 34, 35,

48]. La majorité des problèmes rapportés en rapport avec la gestion des alarmes sont causés par un grand nombre d'alarmes et/ou un grand nombre de fausses alarmes. Ces mêmes alarmes contribuent à de la désensibilisation, de l' « alarm fatigue » de la méfiance, une augmentation de la charge de travail et parfois même une absence de réponse ou une réponse inappropriée de la part du personnel soignant. [6, 16, 20, 21, 23, 35] Le personnel soignant peut même être appelé à mettre les limites d'alarmes trop grandes ou peuvent même complètement désactiver l'alarme pour ainsi réduire la nuisance des fausses alarmes. [35]

Au niveau de la réponse aux alarmes par les infirmières, elles ajustent l'ordre de leurs activités selon leur évaluation de l'urgence de l'alarme et la condition du patient. D'ailleurs, elles ont plus tendance à répondre aux alarmes qui se font entendre longtemps et considérée comme rares, tout en ajustant à leur charge de travail, se fiant à la condition du patient et se basant sur la complexité de leurs tâches à accomplir. Les infirmières peuvent en venir à se fier entièrement aux alarmes et cesser d'aller chercher plus d'informations, voire d'initier des actions ou bien au contraire, elles peuvent ignorer des indices d'alarmes perçues comme moins fiables et initier des actions par elles-mêmes. [4, 16]

Il est à noter que les individus ont en général de la difficulté à discerner plus de six signaux d'alarmes différents, normalement entre cinq et sept [13, 16]. Un patient aux soins intensifs peut, dans plusieurs cas, avoir plus de six alarmes différentes associées à leurs soins et même des sons similaires pour différentes significations lorsqu'ils viennent de sources distinctes. Il peut alors être plus difficile de bien reconnaître les alarmes dans ces cas.

## **Normes et niveau de bruit**

Les organismes d'accréditation et responsables de rédiger les normes sont en train de développer des lignes directrices pour la gestion des soins et leur conception tandis que les organismes de santé cliniques et alliées cherchent à fournir des recommandations

et des bonnes pratiques<sup>8</sup>. De ce fait, les alarmes sont répondues dans un certains nombre de normes pour appareils médicaux. La principale norme, adoptée par la FDA<sup>9</sup> comme norme de référence, est l'IEC 60601-1-8 :2006 *Ed. 2 : Équipement électrique médical, Partie-1-8 : Exigences générales pour la sécurité de base et les performances essentielles - Norme collatérale: Exigences générales, essais et guides pour les systèmes d'alarme des appareils et des systèmes électromédicaux*. Cette norme « spécifie les exigences de sécurité de base et les exigences en matière de performances essentielles ainsi que les essais des systèmes d'alarme des appareils et des systèmes électromédicaux et de donner des lignes directrices pour leur application. Ces lignes directrices définissent des catégories d'alarmes (priorités) par degré d'urgence, des signaux d'alarme et des états de commande cohérents et leur marquage pour tous les systèmes d'alarme »<sup>10</sup>. Cependant, malgré le fait que cette norme puisse permettre une harmonisation des alarmes pour l'éventail des appareils, elle est loin d'être intégrée dans les appareils médicaux et les hôpitaux. En fait, plusieurs études auraient recommandées que les sons des alarmes mélodiques de la norme soient retravaillés puisque les sons sont difficiles à identifier et difficile à discerner lorsque les tâches se chevauchent. D'autres normes AAMI/ANSI peuvent inclure quelques éléments portant sur les exigences pour les alarmes sans pour autant traiter du besoin de prioriser les alarmes émises par les appareils. Autrement dit, les alarmes sont généralement traitées sur une base spécifique à l'appareil, et couvrent essentiellement l'interaction entre le dispositif et le système d'alarme. Par exemple, la norme ANSI/AAMI EC13 traite des moniteurs cardiaques et l'une de ces exigences inclue des plages de limites d'alarme pour la fréquence cardiaque et des délais admissibles lorsqu'il y a un limite franchie. [13]

En ce qui concerne le niveau de bruit, les alarmes en génèrent un certain niveau ce qui peut représenter un risque pour les professionnels ou bien nuire au développement normal du système auditif du patient. Les niveaux de bruit dans la plupart des hôpitaux

---

<sup>8</sup> Les normes sont plus de nature légale, c'est à dire qu'elle sont des règles à suivre dictées par des autorités publiques et régies par la loi alors que les bonnes pratiques font plutôt office de recommandations.

<sup>9</sup> Les normes adoptées par la FDA sont bien souvent suivies par l'organisme canadien des normes la CSA (Canadian Standards Association : Association canadienne de normalisation).

<sup>10</sup> [http://www.iso.org/iso/fr/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=41986](http://www.iso.org/iso/fr/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=41986)

sont supérieurs aux recommandations de l’OMS<sup>11</sup> qui sont de 35 décibels (dB) durant le jour et de 30 dB la nuit. Dans une étude menée par Hirose et al, sur 75 équipements médicaux, apparaissant dans l’article de Mme Cvach, il a été trouvé que le niveau de bruit de 54% des équipements étudiés avait un volume d’alarme fixe et que la plupart des intensités des alarmes des équipements dépassaient 70 dB [16] en lien avec le niveau de bruit typique d’une NICU de 54 dBA<sup>12</sup>. Ces niveaux de bruit vont à l’encontre des lignes directrices de l’*American Academy of Pediatrics* (académie américaine de la pédiatrie) (1997) indiquant que les niveaux de bruit excédant 45 dB sont des sources d’inquiétude et que pas plus de 10% du temps, les niveaux excédant 50 dB sont acceptables. Le *Committee to Establish Recommended Standards* pour les unités de soins intensifs de la néonatalogie tolère les normes de 45 dB et 50 dB 10% du temps et recommande même une limite de 45 dB par heure sur tout le NICU. [28, 38]

## **Technologies, leurs avancement et les différentes options**

Plusieurs avancements se sont produits en ce qui concerne la gestion des alarmes que ce soit au niveau technologique, des accréditations et des normes, administratif, etc. En effet, l’industrie des technologies médicales a réussi à offrir une meilleure intégration de la conception des facteurs humains en utilisant des concepts en ingénierie avec la conception de mécanismes d’alarmes intelligentes. Par exemple, certains manufacturiers ont intégré ce qu’on appelle les « smart alarms », qui tiennent compte de plusieurs paramètres physiologiques, du taux de changement de ces mêmes paramètres, la qualité du signal, etc. et de l’oxymétrie de pouls qui évitent le déclenchement des alarmes de perte de signal en éliminant les artefacts. Des algorithmes, des signaux filtrés et/ou des systèmes d’intelligence artificielle traitent les alarmes en utilisant des filtres ou bien des différences morphologiques et temporelles. [13, 16, 20]

Il est également fait mention d’intégration de technologies et de l’utilisation de technologies sans-fil pour venir en aide aux infirmières sur le terrain. Entre autre il est question d’intégrer les technologies médicales et de communication à l’intérieur d’un

---

<sup>11</sup> Organisation mondiale de la santé.

<sup>12</sup> dBA : décibels A-weighted pour les mesures de bruit ambiant.

même hôpital, des postes d'infirmières au lit du patient en passant par les cellulaires de membres du personnel infirmier et/ou médical (une boucle fermée). Des technologies d'extension d'alarmes envoyant ou cascasant les alarmes provenant des équipements médicaux vers une variété de systèmes peuvent être des systèmes d'appels de garde, de radiomessagerie (*paging systems*) ou bien la téléphonie IP utilisant le réseau sans-fil sécuritaire interne. De plus, des technologies permettent l'envoi de messages textes ou courriers électroniques fournissant plus d'informations sur le contexte de l'alarme afin que le clinicien puisse prendre une décision plus éclairée. Le personnel clinique est alors en mesure de mieux prioriser et gérer les soins de leurs patients. [16, 20]

Ces systèmes de notification d'alarmes (ou système de gestion des événements) doivent fournir des renseignements pour l'acheminement des communications vers des appareils mobiles via des règles de flux de travail prédéfinies et fournir une gestion centralisée, gérer les accès et signaler tous les événements [34]. Ils doivent bien sûr servir de complément aux équipements médicaux générant les alertes, au modèle de dotation en personnel, aux protocoles de réponse aux alarmes et la géographie de l'unité. Il faut aussi tenir compte du souci de confidentialité et donc les configurer de manière à ne pas révéler le nom du patient. [16]

Une autre stratégie de gérer les alertes des équipements médicaux est de relier ceux-ci au système de monitoring réseauté par le truchement d'interface ou de câblage physique, notamment pour les ventilateurs. Cette stratégie permet donc de relayer les alarmes du ventilateur vers un endroit où elles sont plus susceptibles d'être détectées par le personnel soignant. Cette stratégie est intéressante compte tenu que la plupart des NICU sont dotées de moniteurs physiologiques mis en réseau afin que les alarmes puissent être affichées pour le clinicien de la même manière que les alarmes du moniteur physiologique pouvant être affichées sur les consoles centrales par exemple. Les principaux fournisseurs de système de monitoring comme Dräger, GE, Philips, Spacelabs offrent des interfaces entre moniteurs et ventilateurs. [21] Les alarmes pour les ventilateurs devraient éventuellement aussi pouvoir être intégrées au SGE.

Un enjeu à considérer avec les technologies auxiliaires de notification évoquées précédemment (intégration au système d'appel de garde ou système de gestion des événements) concerne l'interprétation des messages transitant par l'interface qui peut se traduire par un risque additionnel à gérer. Par exemple, un hôpital membre de l'institut ECRI rapporte que dans le cas d'une alarme « Vent Inop », alarme indiquant que le ventilateur s'éteint et arrête de fournir de l'oxygène au patient et qui avait été programmée pour être transmise au système d'appel de garde pour les infirmières afin qu'elle ne soit pas entendue dans la chambre, celle-ci n'a pas été envoyée au système d'appel de garde. Le patient a pu être aidé parce qu'un membre du personnel a vu qu'il avait besoin d'assistance immédiate [27]. Ainsi, lors de l'interfaçage d'un SGE, il va falloir s'assurer de veiller à ce que des situations de ce genre ne se produisent pas, en maintenant les alarmes sonores à la source et vérifier que ces systèmes auxiliaires n'empêchent pas la transmission de ce type d'alarmes prioritaires.

Selon Imhoff et al [35], il existe quatre domaines dans lesquels les alarmes peuvent être améliorées, ces derniers sont interdépendants et s'implantent l'un sur l'autre. Il s'agit de : l'acquisition du signal (interface entre le patient et l'appareil médical), la génération d'alarmes (les algorithmes déterminant les situations d'alarmes pour chaque variable mesurée), la validation d'alarmes (déterminer si une alarme est valide cliniquement ou techniquement) et l'intégration de plusieurs alarmes (de plusieurs appareils médicaux en une seule ou moins d'alarmes). Des méthodes, tels des algorithmes de détection de tendance et des approches d'intelligence artificielle comme celles des découvertes « knowledge based » se basant sur l'apprentissage de l'appareil, pourraient mener dans le futur à de nouvelles applications axées sur les quatre domaines précédemment cités. D'autres articles [2, 5, 7, 35, 49] traitent d'algorithmes pouvant éventuellement faire leur entrée sur le marché, mais nécessitant bien souvent plus de validation clinique et du fait que plus de recherche doit se faire sur de nouveaux algorithmes pour améliorer la gestion des alarmes dans les appareils médicaux. Par exemple, Blum et al ont développé un algorithme utilisant des filtres médians et des règles de production pour décider quelle alarme générer [5].

## **Formation, procédures, politiques, etc.**

Malgré tous ces changements positifs, des problèmes avec la gestion des alarmes persistent. Il est impossible d'éliminer complètement les fausses alarmes ou les alarmes nuisibles. Les meilleures solutions demeurent entre les mains des cliniciens et des manufacturiers. Il est tout de même bien important que les cliniciens cherchent à minimiser le nombre d'alarmes dans leur environnement de travail en faisant une utilisation efficace des appareils médicaux. Par exemple, dans le cas du rythme cardiaque, définir des limites/seuils permettant une protection suffisante pour le patient doit se faire sans pour autant occasionner des alarmes nuisibles dues aux changements dans le rythme cardiaque n'étant pas significatifs. Également, une technique d'application adéquate des électrodes ECG doit être mise en place afin de limiter les alarmes associées à leur déplacement en plus de préparer adéquatement la peau et remplacer les fils de l'ECG régulièrement comme conseillé par ECRI. [13, 16] De plus, les alarmes de tout type doivent être répondues rapidement puisque la condition des patients peut se détériorer si la situation n'est pas résolue rapidement; la condition du patient affectant directement le taux d'alarmes. [13]

Pour améliorer la situation du trop grand nombre d'alarmes, plusieurs approches peuvent être envisagées. Par exemple, des formations adéquates initiales et continues pour le personnel, non seulement théoriques mais aussi pratiques, doivent être offertes sur un grand éventail d'appareils médicaux. Le fait de ne pas reconnaître toute l'importance d'une bonne formation du personnel, les résultats démontrent que les infirmières peuvent sous-estimer leur rôle dans la gestion des alarmes et ne percevoir le « fardeau » des alarmes cliniques comme étant uniquement de nature technologique. Une formation et une éducation adéquates doivent avoir lieu afin de mieux comprendre l'utilisation de l'appareil médical, les implications d'une mauvaise configuration ou l'annulation d'alarmes et les limitations des systèmes d'alarmes actuels. La formation devrait être considérée comme des heures de travail supplémentaires pour encourager la participation du personnel clinique cible. Ces formations devront être obligatoires et pourront possiblement demander une participation fréquente. [6, 13, 16]

Un établissement de santé doit aussi examiner quelles sont les alarmes devant être activées, quels sont les paramètres par défaut à utiliser et s'ils ont besoin d'être adaptés individuellement. Également, les protocoles concernant le paramétrage des alarmes doivent être mis en place pour permettre au personnel infirmier de répondre efficacement aux alarmes. Une évaluation des risques des alarmes peut aider à développer des politiques pour la gestion des alarmes et développer une réponse adéquate aux alarmes. Ces politiques sont essentielles pour définir la responsabilité du personnel face aux alarmes. De plus, normaliser les alarmes peut aussi s'avérer un moyen efficace de réduire le nombre d'alarmes qu'on a à apprendre le personnel. [16, 23]

D'autre part, lorsque les établissements de santé doivent acheter de nouveaux appareils médicaux et des systèmes avec alarmes, ils doivent évaluer soigneusement le potentiel qu'ont ces dispositifs de réduire les fausses alarmes et autres problèmes à l'aide de signaux d'entrée traités intelligemment, de « smart alarms », de leur facilité d'utilisation, des principes d'utilisation et de design des facteurs humains puis de l'application de la normalisation et des mesures des systèmes d'ingénierie. [13]

Plusieurs autres mesures pour aider le personnel infirmier dans la gestion des alarmes peuvent être établies. Par exemple, ajouter des délais dans le déclenchement des alarmes ou bien personnaliser la configuration des alarmes selon la condition du patient peut aider de manière significative à réduire le nombre d'alarmes ignorées ou inefficaces souvent causées par la succion, le lavage, le repositionnement et les soins oraux etc. [16] La solution d'ajouter des délais peut paraître simple, mais cela peut véritablement contribuer à diminuer le nombre de fausses alarmes. [6]

Une gestion des alarmes efficace repose sur trois grands points :

- 1) La conception de l'équipement qui promeut une utilisation adéquate de ses fonctions (ex : facile à installer, des indicateurs visuels flagrants lorsqu'une alarme se déclenche);
- 2) Le personnel clinique prend activement part dans l'apprentissage de l'équipement en toute sécurité avec sa gamme complète de fonctionnalités;

- 3) Les hôpitaux reconnaissent la complexité de la gestion des alarmes et consacrer les ressources nécessaires pour développer des systèmes de gestion efficaces.

[13]

En somme, le comportement de infirmières face aux alarmes, la grand nombre de fausses alarmes, les « smart alarms » et les nouvelles technologies d'intégration d'appareils médicaux et autres dispositifs de communication, le niveau de bruit acceptables pour le NICU sont entre autres des informations qui permettent de développer des approches pour évaluer l'ampleur du projet comme ce qu'il faut observer pour les observations terrains et la veille technologique. Les méthodes d'observations de Bitan et al [4] en plus des interviews d'experts comme des infirmières, des médecins et des techniciens ont été effectuées dans l'article de Freudenthal et al [28] servent de bonnes bases pour les observations terrains sur l'unité de néonatalogie du CHUSJ.

### ***Analyse des modes de défaillance (AMDEC)***

L'acronyme AMDEC signifie analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité : c'est une « méthodologie qui permet de détecter les risques potentiels et de les hiérarchiser à l'intérieur d'un produit, d'un processus ou d'un protocole. »<sup>13</sup> Dans le cadre de ce projet, l'identification des causes possibles de défaillance du processus devient utile afin d'améliorer la situation actuelle pour la gestion des alarmes. Dans cette stratégie, il est très important d'impliquer des gens terrains afin qu'ils apportent leur point de vue unique à leur expertise terrain.

La méthode préconisée consiste d'abord à cartographier le processus de suivi des alarmes des équipements en néonatalogie, de l'arrivée de l'enfant à son congé, et se concentrer sur la portion allant du « Contacter le personnel pour préparer la chambre » jusqu'à la mise en congé du patient pour nommer les risques possibles (Annexe 2). La réalisation de l'AMDEC s'effectue à travers différents ateliers d'une durée d'environ

---

<sup>13</sup> Définition tirée de la présentation de la Direction de la Transition intitulée l'AMDEC.

trois heures. Étant donné les contraintes des horaires des participants terrains, deux ateliers ont été organisés. Le premier pour identifier la liste des risques et le deuxième pour déterminer des recommandations pour les risques prioritaires. Il y a ensuite eu un troisième atelier servant à identifier et finaliser les recommandations devant être présentées au comité de pilotage.

Au premier atelier, il est question de recenser les différents risques associés à chacune des étapes du processus, les détailler puis déterminer leurs conséquences et le cas échéant, trouver des mesures préventives. Il est important de prioriser ces risques selon leur criticité<sup>14</sup> obtenue avec une échelle de cotation (figure 5) provenant de chaque participant. Pour un même risque, l'ensemble des cotations faites par les participants est sommé puis les risques sont priorisés selon ces sommes.

Au deuxième atelier, des recommandations sont émises pour les risques prioritaires. Par la suite, un plan d'action devra être déterminé après que le comité de pilotage du projet ait décidé des risques et de recommandations auxquels il faut s'attaquer en premier.

---

<sup>14</sup> Criticité = Probabilité qu'un risque se produise x Gravité du risque x Probabilité de ne pas détecter le risque. Chacune des valeurs de ces termes est déterminée à partir de l'échelle de cotation créée par le groupe de participants.

Indice	Critère
1	Moins d'une fois par an
2	Moins d'une fois par mois
3	Moins d'une fois par semaine
4	Plus d'une fois par semaine
5	Plus d'une fois par jour

Indice	Critère
1	Temps d'arrêt inférieur à 12h
2	Temps d'arrêt inférieur à 24h
3	Temps d'arrêt inférieur à 1 semaine
4	Temps d'arrêt supérieur à 1 semaine

Indice	Critère
1	Il y a une détection efficace, permettant une action préventive sur la défaillance
2	Il y a un risque que la détection ne soit pas efficace
3	Le moyen de détection n'est pas fiable
4	Il n'y a aucun moyen de détection

**Figure 5 - Exemple d'échelle de cotation**

Au troisième atelier, l'équipe s'est rencontrée afin de clarifier les premières recommandations trouvées à l'atelier précédent et les retravailler, les clarifier au besoin. Les recommandations sont regroupées selon les différents risques avec des exemples de situation corrigée par la recommandation. Par exemple, dans le cas du risque de défaillance fonctionnelle des équipements, accessoires et fournitures, des exemples de recommandations ont été de standardiser/uniformiser les équipements et fournitures à utiliser et avoir un suivi continu entre le TI/GBM et la néonatalogie, c'est-à-dire créer une tribune de partage d'informations entre les deux parties.

# Observation sur les unités de néonatalogie

## *Déroulement des observations terrain*

Les observations terrain à l'unité de néonatalogie ont été menées par une équipe composée de cinq observateurs provenant de l'équipe de l'UETMIS, de la transition et du service de génie biomédical :

- Bertine Sandra Akouamba (UETMIS),
- Nina N'Diaye Mombo UETMIS),
- Nassim Amine Taleb (Transition),
- Stéphanie Déjoie (GBM).

Dans le cadre de ces séances, les unités de soins intermédiaires 4-2 et 4-4 ainsi que l'unité de soins intensifs 4-6 ont fait l'objet d'observations. Afin de s'assurer de collecter le plus d'informations pertinentes sur le contexte de travail des infirmières en néonatalogie, les périodes d'observation ont été réparties selon les trois quarts de travail des infirmières, c'est-à-dire le jour, le soir et la nuit, à raison d'une heure d'observation par chambre, pour un total de 32 chambres et 85 heures d'observation. Pour compléter les informations, des entrevues ont été menées auprès des infirmières auxiliaires, infirmières cliniciennes, des infirmières chef d'équipe, des assistantes infirmière chef ainsi qu'une inhalothérapeute.

## **Objectifs**

Les principaux buts des périodes d'observations passées aux différentes unités de néonatalogie comprenaient : une bonne compréhension du contexte de travail du personnel infirmier travaillant aux soins intermédiaires et aux soins intensifs du département de néonatalogie, l'observation du contexte de la gestion des alarmes par ce même personnel infirmier, élaborer la cartographie du processus de réponse aux alarmes provenant des appareils médicaux et déterminer et mesurer des indicateurs de

performance, comme le temps de réponse à une alarme, permettant éventuellement de faire une comparaison de la situation suite à l'introduction de changements technologiques et dans les processus et habitudes de travail.

Non seulement les observations doivent permettre d'atteindre les buts précédemment mentionnés, mais elles doivent aussi permettre de bien comprendre le contexte dans lequel travaillent les infirmières. C'est en comprenant bien la réalité à laquelle est confronté le personnel infirmier au jour le jour que les décisions les plus adaptées au contexte sont en mesure d'être prises. La littérature dépeint bon nombre d'environnement de travail dans lesquels la gestion des alarmes est complexe, mais il est toujours mieux d'observer sur le terrain ce qui se passe et consulter directement le personnel concerné. Ainsi, il est possible d'observer les processus pouvant être supportés par la technologie sur l'unité pour aider le personnel à mieux gérer les alarmes des appareils médicaux.

## **Méthodologie**

Afin de structurer la cueillette de données, une grille d'observation a été construite (Annexe 3) permettant de prendre en notes toutes les alarmes survenant durant la période d'une heure, soit :

- le type d'alarme (sonore, visuelle ou bien visuelle et sonore),
- l'appareil médical d'où provient l'alarme,
- les actions entreprises par l'infirmière pour répondre à l'alarme,
- le temps de réponse du personnel infirmier selon un barème évaluable pour chacun des observateurs
- et le niveau de bruit de l'alarme.

Les détails susceptibles d'être pris en notes sont : la situation de l'infirmière qui peut-être *idéale* (elle ne s'occupe que de ses bébés), *pause* (elle a à s'occuper de bébés d'une collègue en plus des siens durant environ 30 minutes) et *dîner/souper* (elle a à s'occuper de bébés d'une collègue en plus des siens durant environ une heure).

Afin de diminuer le biais inter observateurs, plusieurs actions ont été entreprises. En premier lieu, les observateurs ont pu bénéficier d'une séance de formation afin de se familiariser avec le déroulement des observations terrain, les équipements à observer, la grille d'observation, etc. Ainsi, un consensus a pu être établi quant à la collecte de données évaluables à l'aide de la grille d'observations puis l'utilisation de barèmes facilement évaluables par les observateurs tels le temps de réponse et le niveau de bruit.

## **Compléments**

Pour compléter l'observation des différentes alarmes qui se déclenchent et comment elles sont présentement gérées par les infirmières, la dimension des parents a été prise en compte. En fait, les parents étant amenés à jouer un plus grand rôle dans le BUS avec l'introduction de cohabitation en chambre privée, il est important de considérer leur rôle, mais aussi l'impact de la gestion des alarmes sur eux durant le séjour de leur enfant à l'hôpital. Pour ce faire, un questionnaire a été élaboré par l'équipe de l'UETMIS (Annexe 4). Les questions ont été extraites d'une échelle standardisée, la « Parental Stress Scale : NICU » (PSS:NICU), développée par l'équipe de Margaret Shandor Miles [37]. Chaque parent, le père ou la mère, a pu le remplir individuellement lors de leur présence aux différentes unités de la néonatalogie. Ce questionnaire est composé de douze questions couvrant quatre principaux domaines dans lesquels le parent est susceptible de vivre un stress :

- des sons et des éléments visuels,
- allure et comportement du bébé,
- la relation parent-bébé,
- ainsi que la communication et le comportement du personnel médical.

Il est ainsi possible d'évaluer le stress vécu par les parents lors du passage de leur enfant en néonatalogie. D'autres paramètres dont il faut tenir compte sont le statut du répondant (mère/père), le patient observé (numéro du lit), l'unité dans laquelle le bébé se

retrouve, la fréquence et la durée des visites du répondant et la date d'admission du bébé à l'unité.

## **Méthode d'analyse**

Suite aux heures d'observations passées en néonatalogie, il est possible d'en faire ressortir des données comparables et analysables afin d'orienter et prioriser les efforts à venir apporter les changements judicieux à l'amélioration de la prise en charge des alertes. Les données sont donc classées selon leur appartenance à l'une des trois unités de néonatalogie, le quart de travail des infirmières, le nombre de lits observés, le nombre d'alarmes par appareils, et selon bien d'autres thèmes d'intérêts. Par ailleurs, les grilles mentionnant le départ du bébé de la chambre avant que la période d'observation n'ait pu être complétée ont été exclues de l'analyse des résultats.

## Résultats des observations terrain et analyse

Au total, 85 heures d'observations ont été passées en néonatalogie, soit 20 heures à l'unité 4-2, 22 heures à l'unité 4-4 et 43 heures à l'unité 4-6 (figure 6). Il est possible de remarquer que 50% du temps d'observation s'est déroulé aux soins intensifs (unité 4-6), qui est justement l'unité où le personnel infirmier est beaucoup plus exposé à un très grand nombre d'alarmes, dû à la condition plus précaire des patients de cette unité qui accueille les grands prématurés. Quant aux deux autres unités, leur temps total d'observation est comparable,

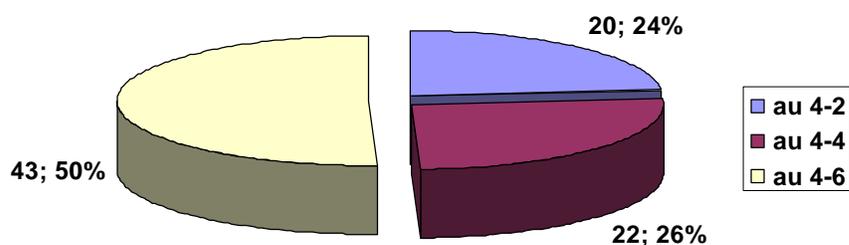
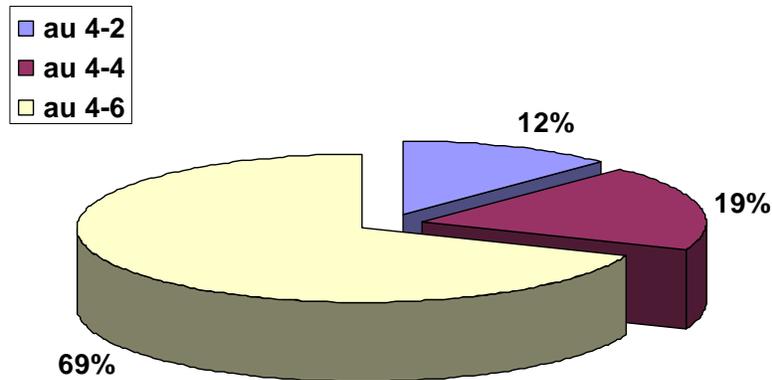


Figure 6 - Nombre total d'heures d'observation aux trois unités de néonatalogie.

Un total de 1 870 alarmes (figure 7) a été comptabilisé suite à ces heures d'observations passées en néonatalogie. Pour ainsi dire, 69% de ces alarmes appartiennent aux soins intensifs alors que 31% appartiennent aux soins intermédiaires; 12% et 19% pour les unités 4-2 et 4-4 respectivement. On remarque que les infirmières travaillant aux soins intensifs sont beaucoup plus susceptibles de subir les effets secondaires associés au phénomène des alarmes comme l'«Alarm Fatigue» ou bien le fait qu'elles finissent pas être moins sensibles aux alarmes étant donné leur très grande exposition aux alarmes dues à la condition critique des bébés prématurés. Dans l'article de Bitan et al [4], il est fait mention que les unités de soins intensifs sont en proie à du bruit excessif provenant des équipements médicaux, principalement les moniteurs

électroniques et que l'une des études concluait que les alarmes sonores d'une NICU étaient susceptibles de devenir un fardeau et pour les infirmières et les bébés. Quant aux soins intermédiaires, les infirmières de deux unités associées sont exposées à moitié moins d'alarmes que les infirmières du NICU. Il est normal d'observer plus d'alarmes à l'unité 4-4 que celle du 4-2, puisque les bébés de l'unité 4-2 sont ceux qui sont le plus près d'obtenir leur congé et donc dans une meilleure condition clinique.



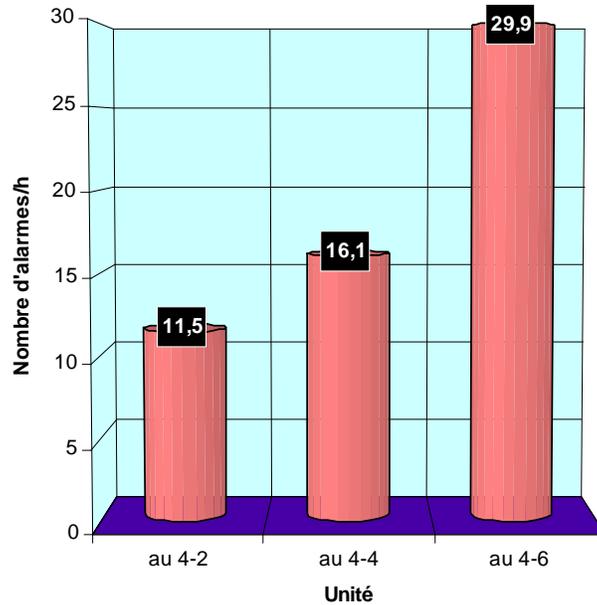
**Figure 7 - Pourcentage du nombre d'alarmes répertoriées selon l'unité de néonatalogie où elles se sont produites**

Ces deux paramètres obtenus, il est possible de déduire le nombre d'alarmes par heure, qui est au nombre de vingt-deux (22), se produisant sur l'ensemble du département de néonatalogie, tous les appareils médicaux confondus. Ce taux d'alarmes est réparti de la manière suivante selon les différentes unités :

- 11,5 alarmes par heure au 4-2,
- 16,1 alarmes par heure au 4-4,
- 29,9 alarmes par heure au 4-6.

Ces données permettent de mieux comprendre le contexte de travail du personnel infirmier de la néonatalogie. Du côté des infirmières, cela peut contribuer à une certaine

« alarm fatigue », une désensibilisation aux alarmes ou même une absence de réponse à l'alarme.



**Figure 8 - Nombre d'alarmes par heure selon l'unité de néonatalogie**

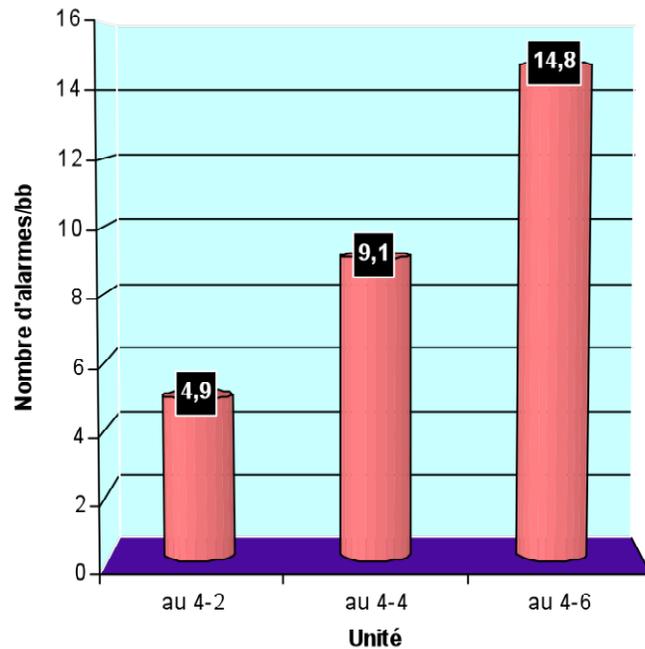
Au total, 173 bébés ont été observés, soit 47 au 4-2, 39 au 4-4 et 87 au 4-6. Ces données permettent de renforcer la vulnérabilité de l'unité des soins intensifs qui prend en charge près de la moitié des bébés avec une condition médicale plus complexe.

En analysant les observations en ajoutant le taux d'alarmes par bébé, on observe (figure 9):

- 4,9 alarmes par bébé par heure au 4-2,
- 9,1 alarmes par bébé par heure au 4-4,
- 14,8 alarmes par bébé par heure.

En moyenne, 10.8 alarmes par bébé par heure peuvent être observées sur tout le département de néonatalogie. Ainsi, le personnel infirmier voit ses tâches quotidiennes fréquemment interrompues par les alarmes auxquelles elles sont confrontées au courant

de la journée d'autant plus qu'elles peuvent avoir plusieurs bébés sous leur garde. Dans certains cas, les alarmes obligent le personnel à modifier l'ordre de leurs activités prévues, étant forcées d'évaluer l'urgence de l'alarme en fonction de l'état du patient et peuvent avoir tendance à réagir plus fréquemment aux alarmes de plus longue durée.



**Figure 9 - Taux d'alarmes par bébé par heure selon chacune des unités**

Au niveau de pourcentage de temps passé à faire des observations selon les différents quarts de travail (figure 10,11) :

- 50% du temps a été passé à observer le jour représentant 21,6 alarmes par heure,
- 41% le soir, représentant 23,5 alarmes par heure,
- 9% la nuit représentant 18,4 alarmes par heure.

Les résultats semblent démontrer un taux d'alarme plus élevé le soir que le jour, que la nuit. Bien que l'environnement du soir soit assez comparable à celui du jour, cette légère différence peut s'expliquer par le fait que l'environnement est plus agité entre

15h00 et 17h00, au moment où il y a fort probablement une hausse momentanée d'activités comme celles des préposés aux bénéficiaires, les tâches de l'infirmières, les rondes des médecins, l'arrivée des parents et familles après leur travail, le nettoyage des chambres, etc. comme il a pu être parfois observé. Ainsi, un environnement externe plus mouvementé peut venir perturber le bébé et ainsi déclencher des alarmes. Dans l'article de Mme Milette [38], il est fait mention que la littérature parlait du fait que le bruit dans une NICU peut aller de 45 à 90 dB et peut même atteindre 140 dB, soit plus de trois fois les recommandations précédemment mentionnées. Toujours dans le même article, il est dit que les effets du bruit sur les bébés prématurés peuvent être de nature physiologique avec des effets à court et long terme comme des changements dans leur stabilité physiologique tels des changements cardiovasculaires (bradycardie, tachypnée, apnée, changements dans la peau du bébé (variations de couleur), changements soudains de pression sanguine et pression intracrânienne ou une diminution de saturation en oxygène). Certains de ces changements cardiovasculaires peuvent entraîner des alarmes.

Quant au taux d'alarmes la nuit, il est normalement plus faible puisque l'environnement du bébé est beaucoup plus calme, il est alors possible pour lui de mieux dormir contrairement à un environnement plus actif le jour et le soir où le bébé peut voir son cycle de repos/sommeil affecté.

Si l'on regarde les résultats par quart de travail et par unité, les résultats obtenus sont ceux apparaissant à la figure 12. Il semble y avoir plus d'alarmes le soir que le jour et que la nuit, et plus d'alarmes au 4-6 qu'au 4-4 qu'au 4-2, ce qui corrobore les observations faites précédemment. Cependant, la nuit au 4-4, il y a eu plus de d'alarmes par heure qu'aux deux autres unités. Dans le cas présent, il s'agit d'un bébé en particulier qui s'est vu un très grand nombre d'alarmes se déclencher durant l'heure d'observation.

En ce qui concerne les appareils médicaux générant le plus d'alarmes, les résultats obtenus montrent que c'est le moniteur physiologique qui en génère le plus avec des pourcentages puis viennent ensuite le pousse-seringue au 4-2 et 4-4 et les respirateurs/ventilateurs au 4-6 (tableau 2).

**Tableau 2 – Tableau des pourcentages des appareils médicaux occasionnant le plus d’alarmes**

<b>Unité 4-2</b>	<b>Unité 4-4</b>	<b>Unité 4-6</b>
1) Moniteurs physiologiques : 87%	1) Moniteurs physiologiques : 92%	1) Moniteurs physiologiques : 64%
2) Pousse-seringue : 9%	2) Pousse-seringue : 3%	2) Respirateurs/ventilateurs : 28%

Il n’est pas du tout étonnant de voir ces résultats puisque le moniteur physiologique est l’appareil médical responsable de surveiller les signes vitaux cruciaux à la surveillance de l’état de santé du patient et à son diagnostic. Ce sont aussi les paramètres les plus susceptibles d’observer un changement physiologiques et donc occasionner des alarmes. Ce grand nombre d’alarmes provenant des moniteurs physiologiques corrobore les dires de l’article de Borowski et al. [6] stipulant que « le nombre de signes vitaux surveillé chez un même patient a occasionné une augmentation dans le nombre d’alarmes et donc aussi le nombre de fausses alarmes ». Aux soins intensifs, il est beaucoup plus fréquent de retrouver un bébé sous respirateur ou ventilateur et il est normal d’entendre leurs alarmes se déclencher plus fréquemment que les autres appareils médicaux, excluant/hormis le moniteur physiologique, puisqu’il est important que le personnel infirmier soit mis au courant du moindre changement puisqu’il en va de la vie du bébé. Les autres appareils médicaux voient peut-être moins d’alarmes de déclencher, mais ont tout de même leur importance puisqu’ils peuvent signaler des situations devant être signalées au personnel infirmier comme une alarme d’occlusion pour les pompes volumétriques et pousse-seringues.

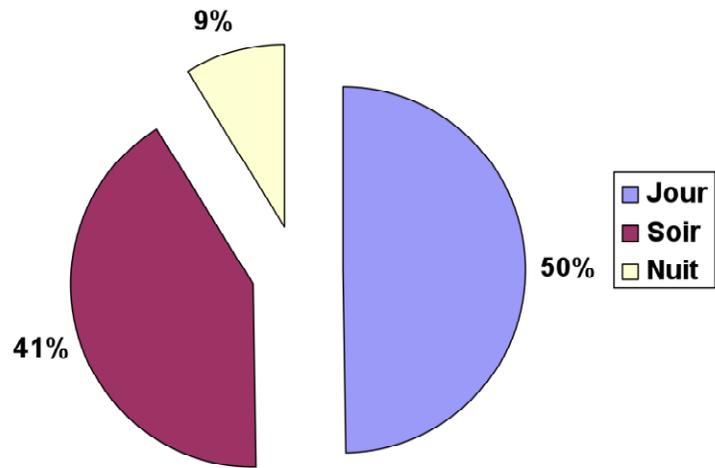


Figure 10 - Temps passé à faire des observations selon le quart de travail (en pourcentage)

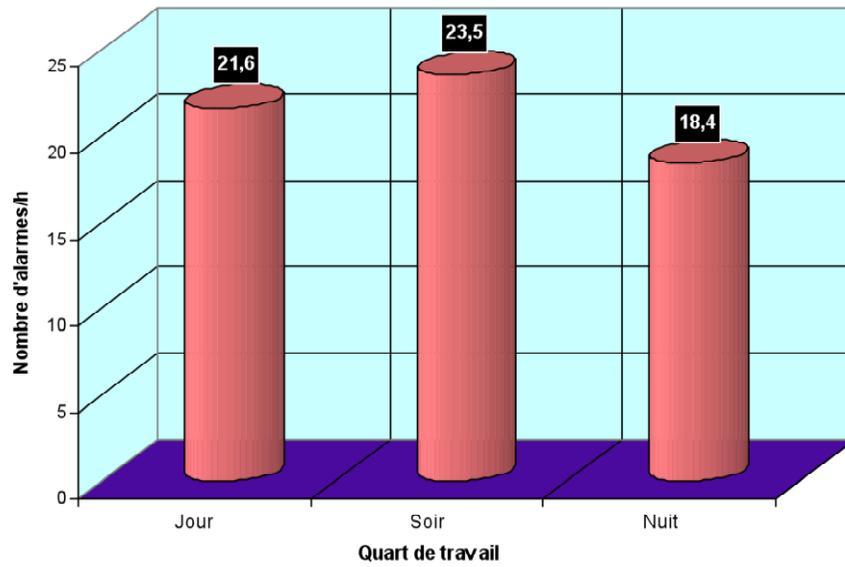
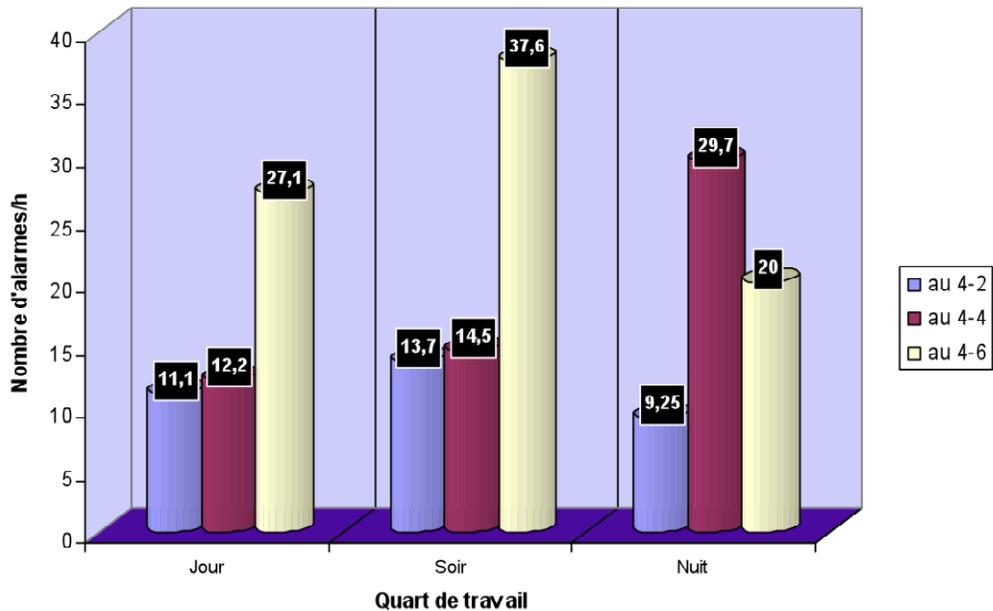


Figure 11 - Taux d'alarmes par heure selon le quart de travail



**Figure 12 - Taux d'alarmes par heure selon le quart de travail et l'unité**

Le temps de réponse<sup>15</sup> lors des observations a été observé selon trois différentes situations (figures 13, 14 et 15), soit la :

- situation idéale qui représente la situation où l'infirmière ne s'occupe que de ses bébés assignés,
- la situation de pause lorsqu'une infirmière peut se retrouver avec quatre bébés durant 30 minutes,
- la situation de dîner/souper où l'infirmière peut se retrouver avec quatre bébés ou plus durant une heure.

Au final, 61,2% du temps, les infirmières ont répondu aux alarmes en moins de 10s, 71,4% du temps les infirmières ont répondu aux alarmes en moins de 20s et 44,5% de toutes les alarmes n'ont nécessité « aucune action » de la part de l'infirmière.

<sup>15</sup> Les pourcentages peuvent parfois ne pas s'additionner puisque les pourcentages d'informations non notées n'ont pas été montrés.

Dans les trois cas, de hauts pourcentages pour le « aucune action » ont été obtenus. En fait, « aucune action » signifie qu'aucune action n'a été faite par l'infirmière suite au déclenchement d'une alarme, pas même l'arrêt temporaire de l'alarme ou bien une intervention auprès du bébé. Ces hauts pourcentages représentent aussi les situations où les alarmes se sont arrêtées par elles-mêmes, c'est-à-dire que le rythme cardiaque, le rythme respiratoire ou bien le taux d'oxygène dans le sang est revenu entre les limites; l'état du bébé s'est stabilisé. Également, dans les trois cas il est possible d'observer que les pourcentages de temps de réponse en bas de 10s sont élevés, ce qui veut donc dire que peu importe la situation, il est possible pour les infirmières de répondre rapidement aux alarmes, même dans des conditions plus difficiles où elles se retrouvent avec un grand nombre de bébés à surveiller. Elles restent donc très efficaces dans la gestion des alarmes. Les pourcentages de temps de réponse en bas de 20s sont eux aussi intéressants corroborant les dires d'efficacité du personnel infirmier. Le fait que ces pourcentages soient plus faibles que ceux pour le temps de réponse sous le 10s est un signe encourageant puisqu'il est important de répondre rapidement aux alarmes afin de remédier au problème signalé et soigner le bébé efficacement. Néanmoins, le fait qu'il y ait autant d'alarmes « aucune action » sont synonymes d'alarmes n'ayant pas eu besoin de réponse ou d'action de la part de l'infirmière sans pour autant que leur travail n'ait pas été dérangé.

Par exemple, il a souvent été observé qu'alors qu'elles étaient sur le point de répondre à une alarme, celle-ci s'est arrêtée d'elle-même; elles ont donc été dérangées dans leur travail par l'alarme et peuvent s'être déplacé pour inutilement. Cette situation peut s'avérant particulièrement nuisible lorsque les infirmières se retrouvent avec plusieurs bébés à surveiller puisqu'elles se retrouvent face à des décisions parfois difficile à prendre, par exemple, laisser immédiatement le bébé duquel elle est en train de s'occuper pour aller répondre à l'alarme ou se permettre un certain délai, en espérant que la situation se stabilise d'elle-même. Parfois elle ne peut tout simplement pas aller au chevet du bébé pour lequel une alarme se déclenche et doit donc trouver un moyen de gérer la situation problématique, surtout lorsqu'il n'est pas possible de voir la source de l'alarme et la raison pour laquelle elle a été déclenchée.

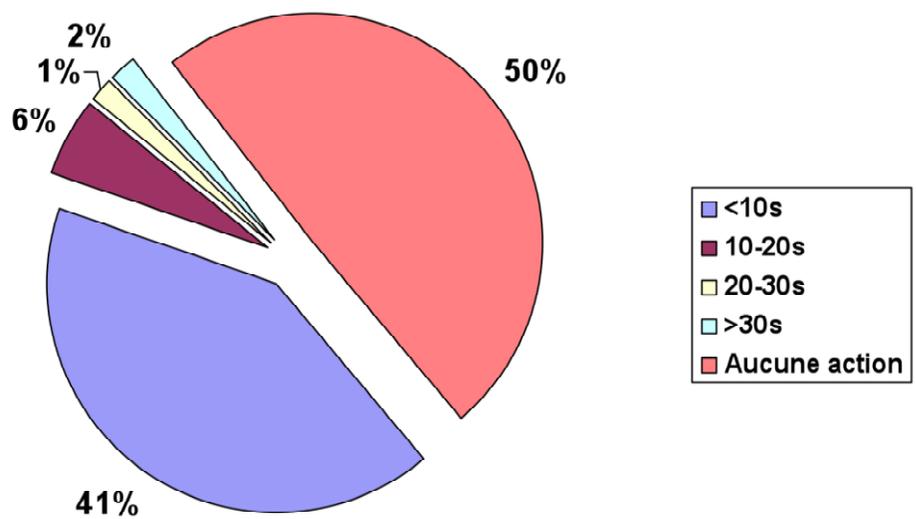


Figure 13 - Temps de réponse pour la situation Idéale

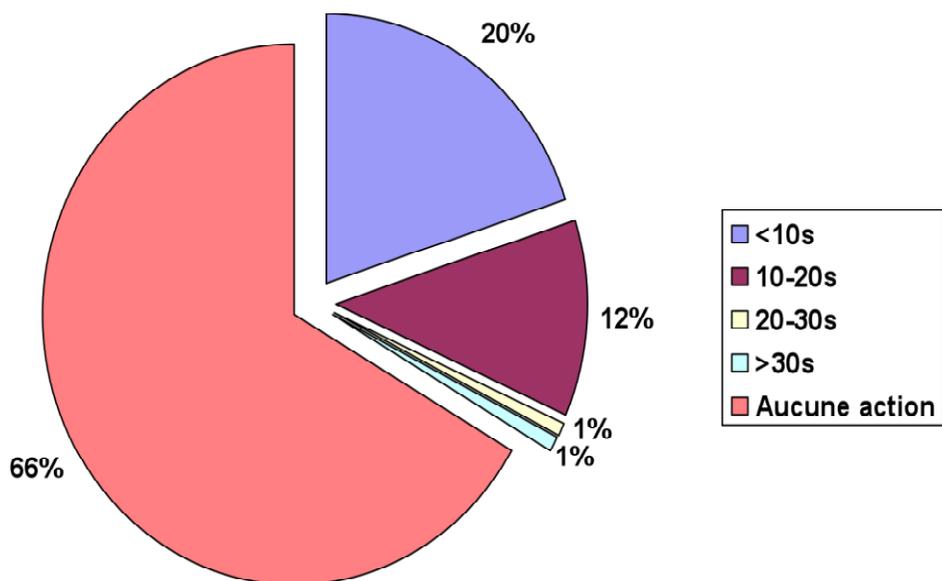


Figure 14 - Temps de réponse pour la situation Pause

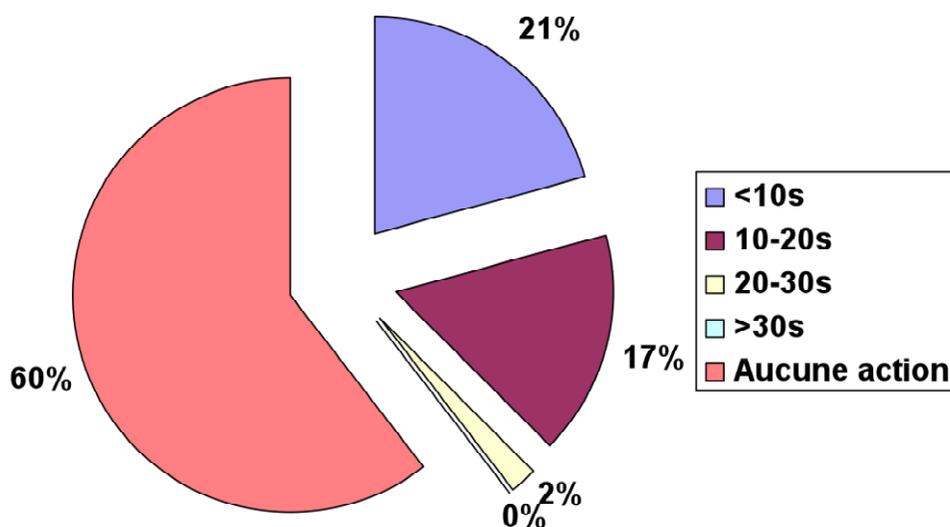


Figure 15 - Temps de réponse pour la situation Dîner/Souper

Au niveau des ratios infirmières/patients (nombres de patients pour une infirmière), peu importe le ratio de 1/2, 1/3 ou 1/4, les alarmes ont été répondues en moins de 10s 80% du temps (figures 16,17 et 18), ce qui vient confirmer l'efficacité du personnel infirmier dans la gestion des alarmes même en situation de surcharge de travail.

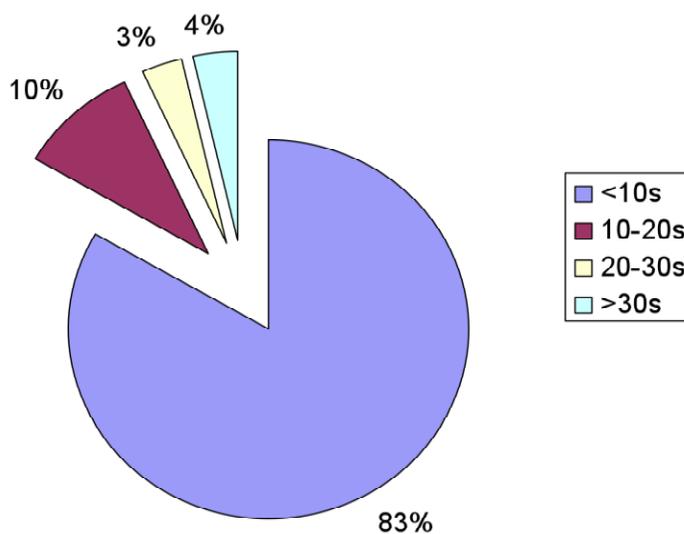
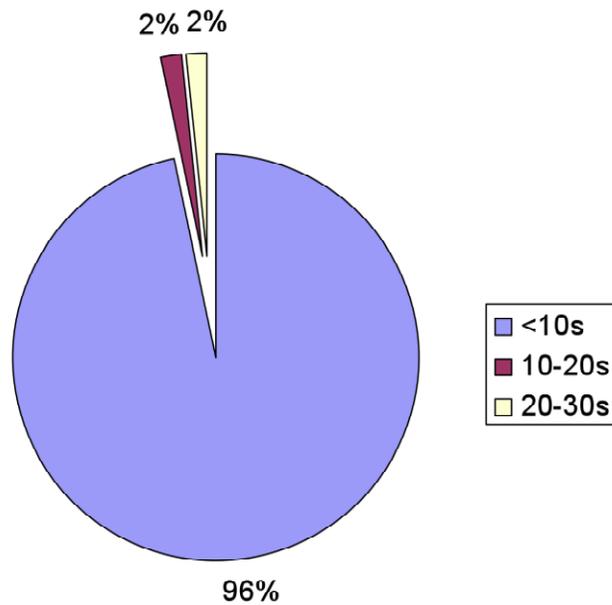
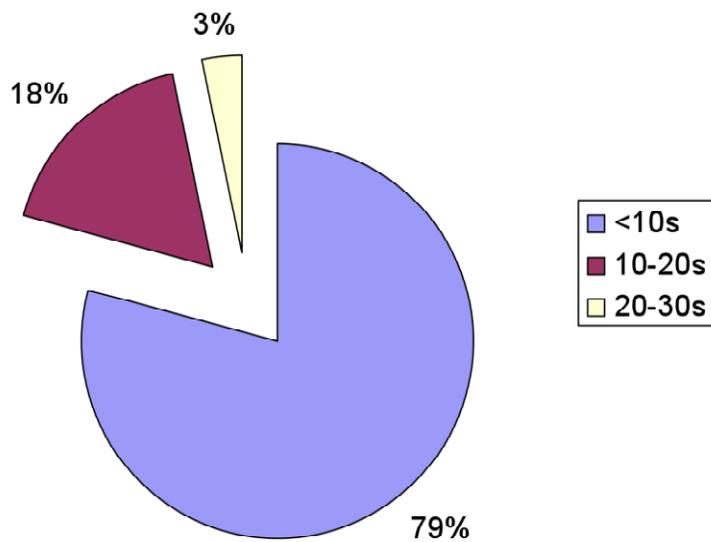


Figure 16 - Temps de réponse pour un ratio infirmière/patients de 1/2

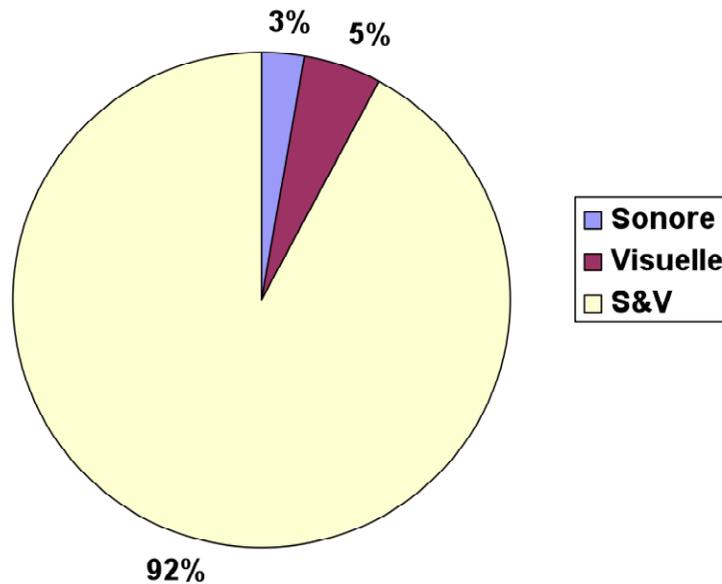


**Figure 17 - Temps de réponse pour un ratio infirmière/patients de 1/3**



**Figure 18 - Temps de réponse pour un ratio infirmière/patients de 1/4**

Pour ce qui est des types d'alarmes, elles sont majoritairement sonores et visuelles. Étant donné le taux élevé d'alarmes générées sur toute l'unité, cela contribue à la perception que les infirmières sont constamment dans un environnement bruyant. Ces sources de bruits pouvant être les tournées médicales, les visites des familles, etc.



**Figure 19 - Alarmes selon le type: visuelle, sonore, sonore et visuelle**

À la suite de ces heures d'observations, il est possible de déterminer un ordre d'actions entreprises par une infirmière lorsque vient le temps de répondre à une alarme (tableau 3). Dans le cas où le moniteur physiologique est l'appareil médical pour lequel une alarme se déclenche, la suite d'étapes observée est la suivante :

1. L'infirmière regarde le moniteur physiologique
2. L'infirmière arrête temporairement l'alarme
3. L'infirmière regarde l'état de santé du bébé
4. L'infirmière pose une action sur le bébé

Dans le cas des autres appareils médicaux observés, la suite d'étapes est la suivante :

1. L'infirmière arrête temporairement l'alarme
2. L'infirmière regarde l'état de santé du bébé
3. L'infirmière pose une action sur le bébé

En regardant le tableau 3, il est facile d'observer que les actions posées par l'infirmière se retrouvant le plus souvent au premier rang sont l'arrêt temporaire de l'alarme et regarder le moniteur. Au deuxième rang, l'action posée le plus souvent est l'arrêt temporaire de l'alarme tandis qu'au troisième rang il est possible de retrouver l'action de regarder le bébé. Au dernier rang, l'action de poser une action sur le bébé est celle s'étant retrouvée le plus grand nombre de fois à ce rang. Somme toute, les hauts pourcentages pour chacun des rangs retrouvés au tableau 2 permettent de déduire la suite d'action mentionnée plus tôt.

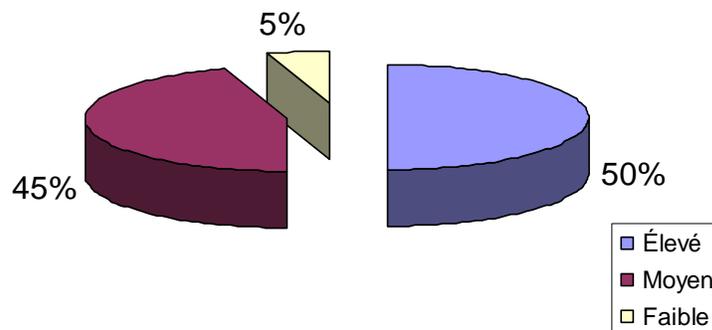
**Tableau 3 - Pourcentages du rang tenu par chaque action de l'infirmière**

<b>Action (selon total alarmes relevées)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Regarde le bébé	8,25%	29,21%	<b>40,00%</b>	Ø
Arrêt tempo. de l'alarme	<b>45,06%</b>	<b>56,19%</b>	23,48%	5,56%
Action sur bébé	9,76%	10,16%	28,70%	<b>66,67%</b>
Demande d'aide	0,35%	Ø	Ø	Ø
Regarde moniteur	<b>30,78%</b>	3,49%	4,35%	Ø
Action sur appareil	5,81%	0,95%	3,48%	27,78%

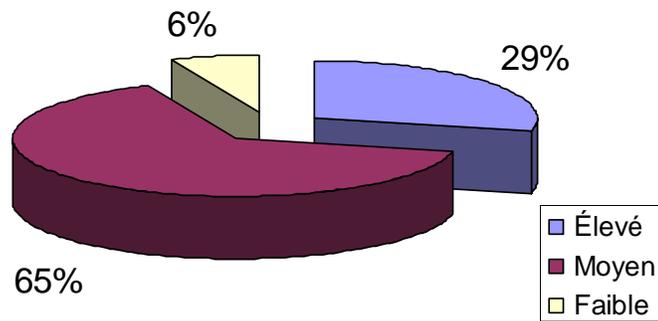
En ce qui concerne le niveau de bruit, Après avoir regardé les pourcentages de chacun des niveaux de bruit<sup>16</sup> selon les quarts de travail, on constate que le niveau de bruit est définitivement plus élevé pour le quart de travail du jour que celui du soir que celui de la nuit. Le niveau de bruit est perçu comme de niveau moyen en majorité la nuit. De plus, il est possible d'observer que le jour, les trois unités de néonatalogie confondues, le niveau de bruit est plutôt élevé. Pour le soir et la nuit, le niveau de bruit est plutôt de niveau moyen. Il apparaît clair que l'environnement sonore des infirmières et des bébés prématurés n'est pas de tout repos ce qui ne facilite point le développement neurologique des bébés qui doivent faire face à des stimuli sonores et visuels, comme précédemment mentionné.

<sup>16</sup> Un niveau de bruit est la perception que l'observateur à du niveau sonore d'une alarme.

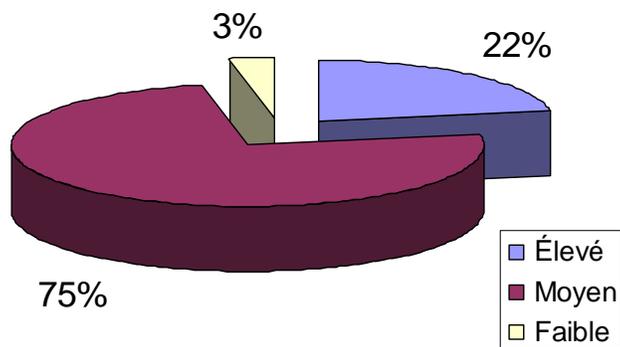
Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que le jour et le soir, l'environnement étant un peu plus stressant pour l'enfant, il y a plus de chance que les alarmes qui se déclenchent soient des alarmes prioritaires d'où la grande quantité d'alarmes de niveau sonore élevé et moyen le jour. D'autre part, l'environnement le soir pouvant être un peu plus bruyant que le jour en raison de la plage horaire où il y a plus de va et vient, et bien qu'il y ait un plus grand nombre d'alarmes durant cette période de la journée, les alarmes se « fondent » un peu plus dans l'environnement et paraissent moins bruyantes. La nuit, il est possible de mieux entendre les alarmes, et donc de mieux distinguer le niveau de bruit normal des alarmes.



**Figure 20 - Pourcentages des différents niveaux de bruit perçus par les observateurs sur l'ensemble des heures d'observations pour le quart de travail du Jour**



**Figure 21 - Pourcentages des différents niveaux de bruit perçus par les observateurs sur l'ensemble des heures d'observations pour le quart de travail du Soir**



**Figure 22 - Pourcentages des différents niveaux de bruit perçus par les observateurs sur l'ensemble des heures d'observations pour le quart de travail de Nuit**

## **Limites des observations**

Les observations terrains comportent tout de même certaines limites. Par exemple, la condition médicale des patients observés et le type d'infirmière (auxiliaire ou clinicienne) répondant à l'alarme n'ont pas été notés. Ces informations auraient pu être utiles pour corrélérer la lourdeur des cas selon l'unité, avec le nombre d'alarme, et les autres paramètres, mais aussi permettre de voir quelles sont les alarmes plus souvent répondues par catégorie d'infirmière et ce, même en sachant qu'à l'unité 4-6, on y retrouve majoritairement des infirmières cliniciennes. Également, il a parfois été difficile de compléter de manière systématique toutes les informations associées à une même alarme (remplir une même colonne de la grille d'observation) et ce, principalement lorsque plusieurs alarmes se déclenchaient au même moment ou bien en cascade.

## ***Entrevue du personnel infirmier en néonatalogie***

Toujours dans l'optique de se familiariser avec le contexte de travail du personnel infirmier de l'unité de néonatalogie et de valider la perception du personnel clinique sur leur compréhension de la gestion des alertes, des entrevues avec des membres du personnel infirmier ont été effectuées durant les heures d'observations. Les catégories d'emploi sondées sont : infirmières, des infirmières auxiliaires, des chefs d'équipe, des assistantes infirmières chefs et des inhalothérapeutes.

Afin de colliger les informations voulues, un questionnaire (Annexe 5) a été élaboré et validé avec les autres observateurs afin de s'assurer de la formulation adéquate des questions et de vérifier si elles permettent d'aller chercher le plus d'informations pertinentes possible. Au total, 29 membres du personnel ont été questionnés. En moyenne, ces personnes avaient 6,1 années d'expérience, soit 73 mois, à l'unité de néonatalogie. La deuxième question posée au personnel portait sur les alarmes les plus souvent reconnues. La réponse a été les alarmes provenant du moniteur physiologique. Cette réponse n'est pas surprenante puisque c'est l'appareil médical qui émet le plus d'alarmes d'après les résultats des observations.

Par la suite, il leur a été demandé de décrire le processus de réponse aux alarmes généralement utilisé. À cette question, les membres ont répondu que la première étape est de regarder le bébé, pour ensuite évaluer la situation puis arrêter temporairement l'alarme. Cette réponse est bien différente de la réalité observée qui montre que le premier réflexe du personnel est plutôt de regarder le moniteur ou d'arrêter l'alarme lorsque l'appareil médical est autre que le moniteur. Ce n'est pas nécessairement un point négatif de ne pas regarder l'état du bébé en premier lieu puisque c'est un fait connu que le bruit de l'alarme dérange le bébé. Ce point montre que la réalité de l'unité est parfois bien différente de celle perçue par le personnel.

La prochaine question a porté sur les manières dont les infirmières demandent de l'aide lors qu'elles ont besoin d'une personne supplémentaire; cette question exclue les cas d'urgence pour lesquels les codes sont utilisés. Les trois méthodes les plus couramment utilisées sont :

- un appel de l'infirmière se trouvant dans la chambre adjacente avec laquelle il est possible de communiquer par l'intermédiaire du couloir communicant entre deux chambres;
- un appel dans le couloir, endroit où il est facile de trouver une personne pour venir en aide, puis
- un appel par téléphone pour rejoindre une personne à distance comme par exemple des supérieures comme les assistantes infirmières chefs ou bien faire appel à un inhalothérapeute.

Par la suite, il apparaissait important de poser des questions aux infirmières sur leur capacité à reconnaître les alarmes et leur relation avec le phénomène de gestion des alarmes. Selon les réponses obtenues auprès du personnel infirmier, les infirmières sont en mesure de reconnaître facilement les alarmes associées aux désaturations, aux apnées et aux bradycardies. Ces alarmes provenant du moniteur physiologique sont effectivement celles qui sont dites prioritaires puisque ces dernières avertissent d'une condition grave demandant une action immédiate de la part du personnel et donc le fait qu'elles soient facilement reconnues permet au personnel de réagir efficacement et

immédiatement lorsqu'elles se produisent. Il est à noter que plusieurs infirmières se considèrent aptes à reconnaître tous les types d'alarmes, selon le niveau d'expérience bien sûr. Certaines infirmières reconnaissent les alertes à force de les entendre et donc finissent par se familiariser avec les différentes tonalités des alarmes. Il va falloir tenir compte de cet aspect lorsque viendra le temps de faire l'achat de nouveaux équipements médicaux comme les moniteurs physiologiques puisque cela va à nouveau prendre une certaine période d'adaptation. La perception du phénomène des alarmes exprimée par le personnel infirmier concerne le niveau sonore trop élevé des alarmes ce qui devient agressant. Il est facile de déduire que si c'est le sentiment des infirmiers face au phénomène des alarmes, alors la situation doit être bien pire pour les nouveau-nés, d'où l'importance de trouver une ou des technologies améliorant à la fois l'environnement de travail du personnel, mais aussi celui des bébés afin de continuer dans l'esprit d'amélioration des soins du développement.

Le personnel a également fait part des difficultés rencontrées dans la gestion des alarmes. Celles qui sont ressorties le plus souvent sont : le fait de devoir gérer plusieurs bébés à la fois, principalement dans les situations de pauses et de dîner/souper. Lorsque plusieurs alarmes se déclenchent simultanément pour différents bébés, il devient alors difficile de choisir quelle devient l'alarme prioritaire selon la disponibilité de l'infirmière, et différencier le son des alarmes. D'autre part, les enjeux les plus importants aux yeux du personnel lorsqu'il est question de la gestion des alarmes sont d'avoir un contact visuel avec le bébé et ne pas se fier uniquement aux alarmes. On mentionne également la possibilité d'avoir accès à des technologies permettant de gérer les alarmes à distance lorsque nécessaire. La solution devra donc tenir compte de ces difficultés et enjeux.

Il a été demandé au personnel infirmier de fournir des suggestions qui pourraient éventuellement aider à améliorer la situation actuelle et future pour la gestion des alarmes. Parmi celles-ci on retrouve :

- Une caméra pour voir le bébé à distance;
- Penser à des processus pour adapter les limites de réglage/paramétrage des alertes selon chaque patient;
- Avoir l'opportunité de diminuer le volume des alarmes;
- Avoir un moniteur permettant de surveiller plusieurs bébés à la fois en regardant leurs signaux physiologiques sur un même moniteur physiologique en temps réel;
- Avoir en main une technologie pouvant aider à gérer les alarmes comme par exemple un téléavertisseur.

Une inhalothérapeute a pu être interviewée. Cette entrevue permet de comprendre que ce sont principalement les infirmières qui sont responsables de la gestion des alarmes des ventilateurs et respirateurs. Elles ne font appel aux inhalothérapeutes que lorsque les alarmes deviennent beaucoup trop fréquentes. Un inhalothérapeute vient alors faire un constat de la situation et ajuste les paramètres au besoin afin de diminuer la fréquence des alarmes tout en s'assurant qu'ils conviennent à la condition du patient. Les inhalothérapeutes ne pouvant ajuster les paramètres jusqu'à un certain maximum, doivent faire appel aux médecins lorsque la situation ne s'améliore pas. Ces derniers peuvent alors fournir une nouvelle prescription aux inhalothérapeutes ou bien trouver une autre solution. Cette situation est la même pour les infirmières avec l'oxymétrie de pouls. Lorsque trop d'alarmes de saturation se déclenchent dans un certain intervalle de temps, l'infirmière ne peut pas automatiquement décider de modifier le paramétrage du moniteur. Elles doivent bien souvent consulter le médecin pour obtenir une nouvelle prescription.

## **Points importants à retenir et recommandations pour les observations**

Suite aux premières observations terrains effectuées sur toute l'unité de néonatalogie, il est important de noter qu'un nombre élevé d'heures d'observation ont permis d'obtenir les résultats présentés. Néanmoins, même avec la formation précédant les observations, un biais inter observateurs persiste dont il faut tout de même tenir compte dans les résultats obtenus. Ainsi, pour éliminer ce biais, **il est recommandé qu'un seul observateur s'occupe de faire les observations terrain subséquentes.** Également, les résultats obtenus permettent de bien comprendre le contexte et l'environnement de travail dans lequel le personnel infirmier doit effectuer leurs tâches quotidiennes tout en étant confronté au phénomène des alarmes. Avec ces derniers, **il est possible de trouver des indicateurs mesurables afin de comparer la période précédant l'implantation des nouvelles technologies et l'après implantation.** Ces indicateurs peuvent être : le nombre d'alarmes totales par heure sur toute l'unité et selon les différentes « sous-unités » (avant : 4-2, 4-4, 4-6 vs après : à déterminer), le nombre d'alarmes par bébé, le temps de réponse aux alarmes des infirmières selon le ratio infirmière/patients ou selon la situation (idéale, pause, dîner) et le nombre d'alarmes par appareil médical. Il serait également intéressant de **répertorier les types d'alarmes provenant des différents appareils médicaux, c'est-à-dire noter le type d'alarme associée.** Par exemple, l'observateur peut noter s'il s'agit d'une alarme pour le SpO<sub>2</sub>, pour la fréquence cardiaque ou bien pour la respiration dans le cas du moniteur, et ce pour toutes les alarmes.

De plus, il a été observé qu'il y a un haut taux d'alarmes par heure sur toute l'unité de néonatalogie soit 22 alarmes/heure par chambre, tout appareil confondu. Suite aux résultats il est également possible de conclure que **le personnel infirmier demeure très efficace lorsque vient le temps de répondre aux alarmes peu importe la situation ou le ratio infirmière/patients.** En ce qui concerne le niveau de bruit ambiant observé, le quart de travail du jour semble être plus bruyant que celui du soir qui est plus bruyant que celui de Nuit.

Ces observations permettent également de donner des pistes pour le développement du questionnaire de balisage servant à recueillir des informations auprès d'autres établissements de santé sur leur gestion des alarmes.

Par ailleurs, une attention particulière devrait être accordée à l'optimisation de la hiérarchisation et la classification des alarmes selon plusieurs aspects : niveau sonore (volume), fréquence sonore, type, niveau de priorité, etc. Mettre en place cette hiérarchisation devrait aider le personnel à mieux différencier les alarmes autres que celles de la désaturation, de l'apnée ou de la bradycardie qui sont facilement reconnaissables selon les interviews menées auprès du personnel. Les autres alarmes peuvent tout de même être prioritaires sans pour autant être facilement distinguables par le personnel infirmier.

**Enfin, la rédaction de protocoles pour les différents aspects de la gestion des alarmes est une recommandation importante afin que le personnel puisse toujours se référer à des lignes directrices écrites et adoptées par l'ensemble du personnel et facilement accessibles en cas de besoin de consultation.**

## **Veille technologique**

Dans une veille technologique, il est intéressant de recenser ce qui est offert ou en développement sur le marché par les différents fournisseurs de technologies destinées au milieu médical. Dans le projet sur la gestion des alarmes, l'accent est mis sur la technologie qui est la source du plus grand nombre d'alarmes générées, soit le moniteur physiologique, les deux principaux systèmes de gestion des événements sur le marché et d'autres technologies pouvant aider à une amélioration de la gestion des alarmes sur une unité de néonatalogie.

### ***Moniteurs physiologiques***

Nous avons considéré les principaux manufacturiers de moniteurs physiologiques offrant des options pouvant améliorer l'environnement de travail dans lequel œuvre le personnel infirmier, soient General Electric (GE), Philips et Spacelabs.

Lorsque vient le temps de faire l'achat de l'achat de moniteurs physiologiques, le client a à faire un choix entre des modules ayant chacune des trois solutions pour la lecture de l'oxymétrie de pouls soit celui de Masimo appelé Masimo SET, de Nellcor appelé OxiMax et un module avec la solution du fournisseur. Chaque solution détient son l'algorithme en mesure de lire les données d'oxymétrie. Ces algorithmes sont présentés ci-après. Il existe également des algorithmes pour l'ECG, mais la majorité des alarmes provenant du moniteur étant des alarmes associées à l'oxymétrie de pouls, l'accent a été mis sur cette dernière. D'ailleurs, c'est ce qui a été observé par Ahlborn et al dans un NICU, que des six paramètres observés, le SpO<sub>2</sub> et le P<sub>Tc</sub>O<sub>2</sub> étaient responsables de 80% des alarmes dans une unité de néonatalogie tertiaire [3]. Il a aussi été observé durant les observations que la majorité des alarmes provenant du moniteur physiologique sont de type SpO<sub>2</sub> sans pour autant avoir été présenté dans l'analyse des observations terrains.

## Présentation des technologies de la compagnie GE

[30]

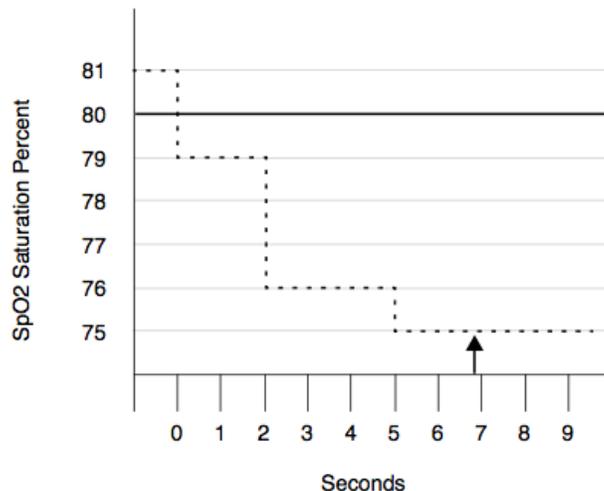
Le fournisseur GE utilise pour ces moniteurs ce qu'on appelle des « Smart Alarms ». Une « Smart Alarm » est un processus de gestion des alarmes qui ne s'active que lorsque le moniteur commence à détecter des données physiologiques valides provenant du patient. Par exemple, des alertes ne sont pas émises/actives lors de l'admission du patient, c'est-à-dire le moment où les informations propres à un patient sont entrées dans le moniteur, et ainsi permettre de procéder aux connections nécessaires sans être dérangé par des alarmes inutiles et dérangeantes. Ainsi, le moniteur physiologique est en mesure de bien faire son travail avec uniquement des données dites valides.

D'entrée de jeu, les mesures du SpO2 sont moyennées sur une période de temps de 12 secondes pour le mode Soins intensifs de néonatalogie. Ainsi, le temps moyenné est plus long pour le mode néonatal afin d'aider à réduire le nombre de fausses alarmes associées aux artéfacts créés par les mouvements du patient.

En second lieu, les moniteurs physiologiques peuvent offrir le « Sat-Seconds management » disponible avec les modules Tram x51N qui sont utilisés avec la sonde Nellcor Oxismart XL. Elle est elle aussi conçue pour permettre de diminuer la probabilité de fausses alarmes SpO2 causées par un artéfact dû au mouvement. En temps normal, pour l'oxymétrie de pouls il y a des limites fixées, une supérieure et une inférieure, par l'utilisateur et durant le monitoring des données physiologiques d'un patient, une alarme se déclenche lorsque les limites sont dépassées. Cependant, avec le « Sat-Seconds management », les limites sont fixées de la même manière en plus d'une limite « Sat-Seconds ». Cette dernière limite permet de surveiller l'oxymétrie de pouls en dehors des limites pour une certaine période de temps (valeur de comptage) avant même le déclenchement d'une alarme. Le principe général du « Sat-Seconds management » est comme suit. Le nombre de points de pourcentage (*percentage points*) pour lesquels la saturation du SpO2 tombe en dehors des limites est multiplié par le nombre de secondes passées en dehors des limites. Cela peut être représenté par l'équation suivant :  $\text{points} \times \text{secondes} = \text{Sat-Seconds}$  où les points correspondent aux points de pourcentage aux ou en

dehors des limites et les secondes correspondent au temps passé au point en dehors des limites.

Pour illustrer le principe, voici un exemple où la limite « Sat-Seconds » est fixée à 30 et la limite inférieure pour l'oxymétrie de pouls fixée à 80%. Le niveau de SpO2 tombe sous le 80% soit à 79% (2 points) durant deux secondes. Ensuite, le niveau tombe à 76% (5 points) durant trois secondes puis à 75% (6 points) durant deux secondes. Au total, dans cette séquence de désaturation, 31 *Sat-Seconds* ont été obtenues ( $2 \times 2 + 5 \times 3 + 6 \times 2$ ). Ainsi, après sept secondes, l'alarme *Sat-Seconds* se déclenche puisque la barre du 30 *Sat-Seconds* a été dépassée (voir la flèche à la figure 23).



**Figure 23 - Exemple du fonctionnement du *Sat-Seconds management***

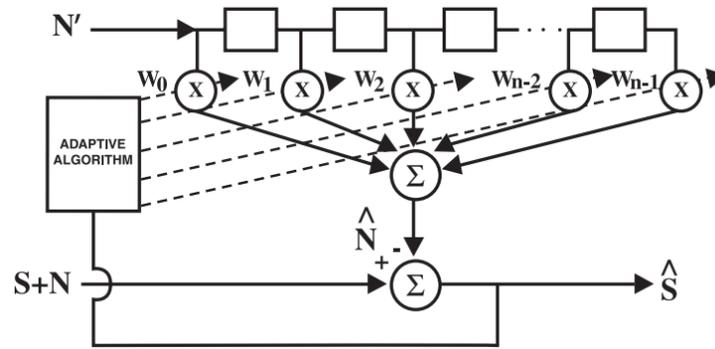
Dans les cas où la saturation fluctue en dehors puis à l'intérieur des limites fixées, le moniteur intègre le nombre de points de saturation du SpO2, ceux positifs et négatifs, jusqu'à ce que la limite *Sat-Seconds* soit atteinte ou dépassée ou bien que le niveau retourne entre les limites et y reste. Également, l'option « *Sat-Seconds* » a ce qu'on peut appeler un filet de sureté qui est spécialement conçu pour les patients qui voient leur saturation SpO2 fréquemment en dehors des limites, mais pas assez longtemps pour que la limite du *Sat-Seconds* soit atteinte. Ainsi, lorsqu'il y a trois violations ou plus de limites se produisent dans un intervalle de 60 secondes, une alarme se déclenche même si la limite *Sat-Seconds* n'a pas été atteinte.

En ce qui concerne la carte Masimo SET [36] pour l'oxymétrie de pouls, il s'agit d'une technologie qui utilise une méthode distincte pour acquérir, traiter et rapporter la saturation et la fréquence du pouls d'un patient. Elle permet à des filtres adaptatifs d'être utilisés pour la surveillance physiologique en temps réel en utilisant des techniques afin d'établir avec précision une "référence du bruit (noise reference)" lors de la détection d'un signal physiologique, ce qui permet le calcul direct de la saturation artérielle en oxygène et la fréquence du pouls. Avec l'approche prise par Masimo SET allant au-delà de l'approche conventionnelle du ratio de la lumière rouge sur la lumière infrarouge utilisée pour l'oxymétrie de pouls, elle élimine les problèmes d'artefacts de mouvement, de faible perfusion périphérique et la plupart des situations de faible rapport signal sur bruit. Cela étend grandement l'utilité du SpO2 lors de beaucoup de mouvements de la part du patient, d'un signal faible et d'un environnement à forte intensité de bruit.

Le principe des filtres adaptatifs (figure 24) est de déterminer par l'intermédiaire de leurs coefficients de multiplication ( $W_0, W_1, \dots$ )<sup>17</sup> si la fréquence du signal d'entrée doit être annulée (par exemple multipliée par zéro) ou bien autorisée à passer (par exemple multipliée par un). Le signal physiologique détecté est généralement composé de deux signaux soit le signal désiré (S) et le signal non souhaité (N) ou la portion de bruit. Pour supprimer les effets du signal indésirable, une certaine connaissance des caractéristiques du bruit, ou plus précisément la référence du bruit (N'), doit être connue. Ainsi, le filtre adaptatif va ajuster ses caractéristiques de filtrage, de sorte que l'entrée de la référence du bruit est transformée en une estimation de la partie de signal indésirable ( $\hat{N}$ ) du signal physiologique. Un soustracteur élimine ensuite de manière subséquente le signal non désiré à partir du signal physiologique pour obtenir une estimation de la partie de signal désiré ( $\hat{S}$ ). La combinaison comprenant le filtre adaptatif et le soustracteur est communément appelé un dispositif d'annulation de bruit adaptatif (ANC).

---

<sup>17</sup> Les coefficients de multiplication peuvent être modifiés en temps réels, altérant ainsi les caractéristiques du filtre, puisque les filtres prennent avantage du fait que la construction du filtre lui-même est contenue dans la mémoire du microprocesseur de l'appareil.

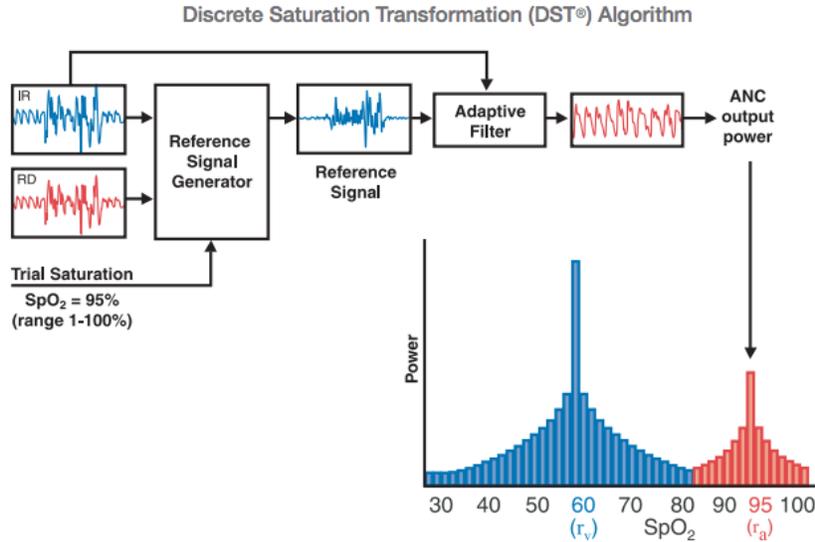


**Figure 24 - Fonctionnement d'un algorithme adaptatif**

L'oxymétrie avec la technologie Masimo SET comprend que le sang veineux, étant à faible pression, est susceptible aux effets locaux dus aux mouvements. Par exemple, dans le cas d'un doigt, le sang veineux du lit vasculaire va être facilement déformé lors de mouvements ce qui occasionne une source significative de bruit dans la bande passante à l'intérieur de la largeur de bande de fréquences d'intérêt. De plus, le fait que la pression veineuse soit plus faible que la pression artérielle, explique la tendance qu'a la saturation à baisser lors de mouvements avec l'oxymétrie de pouls conventionnelle. Durant ces mêmes mouvements, le bruit résultant dans le signal peut être substantiel. Ayant identifié le sang veineux comme étant une source de bruit significative lors des mouvements, et bien si la référence du bruit associée à cette source peut être mesurée, alors un suppressor de bruit adaptatif peut être utilisé pour annuler cette contribution. D'où l'utilité de l'algorithme de la transformée discrète de la saturation (DST : Discrete Saturation Transform).

L'algorithme le plus puissant de Masimo SET est l'algorithme de la transformée discrète de la saturation. L'algorithme DST permet de séparer puis conséquemment calculer les ratios de densité optique soit pour la saturation en oxygène artérielle ( $r_a$ ) et un estimé de la saturation en oxygène veineuse ( $r_v$ ). Ces densités optiques ne sont pas connues à l'avance, mais sont nécessaires pour obtenir les signaux de référence appropriés pour la suppression du bruit adaptatif. Également, chacun des ratios de densité optique correspond à l'intervalle de valeurs physiologiques du patient ( $SpO_2 = 1\%$  à  $100\%$ ) doivent être considérés. Ainsi, l'algorithme DST n'utilise pas que le signal de

bruit de référence ( $N'$ ), mais tient compte de beaucoup d'autres signaux de référence. Chacun de ces signaux de référence est utilisé dans le processus d'annulation du bruit adaptatif et permet l'obtention d'informations concernant le contenu de la saturation en oxygène des signaux physiologiques.



**Figure 25 - Algorithme DST de Masimo SET**

*Si*

$$1) I_{rd} = S_{rd} + N_{rd}$$

$$2) I_{ir} = S_{ir} + N_{ir}$$

$$3) r_a = \frac{S_{rd}}{S_{ir}}; S_{rd} = r_a \cdot S_{ir}$$

*Alors*

$$I_{rd} - [I_{ir} \cdot r_a] = [S_{rd} + N_{rd}] - [S_{ir}r_a + N_{ir}r_a]$$

*Substitution:  $S_{rd}$  pour  $S_{ir}r_a$*

$$= [S_{ir}r_a + N_{rd}] - [S_{ir}r_a + N_{ir}r_a]$$

$$= N_{rd} - N_{ir}r_a$$

$$= N'(Référence\_du\_bruit)$$

**Équation 1 - Équations pour le calcul du signal de référence du bruit**

Plusieurs signaux de référence  $N'(r)$  sont générés de manière similaire à celle du signal de référence du bruit. Le signal de référence correspond à la différence entre le signal physiologique dû à la lumière rouge ( $I_{rd}$ ) et le produit d'un ratio de densité optique arbitraire ( $r$ ) et le signal physiologique dû à la lumière infrarouge ( $I_{ir}$ ). Trois cas de sont à

considérés en ce qui à trait aux signaux de référence basés sur les ratios de densité optique choisis.

Cas 1 : Si un ratio de densité optique choisi ne correspond pas à la saturation veineuse ou artérielle, alors le signal de référence se compose d'une partie du signal désiré et d'une partie d'une de signal indésirable. Dans le processus d'annulation du bruit adaptatif, un signal de la sorte risque d'enlever les parties de signal indésirable du signal physiologique, mais aussi celles de signal désiré.

Cas 2 : Lorsqu'un ratio de densité optique choisi correspond à la saturation en oxygène veineuse, le signal de référence ne contient que des parties de signaux. Ainsi, la sortie du supprimeur de bruit adaptatif ne va être constituée que de parties du signal indésirable.

Cas 3 : Lorsqu'un ratio de densité optique correspondant à la saturation en oxygène artérielle est choisi, le signal de référence ne contient que des parties de bruit. Ainsi, la sortie du supprimeur de bruit adaptatif ne va être constituée que de partie du signal désiré.

$$\begin{aligned}
 I_{rd} &= S_{rd} + N_{rd} \\
 I_{ir} &= S_{ir} + N_{ir} \\
 S_{rd} &= r_a S_{ir} \\
 N_{rd} &= r_v N_{ir}
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{aligned}
 r &: \text{ratio\_densité\_optique} \\
 r_a &: \text{ratio\_densité\_optique\_artériel} \\
 r_v &: \text{ratio\_densité\_optique\_veineux}
 \end{aligned}$$

$$\text{Signal\_de\_référence: } N'(r) = I_{rd} - rI_{ir}$$

$$\text{Cas\_1: } r \neq r_a, r_v$$

$$N'(r) = (r_a - r)S_{ir} + (r_v - r)N_{ir}$$

$$\text{Cas\_2: } r = r_v$$

$$N'(r_v) = (r_a - r_v)S_{ir}$$

$$\text{Cas\_3: } r = r_a$$

$$N'(r_a) = (r_v - r_a)N_{ir}$$

**Équation 2 - Équations pour le calcul des signaux de référence selon les 3 cas**

À la figure 26, un processus d'annulation de signal (Cas 1) pour un ratio de densité optique correspondant à une saturation de 36% est observé. Pour une SpO<sub>2</sub> de 36%, le signal de référence calculé (en mauve), est assez similaire au signal physiologique provenant de la lumière rouge (en rouge,  $I_{rd}$ ). Ces deux signaux étant très similaires s'annulent efficacement à l'intérieur du suppresseur de bruit adaptatif, occasionnant un signal de sortie avec une faible puissance dans la transformée DST.

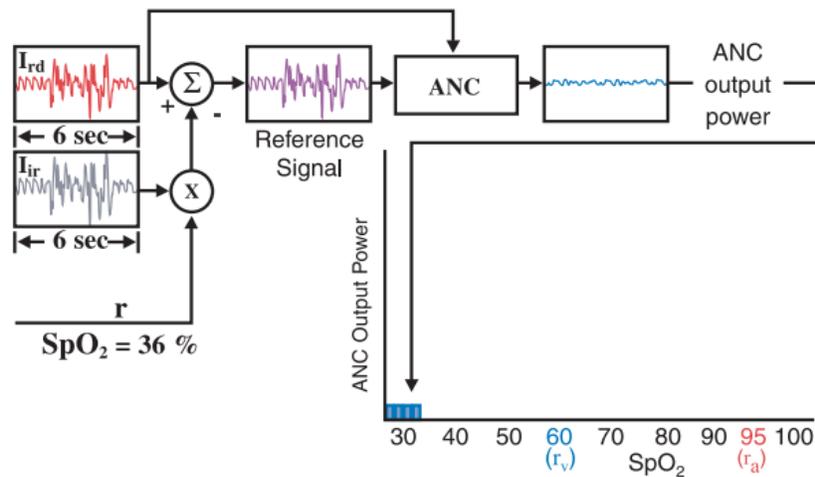


Figure 26 - Exemple de signal de sortie obtenu pour le Cas 1

À la figure 27, un processus d'annulation de signal (Cas 2) pour un ratio de densité optique correspondant à une saturation de 60% est observé. Pour une SpO<sub>2</sub> de 60%, le signal de référence calculé (en rouge), est assez différent du signal physiologique provenant de la lumière rouge (en rouge,  $I_{rd}$ ). Ces deux signaux occasionnant un signal de sortie avec une forte puissance dans la transformée DST puisque qu'ils ne se sont pas annulés.

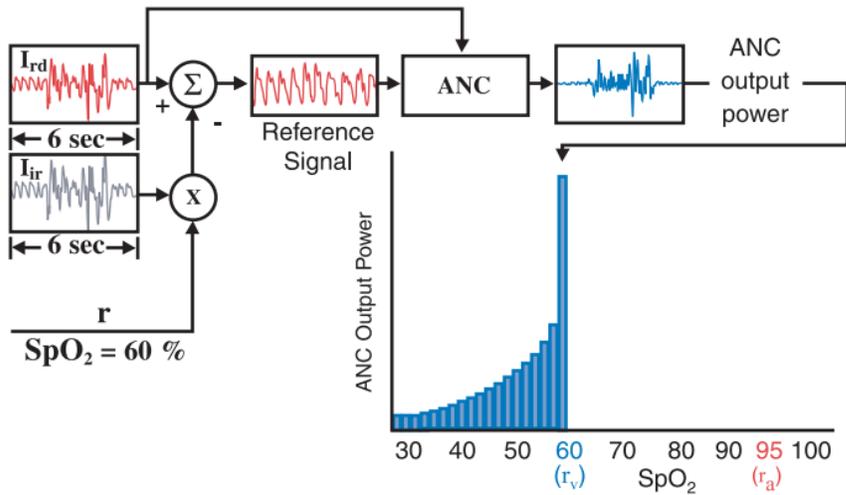


Figure 27 - Exemple de signal de sortie obtenu pour le Cas 2

À la figure 28, un processus d'annulation de signal (Cas 3) pour un ratio de densité optique correspondant à une saturation de 95% est observé. Dans ce cas particulier, le signal de référence est véritablement le signal de référence. Pour une  $SpO_2$  de 95%, le signal de référence calculé (en bleu), est assez différent du signal physiologique provenant de la lumière rouge (en rouge,  $I_{rd}$ ). Ces deux signaux occasionnant un signal de sortie avec une forte puissance dans la transformée DST puisque qu'ils ne se sont pas annulés.

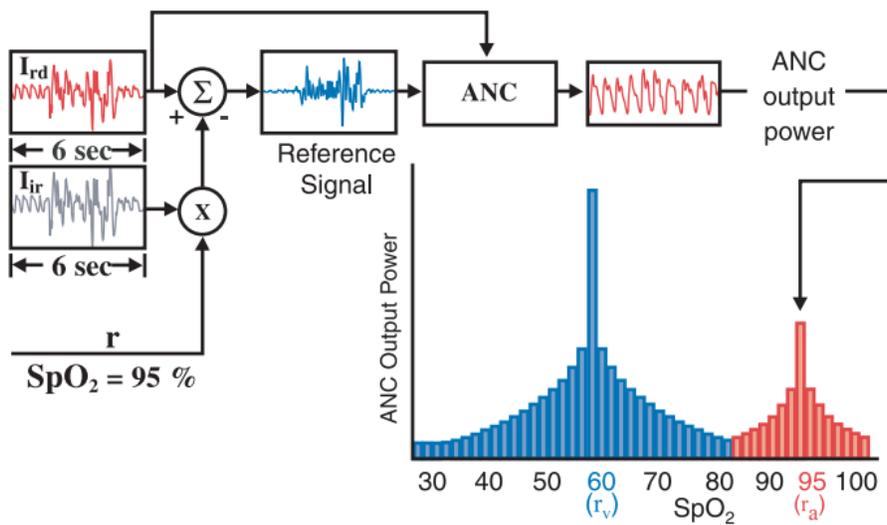


Figure 28 - Exemple de signal de sortie obtenu pour le Cas 3

Pour chaque valeur de ratio de densité optique choisi, le signal de référence correspondant est calculé et ensuite traité par le supprimeur de bruit adaptatif.

Dans le Cas 1, le signal de sortie correspondant contient peu de puissance tandis que pour les Cas 2 et 3, les signaux de sortie correspondants vont contenir une quantité significative de puissance. La puissance de sortie du supprimeur de bruit adaptatif représente la probabilité que le ratio de densité choisi ou sa saturation correspondante soit présent dans le signal physiologique.

En résumé, le processus utilisé par Masimo SET pour déterminer la saturation artérielle est la suivante :

- 1) Retrouver tous les ratios de densité optique qui correspondent aux saturations en oxygène de 1% à 100%;
- 2) Calculer le signal de référence pour chacun de ces rapports de densité optique;
- 3) Mesurer la puissance de sortie du supprimeur de bruit adaptatif pour chaque signal de référence;
- 4) Identifier le pic approprié dans la transformée de la DST qui correspond à la saturation artérielle en oxygène (la plus grande valeur de SpO<sub>2</sub>)

Au final, l'algorithme de Masimo SET qui est indépendant de l'algorithme de la fréquence du pouls, est en mesure de calculer la saturation en oxygène artérielle sans avoir à avoir extrait ou déterminé des impulsions discrètes dans les données physiologiques. L'algorithme de Masimo SET est également en mesure de surveiller la saturation en oxygène artérielle et la fréquence du pouls même si les mouvements se produisent avant que l'oxymétrie de pouls soit mis en marche.

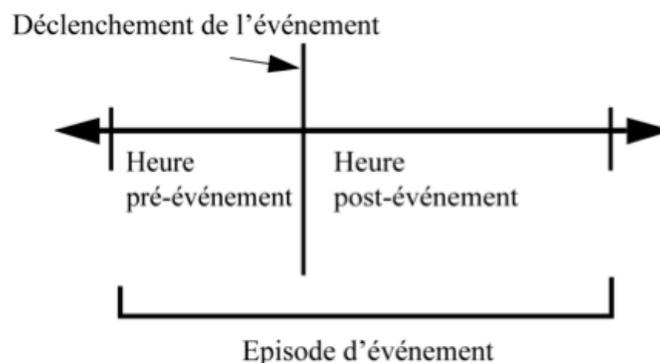
La compagnie GE n'offre pas ce que l'on pourrait appeler de « solution propriétaire » pour la lecture de l'oxymétrie de pouls et donc offre à ses clients le choix entre Masimo et Nellcor.

**NOTE:** Les moniteurs physiologiques présentement utilisés sur l'unité de néonatalogie, excluant les moniteurs physiologiques portatifs, sont ceux du modèle Solar 8000 de la compagnie General Electric (GE). Les options présentées sont actuellement offertes pour ce modèle. Les moniteurs utilisent la technologie de la compagnie Masimo, Masimo SET.

### **Présentation des technologies de la compagnie Philips**

[42, 45]

Il est possible de retrouver chez les plus récents moniteurs physiologiques comme le moniteur patient IntelliVue de Philips ce qu'on appelle la surveillance des événements. Les événements sont des « enregistrements électroniques d'épisodes survenus dans l'évolution de l'état du patient » qui peuvent être déclenchés manuellement ou bien configurables afin qu'ils se déclenchent automatiquement lors de situations cliniques prédéfinies. Le déclenchement d'un événement survient lorsqu'une combinaison de conditions programmées (dont une ou plusieurs situations d'alarmes peuvent faire partie) est détectée par le moniteur physiologique. Un épisode d'événement correspond à des « \_\_\_\_\_ » qui sont mémorisées, c'est-à-dire que l'épisode comprend des informations débutant à un moment défini avant le déclenchement de l'événement (heure pré-événement) en plus d'informations sur le moment de l'épisode survenu après l'événement (heure post-événement) (figure 29).



**Figure 29 – Épisode d'événement**

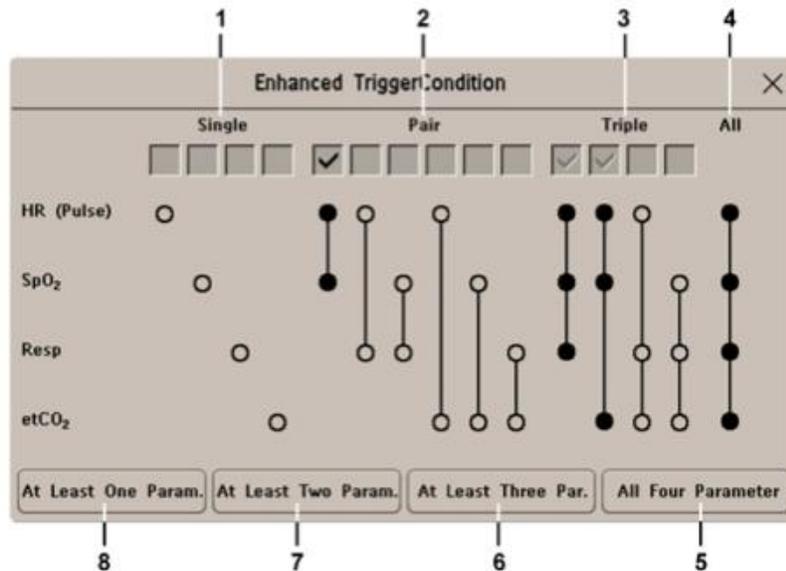
En fonction du niveau de surveillance des événements disponibles sur le moniteur, les informations mémorisées pour chaque événement sont en mesure d'inclure :

- Les courbes de quatre mesures (maximum) au choix selon le type d'épisode;
- Les paramètres vitaux, sous forme de valeurs numériques, de toutes les mesures surveillées ;
- Toutes les conditions d'alarmes actives lorsque l'épisode d'événement a été déclenché ;
- Toutes les annotations liées à l'événement.

Il est possible de naviguer dans la base de données des événements afin de visualiser certains événements rétrospectivement et de les documenter dans un dossier ou un rapport accompagné du nom du patient, du libellé du lit ainsi que de la date et de l'heure de survenue de l'événement.

Pour ce qui est du déclenchement des événements, il est possible de déclencher une saisie d'événement manuellement comme par exemple lorsque l'utilisateur tient à enregistrer l'état d'un patient avant un acte ou bien de configurer le moniteur afin que les événements se déclenchent automatiquement, comme cela peut être le cas lorsque des valeurs de paramètres vitaux dépassent certains seuils prédéfinis ou qu'une mesure ou une procédure particulière est réalisée. Dans le cas où il y a plus d'un déclenchement

d'événement disponible pour les mesures du groupe d'événements actif dans le moniteur, la condition de déclenchement peut être d'un paramètre minimum, de deux paramètres minimum, de trois paramètres minimum ou bien de quatre paramètres (figure 30).



**Figure 30 - Différentes conditions de déclenchement pouvant être choisies par l'utilisateur pour déclencher l'enregistrement d'un événement ou déclencher une alerte**

Où les chiffres de la figure 30 représentent:

- 1) Une seule condition
- 2) Deux conditions
- 3) Trois conditions
- 4) Toutes les conditions
- 5) 4 paramètres
- 6) 3 paramètres minima
- 7) 2 paramètres minima
- 8) 1 paramètres minima

Si l'utilisateur décide de ne prendre comme condition de déclenchement qu'un paramètre minimum, ce qui correspond à 'au moins un paramètre de mesure', alors le moniteur va lancer une capture d'événement si un déclenchement se produit dans l'une des mesures physiologiques de ce groupe d'événements. Si la condition est de trois

paramètres minimum, le moniteur capture les événements lorsqu'au moins trois seuils de déclenchement des mesures physiologiques de ce groupe d'événements ont été dépassés. De plus, avec l'option *Condition optimisée*, il est possible de sélectionner un nombre minimum de conditions de déclenchement en plus de définir exactement ces conditions de déclenchement. Ainsi, l'option de deux paramètres minimum déclenche la capture d'un événement si une condition de déclenchement survient sur deux mesures de ce groupe d'événement. D'un autre côté, avec l'option *Condition optimisée*, il est possible d'indiquer qu'un événement ne doit être capturé que lorsque les conditions de déclenchement surviennent sur les mesures de fréquence cardiaque et de SpO2.

L'aspect particulièrement intéressant avec la surveillance des événements est l'option de notification des événements<sup>18</sup>. Il y a la possibilité d'être notifié de la détection d'un événement, soit pour les événements non critiques ou moyennement critique et les alarmes critiques nécessitant l'attention immédiate des soignants. Pour se faire, chaque groupe d'événement peut être défini par un certain type de notification variant en fonction de la gravité de la condition de l'événement. La notification peut prendre deux formes. La première est sous forme d'un message d'état accompagné d'une tonalité et la deuxième est une notification d'alarme \*, \*\* ou \*\*\* standard<sup>19</sup>. Ces alarmes d'événements sont gérées exactement comme les alarmes de mesure ; elles peuvent être neutralisées et elles sont également suspendues lorsque toutes les alarmes sont suspendues. L'option de notification d'alarmes d'événements n'est à utiliser que pour les événements dont la gravité est comparable à celle des alarmes de mesure standard pour éviter toute confusion due à un trop grand nombre d'alarmes. De plus, la notification sous forme d'alarme n'est pas disponible lorsque la condition de déclenchement est d'un paramètre minimum.

---

<sup>18</sup> La notification d'événements n'est disponible qu'avec la surveillance avancée des événements.

<sup>19</sup> Les astérisques (\*) affichés à côté du message d'alarme correspondent au niveau de priorités de l'alarme : \*\*\* pour les alarmes rouges (les plus critiques), \*\* pour les alarmes jaunes, \* pour les alarmes jaunes brèves. Les déclenchements non accompagnés d'astérisques correspondent aux déclenchements définis par l'utilisateur.

Un exemple de déclenchement d'alarme pour la néonatalogie est l'exemple de l'Oxy-CRG [46]. L'Oxy-CRG (*oxy-cardiorespiratory*) pour un bébé en néonatalogie, combine les tendances compressées du rythme cardiaque, la respiration, les niveaux d'oxygénation, dans un format d'affichage facile à interpréter pour les moniteurs physiologiques de Philips. Également, Oxy-CRG est un indicateur de l'efficacité de la respiration et de la maturité du cerveau. L'algorithme Oxy-CRG facilite l'évaluation plus complète de l'état du patient en:

- Permettant l'examen des six dernières minutes d'information Oxy-CRG;
- Aidant à détecter les situations critiques, y compris les épisodes d'apnée, l'apnée obstructive, l'apnée mixte, la respiration périodique et la respiration perturbée;
- Permettant l'enregistrement Oxy-CRG de documents justificatifs de 1, 2 ou 3cm/min.

#### **NOTE**

Le groupe d'événements

- surveille les signaux du patient afin de détecter les déclencheurs d'événements ;
- désigne les courbes qui sont enregistrées dans les données d'événement.

Dans la surveillance de base des événements, un seul groupe d'événements peut être actif à la fois. Avec la surveillance avancée des événements, les six groupes peuvent être actifs simultanément. Les groupes d'événements actifs surveillent les déclenchements d'événements.

Comme c'est le cas pour le fournisseur GE, le fournisseur Philips offre un algorithme intelligent pour gérer les alarmes pour l'oxymétrie de pouls et quelques autres paramètres comme la fréquence cardiaque, la respiration et l' $\text{etCO}_2$ . Dans le cas de Philips, leur option pour le  $\text{SpO}_2$  s'appelle « SmartAlarmDelays » (délais d'alarme intelligents) et doit être activée manuellement pour être fonctionnelle.

La SpO2 qui offre des alarmes de limites hautes et basses en plus d'une alarme de désaturation à priorité élevée<sup>20</sup> permet également une utilisation d'un délai d'alarme. Le délai d'alarme peut être configuré sur une valeur fixe (entre 0 et 30 secondes) ou le moniteur peut être configuré de façon à appliquer un délai en fonction d'un algorithme intelligent : l'option « SmartAlarmDelays » qui décrit le fonctionnement des alarmes.

Au niveau des « SmartAlarmDelays », il est possible de configurer le moniteur afin que celui applique un certain délai avant de signaler le dépassement d'une limite d'alarmes pour le SpO2. Ce délai est calculé à l'aide d'un algorithme intelligent et est conçu pour de supprimer les alarmes qui surviennent suite à un léger dépassement d'un seuil limite ou bien durant une brève période de temps. Les facteurs dont l'algorithme tient compte lors du calcul du délai sont :

- la mesure dans laquelle une limite est dépassée ;
- la durée du dépassement ;
- la vitesse à laquelle les valeurs évoluent lors du dépassement de la limite.

Ainsi, si la valeur mesurée par le moniteur se met à augmenter ou à diminuer très rapidement, une alarme va se déclencher dans un délai très bref. Dans le cas où la valeur mesurée se produit lentement, le délai écoulé avant le déclenchement de l'alarme va être plus long. Puis dans le cas où le changement de valeur s'effectue lentement et uniquement sur une courte période de temps, il est possible qu'aucune alarme ne se déclenche.

Pour illustrer le fonctionnement des délais d'alarmes intelligents, voici les exemples suivants (figures 31, 32). Pour tous ces exemples, la limite basse de SpO2 utilisée est de 90%.

---

<sup>20</sup> Il n'est pas possible de configurer la limite basse d'alarme au-dessous de la limite d'alarme de désaturation.

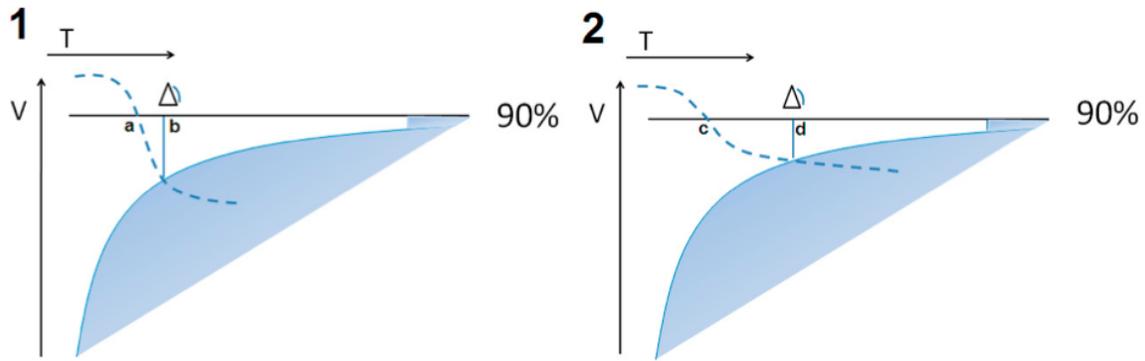


Figure 31 – Exemple 1 et 2 du fonctionnement des délais d’alarmes intelligents

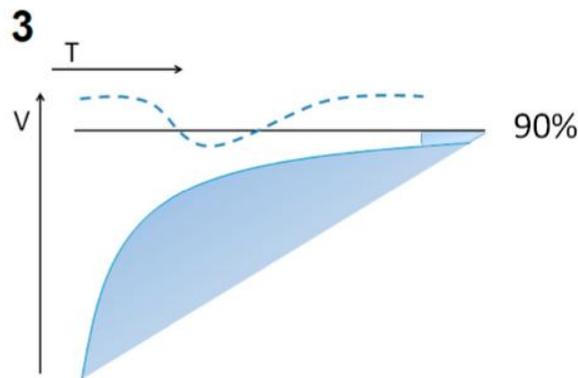


Figure 32 - Exemple 3 du fonctionnement des délais d’alarmes intelligents

Dans l’exemple 1, on observe une chute rapide de la valeur de SpO2 et que la limite basse de 90% est dépassée au point a. Puis au point b, la valeur arrive dans la zone foncée qui est la zone des critères du « SmartAlarmDelays ». Il y a alors déclenchement de la limite basse. Ainsi, le délai entre le dépassement de la limite et le déclenchement de l’alarme est assez court, ce qui correspond à la distance entre les points a et b.

Dans l’exemple 2, on observe une chute plus lente de la valeur de SpO2 et que la valeur passe en dessous de la limite basse de 90% au point c. Puis au point d, la valeur arrive dans la zone foncée qui est la zone des critères du « SmartAlarmDelays ». Il y a alors déclenchement de la limite basse. Ainsi, le délai entre le dépassement de la limite et le déclenchement de l’alarme est plus long, ce qui correspond à la distance entre les points c et d.

À l'exemple 3, la valeur de SpO2 chute lentement en dessous de la limite d'alarme basse puis remonte au-dessus de la limite suite à un court laps de temps. On observe que la valeur n'atteint jamais la zone foncée, la zone des critères du « SmartAlarmDelays » et donc aucune alarme ne se déclenche. Néanmoins, si une limite est légèrement franchie pour une longue période de temps, une alarme va se déclencher. Pour ces cas, il existe un délai maximum de temps après lequel une alarme va se déclencher.

Pour s'adapter aux différents niveaux de stabilité du patient, il existe trois réglages différents pour le « SmartAlarmDelay », soit Court, Moyen et Long, pour trois zones foncées différentes. Le réglage dit Court garantit une réponse rapide à l'évolution de l'état des patients moins stables. Le délai n'est alors prolongé que pour les petites déviations des limites, n'excédant pas plus que 2% de la limite fixée. Les réglages Moyen et Long prolongent davantage le délai afin d'éviter les alarmes non nécessaires pour des patients dont l'état est plus stable. Pour le réglage Moyen, le délai est prolongé pour les déviations des limites allant jusqu'à 4% tandis que pour le réglage Long, le délai est prolongé pour les déviations des limites allant jusqu'à 9%. Au départ, le délai par défaut est de 10sec lorsqu'aucun délai n'est prolongé. Cependant, dès que pour l'un des trois réglages le pourcentage de déviation dépasse les seuils de 2%, 4% et 9% respectivement, le délai par défaut est utilisé pour qu'une alarme se déclenche.

**Tableau 4 – Différentes options de délais selon la déviation (pourcentage) et les réglages choisis**

Déviation par rapport la limite d'alarme dépassée	Délai d'alarme résultant		
	Court	Moyen	Long
1%	25 sec (délai max)	50 sec (délai max)	100 sec (délai max)
2%	12 sec	25 sec	50 sec
3%	10 sec	16 sec	33 sec
4%		12 sec	25 sec
5%		10 sec	20 sec
6%			16 sec
7%			14 sec
8%			12 sec
9%			11 sec
>9%		10 sec	

Pour ce qui est du délai pour l'alarme de désaturation<sup>21</sup>, il correspond au temps passé par la valeur moyenne de SpO2 en dessous de la limite avant qu'une alarme ne soit déclenchée. Dans ce cas-ci, le délai par défaut est mis à 20 sec et est indépendant du SmartAlarmDelay.

## **Présentation des technologies de la compagnie Spacelabs**

[47]

En ce qui concerne le fournisseur Spacelabs, il existe des solutions intelligentes pour les alarmes associées à l'oxymétrie de pouls pour leurs moniteurs physiologiques. Il est possible d'utiliser un retard d'alarme d'oxymétrie de pouls en fonctions des valeurs par défaut définies. Les retards d'alarme par défaut sont de 15 sec et 20 sec pour les retards d'alarme et les retards d'alarmes de message respectivement. Un message est un message d'état qui indique des problèmes ou des situations pouvant affecter la précision des valeurs de surveillance<sup>22</sup>. Il n'y a par contre pas d'algorithme dit propriétaire pour l'oxymétrie de pouls.

Il est à noter que les technologies Masimo SET et Nellcor OxiMax sont elles aussi offertes pour les moniteurs physiologiques de Spacelabs. La technologie de Nellcor a les mêmes fonctionnalités que celles présentées dans la section portant sur la technologie Nellcor de la section Présentation des technologies de la compagnie GE. Il est à noter que dans cette option du Sat-Seconds, si un seuil d'alarme est dépassé trois fois ou plus en 60 secondes, une alarme est déclenchée même si le seuil de Sat-Seconds n'a pas été atteint. L'algorithme de Masimo est lui aussi présentée dans la section de GE.

---

<sup>21</sup> L'alarme de désaturation est une alarme de haute priorité signalant toute chute de saturation en oxygène potentiellement létale. Il n'est pas possible de configurer la limite basse d'alarme au-dessous de la limite d'alarme de désaturation.

<sup>22</sup> Lorsqu'un message d'état apparaît, la valeur de saturation et la fréquence du pouls se transforment immédiatement en ??? (trois points d'interrogation). Selon la configuration du module, une alarme peut se produire. Selon la configuration et l'option achetées, il est possible que cette alarme se produise seulement après l'écoulement du temps de retard d'alarme de message.

## Présentation des technologies de la compagnie Dräger

En ce qui concerne la compagnie Dräger, les algorithmes pour l'oxymétrie de pouls offerts sont celui du Masimo SET, celui de Nellcor OxiMax et la solution OxiSure propre à la compagnie et est la seule à avoir intégré le Masimo rainbow SET. Les algorithmes de Masimo et de Nellcor ont précédemment été présentés.

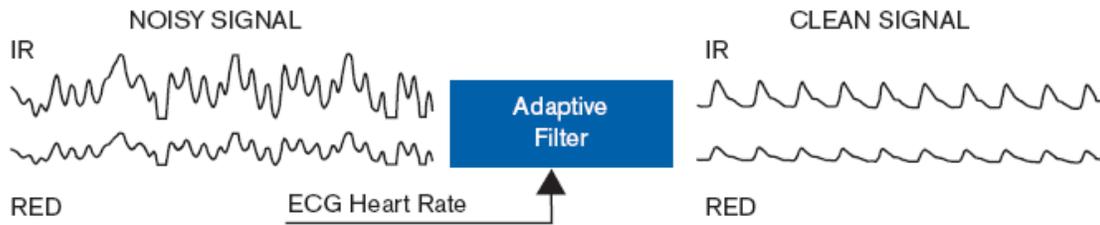
En ce qui concerne l'algorithme pour l'oxymétrie de pouls OxiSure [19] aide à améliorer le problème des fausses alarmes et des lectures de SpO2 non fiables en filtrant les artefacts. Il apparaît dans la lignée des moniteurs physiologiques Infinity, mais n'est plus utilisé avec le nouveau système IACS (Infinity acute care system). Dräger utilise maintenant les algorithmes de Nellcor (OxiMax) et de Masimo (SET). L'algorithme OxiSure est présenté dans l'éventualité où lors de l'achat des nouveaux moniteurs physiologiques, des moniteurs de la lignée d'Infinity soient considérés.

Le moyen utilisé par OxiSure pour éliminer les fausses alarmes et améliorer la précision est la filtration du bruit dans le signal à l'aide de la technique de la transformée de Fourier (FFT). En premier, la technologie utilise la partie de l'onde R du signal ECG du patient pour établir une fréquence cardiaque précise. Ensuite, en se basant sur cette mesure, OxiSure adapte la bande d'une analyse de la FFT pour la centrer sur la fréquence cardiaque; il y a alors conversion du signal du domaine temporel au domaine fréquentiel. Seuls les signaux provenant du capteur d'oxymétrie qui sont dans la bande de fréquence du filtre sont alors traités. Étant donné que la bande de fréquences FFT d'OxiSure est inférieure à la plage de 4.5Hz<sup>23</sup> de variation de fréquence cardiaque généralement rencontrée, OxiSure arrive à éliminer plus facilement et de manière fiable les artefacts produits par les signaux des LED rouge et infrarouge tout en déterminant la véritable valeur de fréquence du pouls et de la saturation. À noter qu'OxiSure est compatible avec les capteurs de Nellcor et de Masimo. Au final, combiner le signal ECG avec OxiSure est ce qui permet d'obtenir une bonne précision et fiabilité dans la lecture du signal sans qu'il n'y ait de lacunes ou altérations dans les données. Les fausses alarmes sont donc

---

<sup>23</sup> Les fréquences cardiaques de patients se retrouvent généralement entre 30 et 300 battements par minute et donc entre 0.5Hz et 5 Hz.

pratiquement éliminées alors que les véritables urgences sont rapportées de manière fiable.



**Figure 33 - Utilisation d'un filtre ECG par l'algorithme OxiSure pour enlever l'artéfact**

Quant à la technologie Masimo rainbow SET [18], il s'agit de la technologie de Masimo SET qui permet de mesurer en continue et de manière non invasive la surveillance de la saturation en oxygène, la fréquence du pouls et l'indice de perfusion tout en offrant la possibilité de surveiller des constituants du sang et la réactivité du fluide qui nécessitaient auparavant des procédures invasives pour être surveillées comme SpHb, PVI, SpCO, SpMet et SpOC<sup>24</sup>.

## **Survol des technologies ECG offertes par les fournisseurs**

L'ECG peut lui aussi parfois occasionné des alarmes nuisibles comme des fausses alarmes ou alarmes d'artéfacts comme il a été observé durant les observations terrains.

Au sujet des algorithmes ECG, la compagnie GE offre l'algorithme d'arythmies GE EK-Pro [31] et une technologie IntelliRate [29] de GE pour le monitoring de patients. L'algorithme EK-Pro utilise plusieurs techniques de traitement pour permettre d'avoir de bas taux de fausses alarmes. Ces techniques sont :

---

<sup>24</sup> SpMet : Méthémoglobine  
SpCO : Carboxyhémoglobine  
PVI : Pleth Index variabilité  
SpHb : hémoglobine totale  
SpOC : la teneur en oxygène totale

- La corrélation continue : les ondes provenant des différentes dérivations sont comparées continuellement avec des « modèles » de battements permettant ainsi d'améliorer la détection de battements et la reconnaissance de bruit ou d'artéfacts.
- Mise à jour du modèle d'incrémentation : un processus par lequel les modèles des ondes des différentes dérivations utilisées pour la mesure et la classification des battements suivent avec précision les changements subtils et progressifs des battements.
- Analyse contextuelle : permet à l'algorithme d'utiliser des informations provenant de battements avoisinants soit les battements avant et après l'analyse courante de battements, pour l'identification d'arythmies.
- Algorithme configurable pour les patients de la néonatalogie et pédiatrie : toutes les techniques précédemment nommées peuvent automatiquement être adaptées aux formes des ondes uniques de la clientèle néonatale et pédiatrique. De plus, certains critères pour les alarmes de détection des complexes QRS et des arythmies sont ajustés à la fréquence cardiaque plus rapide et les complexes QRS plus étroits des patients plus jeunes.

Quant à la technologie IntelliRate de GE, il s'agit d'un algorithme capable de réduire le nombre de fausses alarmes de fréquence cardiaque et les risques associés aux hauts taux de fausses alarmes, en améliorant la précision et la fiabilité de des mesures de fréquence cardiaque. Le signal ECG pouvant fréquemment être en erreur dû au bruit ou faible amplitude des complexes QRS dans le signal occasionnant des lectures erronées de fréquence cardiaque et donc déclencher de fausses alarmes de dépassement de limites. Ainsi, après avoir évalué les informations extraites de chacun des signaux physiologiques (des différentes dérivations), l'algorithme IntelliRate utilise les règles de base de logique pour déterminer quelle source de fréquence cardiaque a la plus forte probabilité d'être précis. En utilisant toujours le signal de meilleure qualité, la violation de limite erronée est minimisée.

Dans le cas de la compagnie Philips, l'algorithme pour l'ECG est appelé algorithme pour les arythmies ST/AR <sup>25</sup>[43]. Il s'agit d'un algorithme multicâbles pour l'ECG conçu pour les arythmies, le segment ST et le monitoring du segment QT. L'algorithme de surveillance d'arythmies ST/AR est conçu pour traiter un ou deux canaux de signaux ECG de surface en simultané pour détecter des changements dans le rythme de l'ECG, tout en offrant une surveillance continue du patient et la génération d'alarmes. Grâce à un algorithme informatique sophistiqué, les complexes QRS sont détectés, identifiés et classés. Basé sur la classification, l'ordinateur génère ensuite des alarmes.

L'algorithme pour le monitoring des arythmies traite les signaux ECG pour les patients adultes, enfants et de néonatalogie. Avant même que la surveillance du patient ne débute, la qualité du signal est vérifiée par rapport au bruit et aux conditions inopérantes (INOP). Pour le bruit, cela réfère à toute dégradation du signal ECG qui rend difficile la détection et la classification de battements. Ce bruit dans le signal peut avoir plusieurs causes :

- Mauvaise préparation de la peau,
- Électrodes détachées,
- Artéfact de muscle causé par des tremblements, mouvements ou TREMORS,
- Artéfacts de respiration causés par le mouvement thoracique ou abdominal de modes de respirations spontanées ou ventilés,
- L'équipement, etc.

Une grande attention portée à ces causes va augmenter la précision de l'algorithme et ainsi diminuer l'incidence de fausses alarmes.

Comme première étape, le signal est tout d'abord filtré puis échantillonné. Le filtrage du signal se fait par l'intermédiaire de deux filtres : le filtre de détection et le filtre de classification, Ces filtres sont optimisés individuellement pour améliorer la performance de la détection et classification du signal QRS. Dans le cas du filtre de détection, il enlève le bruit de basses fréquences et les artéfacts de muscles tout en

---

<sup>25</sup> ST pour le segment ST du complexe PQRST et AR pour les arythmies.

accentue les complexes QRS. Le filtre permet de plus facilement détecter de manière fiable le QRS et aide à éviter la détection erronée des ondes-T ou des artéfacts comme étant des battements. Pour la néonatalogie, un filtre ECG spécial est utilisé. Ce filtre améliore la sensibilité de la détection de petits complexes QRS. Dans le cas du filtre de classification, il enlève lui aussi les irrégularités du signal tout en préservant les caractéristiques importantes du QRS.

En ce qui concerne l'étape 2, la détection des complexes QRS, l'algorithme doit détecter en premier des pics d'onde Q qui deviennent des « pics candidats » et ensuite doit s'assurer qu'il ne s'agit pas de bruit ou bien de pics d'onde P ou T. Pour se faire, des sélections d'amplitudes spécifiques sont effectuées selon le ou les fils pour la mesure d'ECG puis les signaux sont combinés pour obtenir un seul signal de détection QRS. Ensuite, le détecteur QRS vérifie le signal de détection QRS pour rechercher la présence de pics d'une onde R. Une région de recherche est établie à la fin de la période réfractaire. Pour chacune des régions de recherche, un seuil est établi selon le bruit autour de la région, la distance avec la dernière onde R détectée et la moyenne de la grandeur de l'onde R.

Par la suite, à l'étape 3, après qu'un battement soit détecté, il est mesuré maintes fois différemment afin de déterminer ses caractéristiques. Ces caractéristiques sont : la grandeur, la largeur, la région et le timing (plusieurs intervalles R-R mesurées). Dans le cas de plusieurs fils, la grandeur, la largeur et la région sont mesurées indépendamment pour chacun des fils.

L'étape 4 concerne l'étiquetage des battements. Après que la qualité du signal ait été regardée et vérifiée, que le signal QRS ait été détecté et mesuré, le battement est étiqueté. L'étiquetage veut dire que l'algorithme donne une des étiquettes suivantes au battement :

- N pour normal,
- S pour supraventriculaire prématuré,
- V pour ventriculaire ectopique,
- P pour « paced »,

- ? pour questionnable,
- L pour apprentissage

Dans le cas où le signal n'est pas très bon :

- I pour inopérant,
- A pour artéfact,
- M pour pas de QRS.

L'étiquetage inclut trois concepts majeurs soit : l'utilisation de familles de modèles pour représenter les morphologies récurrentes dans le signal, l'utilisation de l'apprentissage de départ de la morphologie normale du patient et l'utilisation de famille de modèles pour aider à la classification des complexes QRS. Ainsi, en utilisant la combinaison des caractéristiques des battements, du synchronisme et des techniques d'appariement de modèles, l'algorithme traite avec une certaine flexibilité un éventail de conditions avec un haut degré de fiabilité.

L'étape 5 concerne la détection de la fibrillation atriale, mais n'est pas disponible pour la néonatalogie.

L'étape 6 traite de la détection de la fibrillation ventriculaire. Un détecteur séparé examine en continu les signaux ECG entrant pour la fibrillation ventriculaire, travaillant en parallèle avec la détection des battements et l'étiquetage. Si un battement ou un patron d'onde sinusoïdale persiste durant plus de quatre secondes dans tous les canaux d'ECG, le moniteur averti d'une fibrillation ventriculaire (alarme). Dans le cas où la surveillance de l'arythmie à un seul fil a été choisie, seul l'ECG primaire est utilisé pour la détection de la fibrillation ventriculaire.

L'étape 7 concerne la détection d'alarmes et de rythmes. Les résultats de l'étiquetage des battements, de la fibrillation atriale et de la détection de la fibrillation ventriculaire sont utilisés par le détecteur d'alarmes et du rythme qui s'occupe de mesurer le rythme cardiaque, déterminer le rythme sous-jacent du patient et d'identifier les événements ectopiques. Les alarmes sont activées par le générateur d'alarmes, et

également, les alarmes de hautes priorités comme les asystolies, prennent préséance et supplantent les alarmes de plus faible priorité comme le rythme cardiaque plus lent.

L'algorithme de Dräger pour l'ECG est appelé algorithme ACE (Arrhythmia Classification expert) [17] et intégré dans les moniteurs de la lignée Infinity. C'est un système qui utilise un jugement de type humain et une logique qualifiée pour filtrer les informations trompeuses ou erronées et en tirer des conclusions plus éclairées sur le patient surveillé et donc aider à réduire la probabilité de fausses alarmes. L'ACE permet également une classification précise des arythmies pour mieux adresser les changements dans la condition du patient et filtre les données des ondes pour un diagnostic et traitement plus rapide.

Au départ, l'ACE traite le signal. Le signal est tout d'abord numérisé puis passe par deux filtres, un pour la détection des complexes QRS et l'autre pour la classification de ces complexes.

Pour la détection des complexes QRS, le détecteur améliore par rapport au bruit en combinant les signaux provenant des différents fils pour l'ECG en un seul « super signal ». Ce signal est ensuite balayé pour la détection des complexes QRS. En résumé, l'algorithme recherche les amplitudes des ondes dépassant un certain seuil (ajusté de manière dynamique) et permet au détecteur de s'adapter aux changements de fréquence cardiaque. Ensuite, l'onde est vérifiée et peut être identifiée et étiquetée comme un complexe QRS. Les huit dernières ondes (intervalles R-à-R) sont moyennées sur une base continue pour obtenir la fréquence cardiaque actuelle. Après l'identification d'un complexe QRS, une pause de 170 msec est faite (période réfractaire) où aucun autre complexe QRS n'est détecté; cela permet de prévenir le compte double chez les patients qui pourraient par exemple avoir des ondes QRS divisées dans certains blocs de dérivation à gauche ou à droite du bloc de signal évalué. Après cette pause, le seuil de détection de QRS diminue jusqu'à l'atteinte d'un seuil minimum ou le prochain QRS.

L'algorithme pour la compagnie Spacelabs n'était pas connu au moment de l'écriture du rapport.

## Résumé des quatre compagnies et de leurs technologies

Les tableaux 5 et 6 résument les technologies et options proposées par les quatre différents fournisseurs pour les moniteurs physiologiques. Le moniteur physiologique qui, d'après les observations génèrent le plus grand nombre d'alarmes, il est intéressant de voir que les compagnies adressent ces problèmes en offrant différentes solutions, spécialement pour l'oxymétrie de pouls. Les délais et les algorithmes intelligents cherchent à réduire le nombre de fausses alarmes, comptant pour un très haut pourcentage de toutes les alarmes générées.

Étant donné qu'il a été observé que le moniteur physiologique est l'appareil médical générant le plus d'alarme sur l'unité de néonatalogie qu'il existe un très grand nombre de fausses alarmes, principalement des alarmes n'ayant demandé aucune action de la part de l'infirmière, il est possible de déduire qu'un grand nombre de ces fausses alarmes ont pour source le moniteur physiologique (se référer au premier paragraphe de la page 41).

C'est donc dire que l'application de telles solutions ont le potentiel de réduire de manière significative le nombre d'alarmes inutiles/fausses alarmes. De plus, les moniteurs physiologiques de l'unité de néonatalogie devant faire l'objet d'un remplacement, il sera important de regarder chacune des solutions présentées lorsque viendra le temps de faire un choix entre les différents algorithmes offert par le fournisseur (ex : Masimo ou Nellcor ou algorithme « propriétaire » pour l'oxymétrie de pouls). Le choix se fait selon les besoins, les préférences et le budget du client.

**Tableau 5 - Tableau résumé des options pour l'oxymétrie de pouls des quatre fournisseurs pour les moniteurs physiologiques**

GE	Philips	Spacelabs	Dräger
<b>Technologie de GE :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>pas d'algorithme propre à GE</li> </ul> Mesures de SpO2 moyennées sur une période de 12sec	<b>Technologies de Philips :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Surveillance des événements:</b> notification des événements</li> <li>SmartAlarmDelays (délais d'alarme intelligents)</li> </ul>	<b>Technologie de Spacelabs :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>pas d'algorithme propre à Spacelabs</li> </ul>	<b>Technologie de Dräger :</b> SpO2 OxiSure
<b>Technologie Nellcor OxiMax:</b> Sat-secondes	<b>Technologie Nellcor OxiMax:</b> Sat-secondes	<b>Technologie Nellcor OxiMax:</b> Sat-secondes	<b>Technologie Nellcor OxiMax:</b> Sat-secondes
<b>Masimo SET :</b> filtre adaptatif	<b>Masimo SET :</b> filtre adaptatif	<b>Masimo SET :</b> filtre adaptatif	<b>Masimo SET :</b> filtre adaptatif <b>Masimo Rainbow</b>

**Tableau 6 - Tableau résumé des options pour l'ECG des quatre fournisseurs pour les moniteurs physiologiques**

GE	Philips	Spacelabs	Dräger
<b>Technologie de GE :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>EK-Pro</li> <li>IntelliRate</li> </ul>	<b>Technologies de Philips :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Algorithme ST/AR</li> </ul>	<b>Technologie de Spacelabs :</b> Inconnue	<b>Technologie de Dräger :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Algorithme ACE</li> </ul>

## ***Systèmes de gestion des événements***

Un système de gestion des événements est un système qui utilise différentes technologies afin d'aider le personnel médical à mieux gérer leur flux de travail comme cascader des alertes au sein d'une équipe. Dans le cas du projet de gestion des alarmes pour la néonatalogie, un système de gestion des événements offre le potentiel d'aider les infirmières à mieux répondre aux événements déclenchant des alarmes dans un contexte changeant de pratiques infirmières où le personnel est appelé à travailler davantage à l'extérieur de la chambre avec plusieurs bébés à superviser dans des situations difficiles. Cette situation a une haute probabilité de se produire, principalement dans le nouveau contexte de travail de la nouvelle unité de néonatalogie du BUS. Il est important qu'un système de gestion des événements constitue une valeur ajoutée ou système secondaire qui relaie les alertes et ne devraient pas éliminer les équipements médicaux du point de vue de la gestion des alertes.

Un gestionnaire des événements peut venir en aide au personnel médical/infirmier en leur fournissant des alertes significatives et utiles directement sur les dispositifs de communication, améliorant conséquemment l'efficacité des soins. Ce genre de solution permet de gérer les communications critiques et améliore la coordination d'équipes de soins. Les principaux avantages d'une telle technologie sont :

- Améliore la coordination des équipes de soins et les soins prodigués aux patients;
- Améliore la satisfaction du patient et des familles;
- Permet d'avoir des processus et flux de travail plus efficaces

Un SGE intègre et exploite les données de suivi des patients, les appels de personnel infirmier et les systèmes d'informations cliniques. Il simplifie le flux d'entrées et sorties complexes afin de fournir des alertes significatives. Les informations sont ensuite transmises à la personne appropriée en fonction de son rôle attribué et des compétences requises. Pour qu'une alerte soit considérée comme utile, elle se doit d'être pertinente, fiable, résoluble par une action de la part de la personne recevant le message,

fournir les informations exactes. Ces informations doivent ainsi pouvoir aider à la prise de décision, l'amélioration de la réponse clinique aux besoins des patients et ainsi augmenter la qualité des soins. Ainsi, il est possible de gérer la communication inter et intra équipes de soins et de transmettre au personnel des informations utiles comme ces alertes au personnel là où il en a besoin, sous le bon format et à l'endroit exact de soins, indépendamment de son emplacement.

Un SGE est principalement un système à valeur ajoutée dont le but n'est pas de remplacer la notification d'alarmes provenant d'appareils médicaux, mais plutôt de servir de notification secondaire. Ainsi, la notification d'alarme est d'abord présente sur appareils médicaux puis est ensuite envoyée au système de gestion des événements. Un exemple théorique de cascade d'événements permet d'illustrer le principe d'un SGE (Annexe 6). Cet exemple utilise comme source le moniteur physiologique et décrit les différents chemins que peut prendre les informations transmises par le SGE et la réponse du personnel face à ces informations jusqu'à ce que l'alarme soit arrêtée à la source ou bien que l'alarme s'arrête par elle-même. Avec les différentes possibilités d'alarmes, il apparaît très important de bien définir le ou les processus d'affaire responsable de transmettre les alarmes lorsque viendra le temps de les paramétrer dans le SGE afin de s'assurer qu'ils répondent bien aux besoins des utilisateurs, le personnel clinique de la néonatalogie. L'exemple relevé dans la revue de littérature sur les alarmes « Vent Inop » rappelle qu'il est important de ne pas éliminer l'alarme sonore à la source et se fier sur le système auxiliaire pour transmettre correctement toutes les alarmes aux infirmières. D'où l'importance de garder cet enjeu en tête et s'assurer de bien programmer les règles d'affaires permettant de transmettre adéquatement l'éventail d'alarmes provenant des différents appareils médicaux.

Il existe deux solutions se disputant la majorité des parts de marché. Il s'agit de la solution Connexall Suite et le gestionnaire des événements IntelliSpace de la compagnie Philips. Elles sont sommairement présentées ci-après.

## Présentation de Connexall

[14, 15]

Connexall Inc. est un fournisseur international de premier plan d'un produit interopérable à travers l'ensemble d'un hôpital qui permet de connecter les différents membres du personnel d'un même établissement, des tâches et des appareils/dispositifs afin de favoriser le continuum des soins (figure 34). Les capacités de la technologie servent de pilier au flux de travail d'entreprise tout en facilitant l'échange d'informations critiques de santé nécessitant une action et permettant un travail plus efficace. Basé sur 20 années de recherche et développement, ce logiciel autorisé 510(k) de classe II pour appareils médicaux par la FDA peut se connecter à un large éventail de systèmes de TI/pour installations et cliniques en plus de plusieurs appareils de communication.

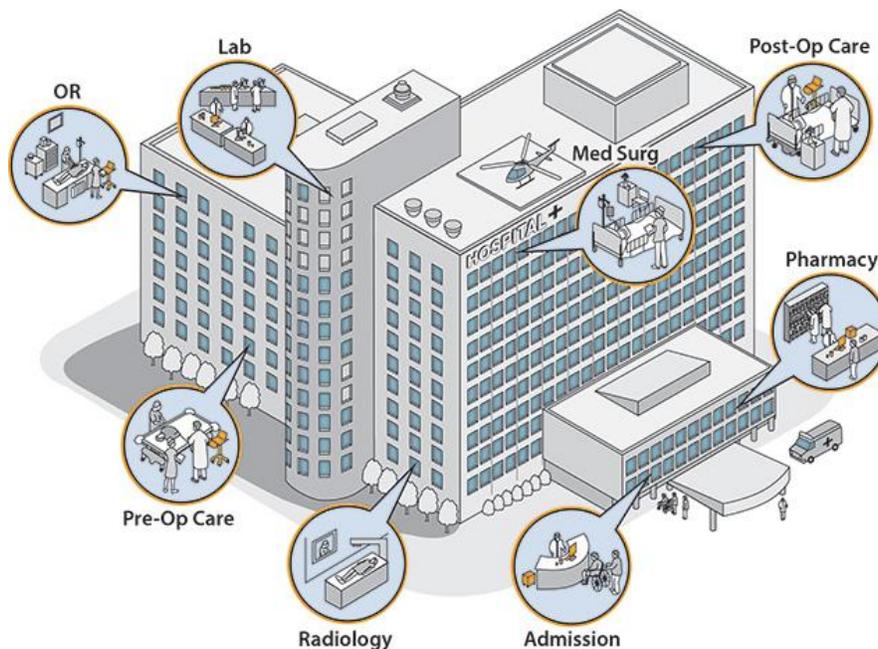


Figure 34 - Intégration de la technologie Connexall dans un établissement hospitalier

La solution Connexall est composée de quatre grands volets :

- OR Connex : Volet spécialisé pour optimiser la flux de travail au bloc opératoire;
- ED Connex : Volet spécialisé pour le travail de l'Urgence;
- IC Connex : Volet spécialisé pour les soins intensifs;
- MED Connex : Volet spécialisé pour les unités médicales et chirurgicales.

Les bénéfices attendus d'une solution comme celle de Connexall sont entre autre la communication intégrée, la productivité, la collaboration et la satisfaction des patients et du personnel clinique. Au sujet de la communication intégrée, la solution Connexall agit en tant que pierre angulaire du flux de travail d'un établissement de santé en facilitant l'échange critique d'informations médicales entraînant une action où et quand cela est nécessaire au lieu d'intervention. Elle s'implémente aux côtés des technologies déjà présentes dans un hôpital et donc nul besoin de remplacer ces dernières en intégralité. Au sujet de la productivité des patients, le fait que Connexall permet la connexion entre plusieurs départements, la solution élimine le transfert en silo d'informations. Au sujet de la productivité, la collaboration dans l'hôpital permise avec l'implantation de Connexall se base sur une compréhension approfondie et une surveillance constante d'indicateurs de performances clés (KPI : Key Performance Indicators) selon chaque département et pour l'ensemble de l'hôpital; ils sont spécifiques à chaque volet.

La solution Connexall [40] utilise le protocole de sortie de l'appareil médical sans modifier ni le protocole ni le contenu du message durant le processus de notification. Le protocole utilisé est celui retrouvé le plus couramment en milieu hospitalier, soit le protocole HL7. Cela garantit donc une bonne compatibilité entre les différents dispositifs utilisés dans tout le processus et aussi la qualité et l'authenticité de l'information transmise.

Cette solution permet de transmettre des informations brèves et utiles sur un vaste éventail de dispositifs de communication fixe ou portable. Elle est compatible avec des dispositifs comme au tableau 7 :

**Tableau 7 - Différents dispositifs de communication utilisables avec la solution Connexall**

 <p><b>Blackberry</b></p>	 <p><b>Téléphone VoIP<sup>26</sup> avec affichage de tracés</b></p>
 <p><b>Badges de communication</b></p>	 <p><b>Téléphone VoIP avec texte</b></p>
 <p><b>Paget</b></p>	 <p><b>Panneaux d'affichage lumineux</b></p>

Les différents partenaires d'intégration de Connexall sont :



**Figure 35 - Différents partenaires d'intégration de Connexall**

<sup>26</sup> VoIP : Voix sur IP

## **Présentation du gestionnaire des événements IntelliSpace de Philips**

Le gestionnaire des événements IntelliSpace [44] de Philips, autrefois connu sous le nom d'Emergin, est reconnu comme pionnier dans la gestion des alarmes et la notification automatique d'événements. Il consolide les fonctions de flux de travail tout en fournissant des rapports opérationnels et des mesures de qualité afin que les différents paliers de direction puissent surveiller et évaluer les progrès, mesurer le rendement par rapport à leurs objectifs. Pour se faire, Philips aide les établissements de santé de toute taille à intégrer des technologies distinctes pour les soins infirmiers, les TI et le génie biomédical. De même, le personnel doit agir en consensus afin de réellement entrevoir de futures améliorations dans la communication et la collaboration entre les départements. Ainsi, la solution de Philips permet de :

- Offrir un environnement plus propice aux soins et plus calme;
- Améliorer l'attention portée aux alarmes des patients;
- Offrir un haut niveau de soins;
- Accroître la satisfaction des patients et du personnel.

En ce qui concerne l'interopérabilité du gestionnaire des événements IntelliSpace, cela fait plus d'une décennie que les fournisseurs de la solution travaillent avec les vendeurs afin d'intégrer avec succès, tester et valider la capacité d'intégration d'IntelliSpace. Au final, plus de 200 dispositifs d'entrée et de sortie sont interopérables avec la solution de Philips. D'ailleurs, cette solution est interopérable avec d'autres solutions de monitoring et informatiques de Philips comme le moniteur patient IntelliVue ou le centre eICU eCareManager. Leur système est certifié ISO 13485 et FDS 21 CFR 820 et Philips s'assure valider les tiers systèmes destinés à l'intégration selon ces mêmes normes. Ces catégories de systèmes qu'il est possible d'intégrer sont :

**Tableau 8 - Catégories de systèmes qu'il est possible d'intégrer avec le gestionnaire d'événements IntelliSpace**

<b>Systèmes des points de services</b>	<b>Systèmes d'informations</b>	<b>Systèmes administratifs</b>
Monitoring de patient Appel d'infirmière Pompes à perfusion Oxymétries de pouls	Saisie de commandes Dossier médical électronique Système d'information hospitalier Système d'information des laboratoires Banque de sang Gestion des lits Gestion du flux de patients Protection des jeunes enfants	Répertoire du personnel Répertoire des patients Service de localisation

**Tableau 9 - Catégories de systèmes qu'il est possible d'intégrer avec le gestionnaire d'événements IntelliSpace (Suite)**

<b>Système de communication</b>	<b>Systèmes du bâtiment</b>
Téléphones intelligents Téléphones sans fil Badges de communication vocale Téléavertisseurs internes Téléavertisseurs pour réseau étendu Téléphone portables Assistants numériques personnels Systèmes des autocommutateur téléphoniques privés Centre d'appels Bureau d'aide Email Panneaux d'affichage lumineux	Sécurité Alarme incendie Chauffage, Ventilation, Air conditionné Système d'automatisation du bâtiment

Pour ce qui est de la compatibilité, le gestionnaire des événements IntelliSpace peut recevoir des événements en utilisant les normes de l'industrie comme la HL7, et la conformité aux profils acceptés en consortium comme la gestion de la communication des alarmes de l'IHE. Également, IntelliSpace est capable d'acheminer des messages de sorties en utilisant des protocoles basés sur les recommandations de l'industrie comme les IETF RFC pour les protocoles de téléavertissement sur un réseau étendu et en utilisant la conformité de protocoles acceptés en consortium par l'industrie comme le protocole de transfert de communications sans fil WCTP.



**Figure 36 - Fonctionnement général du gestionnaire des événements IntelliSpace**

## **Discussion des deux systèmes de gestion des événements**

Les caractéristiques importantes de ces deux systèmes de gestion des événements sont l'intégration et l'interopérabilité. En effet, dans un projet comme celui de la gestion des alarmes pour le département de néonatalogie, ce sont deux concepts clés requis pour déployer les technologies pour améliorer la gestion des alarmes par le personnel médical. Le concept d'intégration vise à relier tous les appareils (médicaux, dispositifs de communication, etc.) de l'hôpital tandis que l'interopérabilité assure que les bons

messages vont être transmis (et interprétés adéquatement) entre les dispositifs d'entrée et de sortie intégrés au système de gestion des événements.

Au sujet de l'intégration, il est important que le gestionnaire des événements soit en mesure d'intégrer différentes technologies médicales. Ainsi, le CHU Sainte-Justine possède actuellement une flotte d'équipements médicaux de différents manufacturiers utilisant majoritairement des algorithmes et formats de données propriétaires. Toutefois, l'utilisation de standards reconnus, tel HL7, permet de standardiser la façon dont les équipements médicaux s'identifient et transmettent des messages d'alertes. De plus, les équipements médicaux actuels sont sujets à des mises à jour logicielles tout au long de leur cycle de vie où la préservation de l'intégration aux autres systèmes doit être maintenue. Les enjeux d'intégration (à un système de gestion des événements) sont également à considérer lors du remplacement prévu des moniteurs physiologiques.

Bien que des systèmes puissent être intégrés, il est important qu'ils soient également interopérables, c'est-à-dire que les messages (HL7) transmis et reçus soient interprétés adéquatement dans un contexte clinique. L'organisme Integrating the Healthcare Environment (IHE) s'intéresse d'ailleurs aux enjeux d'interopérabilité pour différentes situations cliniques, dont la gestion des alarmes (Alarm Communication Management) en proposant différents profils de communication d'informations d'alarmes. En fait, le *Patient Care Device Alarm Communication Management* peut servir à la communication d'informations associées aux alarmes d'un appareil de soin à un système de gestion d'alarmes capable de communiquer avec d'autres appareils servant à notifier le personnel clinique cible. Ainsi, les profils d'intégration IHE [41] définissent comment les différents acteurs (équipements médicaux, système de gestion des événements, dispositifs mobiles, etc.) doivent communiquer entre eux pour solutionner le problème clinique.

L'intégration et l'interopérabilité sont donc d'une importance capitale dans le choix d'un système de gestion des événements ou d'autres équipements requis pour gérer adéquatement les alertes médicales. L'ingénieur doit donc prendre soins de bien spécifier

ces aspects en plus des autres besoins pour les utilisateurs lorsque vient le temps de rédiger le devis technique

Enfin, il importe de mentionner que la clé dans la configuration d'un système de gestion des événements est de bien définir préalablement le processus à paramétrer pour cascader les alertes au sein d'une équipe. À cet égard, une révision en bonne et due forme des processus est fortement recommandée. La définition du processus est une activité complexe compte tenu de la multidisciplinarité des intervenants et qui peut nécessiter un effort significatif. De plus, d'après ce qu'on écrit M. Hoglund et M. Elms en 2011 [34], des critères clés à considérer lors de l'évaluation d'un système de gestion des événements sont :

- La profondeur et l'ampleur de la bibliothèque des connexions disponibles du fournisseur comme par exemple l'éventail des équipements actuellement employé dans un établissement;
- Le rythme auquel les nouvelles versions évolues, c'est-à-dire à quelle fréquence est-ce que de nouvelles version sont offertes; cela peut être important puisqu'au moment d'acheter le SGE, si le fournisseur est sur le point de sortir une nouvelle technologie, il pourrait être possible de soit attendre la nouvelle version ou bien négocier un prix pour l'installation de la nouvelle version (dépendamment de son ampleur);
- L'évolution des développements futurs puisque de nouveaux dispositifs et de protocoles sont introduits sur le marché des soins de santé;
- La grand expérience du fournisseur afin qu'il soit en mesure de guider l'acheteur dans les bonnes pratiques à employer.

Il peut également être intéressant de vérifier que le fournisseur adopte un processus de gestion des risques comme décrits dans les normes IEC 80001 ou ISO 14971<sup>27</sup>. [39]

---

<sup>27</sup> IEC 80001 : Application du management du risque aux réseaux des technologies de l'information contenant les dispositifs médicaux -- Partie 1: Rôles, responsabilités et activités.  
ISO 14971 : Dispositifs médicaux -- Application de la gestion des risques aux dispositifs médicaux

## ***Technologie pour les ventilateurs***

[32, 33]

En ce qui concerne les ventilateurs, la compagnie Hamilton Medical a développé une solution de ventilation entièrement en boucle fermée appelée INTELLiVENT-ASV (Adaptative Support Ventilation). Elle offre la possibilité d'ajuster l'oxygénation et la ventilation de manière automatique. Cette solution peut également servir de guide lorsque des décisions complexes doivent être prises. Elle applique automatiquement des stratégies globales de protection des poumons, réduit le risque d'erreurs de manipulation, s'adapte continuellement à la condition du patient et réagit en cas de changement soudain. Les capacités d'automatisation, la ventilation et l'oxygénation du patient sont contrôlées par le réglage automatique de la ventilation minute, le PEEP (pression expiratoire positive) et la FiO<sub>2</sub>. Ensuite, un ensemble d'algorithmes complexes travaillent ensemble pour permettre à l'INTELLiVENT-ASV de fermer la boucle de la ventilation mécanique, couvrant ainsi toutes les phases de la ventilation de l'intubation à l'extubation.

La solution INTELLiVENT-ASV est basée sur la technologie ASV. Il s'agit de la première étape menant à la première solution entièrement à boucle fermée qu'est l'INTELLiVENT-ASV. La solution ASV est une solution de ventilation unique aux ventilateurs de Hamilton Medical sur le marché depuis 1998. Le mode intelligent ASV garantit que le patient reçoit une ventilation réglée à la minute qu'il respire de manière spontanée ou qu'il soit ventilé mécaniquement, par l'intermédiaire d'un calcul dynamique des modes de respiration optimaux.

- Première étape : Évalue respiration après respiration la mécanique des poumons du patient.
  
- Deuxième étape : Optimise, respiration après respiration, la combinaison du volume d'air courant et de la fréquence respiratoire basée sur la mécanique du poumon.

- Troisième étape : Atteint le volume d'air courant et la fréquence respiratoire en ajustant automatiquement le taux obligatoire et la pression inspiratoire.

L'ASV aide également à prévenir les apnées, les tachypnées<sup>28</sup>, les ventilations avec des temps morts excessifs et les trop grandes respirations.

La thérapie de ventilation est principalement contrôlée par l'état du poumon, de la valeur  $\text{etCO}_2$ <sup>29</sup> et le taux de respiration spontanée. Respiration après respiration, l' $\text{etCO}_2$  et les efforts spontanés sont mesurés pour ajuster la ventilation minute. Ensuite, les algorithmes de l'INTELLiVENT-ASV déterminent le volume de  $\text{CO}_2$  et le taux de respiration courants en fonction de la physiologie du poumon. Durant la ventilation passive, l'INTELLiVENT-ASV maintient l' $\text{etCO}_2$  dans un intervalle approprié via une adaptation de la ventilation minute en programmant automatiquement le %MinVol. Chez les patients dits actifs, l'INTELLiVENT-ASV ajuste le %MinVol automatiquement pour maintenir le taux de respiration du patient dans un intervalle acceptable. Ainsi, l'INTELLiVENT-ASV détecte la condition du patient de manière automatique et passe du mode de ventilation passif au mode spontané. Il est ainsi possible pour l'INTELLiVENT-ASV de déterminer les paramètres de ventilation.

La thérapie d'oxygénation est principalement contrôlée par la condition du poumon et l'oxymétrie de pouls, tandis que la  $\text{FiO}_2$  et la PEEP sont ajustés automatiquement pour maintenir la  $\text{SpO}_2$  dans un intervalle acceptable. Pour augmenter la thérapie d'oxygénation, l'INTELLiVENT-ASV suit le protocole ARSDnet en plus d'une stabilité hémodynamique estimée HLI-index<sup>30</sup> pour titrer la PEEP en relation avec la concentration d'oxygène inspiratoire. Lorsque qu'il est question d'appliquer une thérapie qui diminue, les principes du protocole Open Lung sont employés puis la  $\text{FiO}_2$  est diminuée en premier alors que la PEEP n'est réduite que plus tard, maintenant ainsi le poumon ouvert.

---

<sup>28</sup> Respiration rapide.

<sup>29</sup>  $\text{etCO}_2$  : niveau de dioxyde de carbone libéré à la fin de l'expiration (end-tidal  $\text{CO}_2$ ).

<sup>30</sup> Heart-Lung index.

Le contrôle de la ventilation et de l'oxygénation se fait à partir de capteurs non invasifs pour l'oxymétrie de pouls et la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'air expiré pour l'etCO<sub>2</sub>. Ainsi, l'INTELLiVENT-ASV utilise des algorithmes qui lui sont propres pour analyser les signaux provenant de multiples capteurs d'oxymétrie de pouls en plus du flux principal du capnomètre<sup>31</sup> pour produire des valeurs filtrées sans artéfact de SpO<sub>2</sub> et etCO<sub>2</sub> respectivement. Ces valeurs sont suffisamment fiables pour ajuster l'oxygène et la PEEP et fournir une valeur d'etCO<sub>2</sub> assez proche de la PaCO<sub>2</sub><sup>32</sup>. Également, un indicateur de fiabilité pour le SpO<sub>2</sub> nouvellement développé fournit rapidement un statut visuel concernant la qualité du signal afin que l'utilisateur puisse vérifier que l'INTELLiVENT-ASV reçoit les meilleures données possibles.

Au final, le fait que les paramètres pour la ventilation et l'oxygénation s'adaptent automatiquement selon la SpO<sub>2</sub> et la concentration de CO<sub>2</sub> dans le sang mesurées en plus de s'adapter à la respiration du patient, cette solution en boucle fermée permet de réduire le nombre de fausses alarmes. Cela offre une approche intelligente pour la ventilation d'un patient puisqu'en tenant compte de plusieurs paramètres physiologiques, donc de la condition du patient, pour adapter automatiquement la ventilation et l'oxygénation du patient, cette technologie peut aider à prévenir les conditions possibles de mauvaise saturation du patient pouvant être détectée par le SpO<sub>2</sub> et non par une ventilation conventionnelle, occasionnant un délai dans le traitement de la mauvais condition physiologique. Il est intéressant de noter que l'application de l'INTELLiVENT-ASV peut être retrouvée sur les modèles de ventilateurs de la compagnie Hamilton Medical *Hamilton-S1* (standard), et *-G5* (en option), tous deux des ventilateurs pouvant être utilisés pour les patients de néonatalogie.

---

<sup>31</sup> Mesure la quantité de CO<sub>2</sub> dans un mélange gazeux respiratoire.

<sup>32</sup> Pression partielle de CO<sub>2</sub> dans le sang.

## **Recommandations**

Suite aux revues de littérature (grise et conjointes), aux observations et aux ateliers AMDEC, il est possible d'émettre des recommandations pour le comité de pilotage en charge de chapeauter le projet de gestion des alarmes en néonatalogie.

Les recommandations sont présentées selon qu'il soit envisageable de les appliquer à court terme ou bien qu'il soit plus réaliste sur un horizon à plus long terme.

### ***À court terme***

#### **Recommandation #1- Systématisation et pérennité de la formation**

Plusieurs sources d'information citées dans ce projet (rapports incidents et accidents, observations terrain, analyse de risque et défaillance et littérature) convergent vers l'importance de la formation du personnel clinique utilisant les équipements médicaux, non seulement en lien avec les alarmes, mais également sur l'utilisation générale de la technologie. À titre d'exemple, l'utilisation des capteurs appropriés (pédiatriques vs néonatalogie) peut influencer le nombre d'alarmes nuisibles (faux positifs) et ainsi contribuer au phénomène de désensibilisation. Les entrevues avec le personnel de la néonatalogie rapportent le peu de temps consacré à la formation des équipements médicaux lors de l'arrivée du nouveau personnel.

Plusieurs efforts ont été tentés au cours des dernières années mais se sont butés aux contraintes de disponibilité du personnel de la néonatalogie qui comporte régulièrement un taux d'occupation très élevé et un taux de roulement significatif du personnel. À cet égard, il nous apparaît judicieux de considérer la formation sur un horizon à long terme plutôt qu'un effort de redressement ponctuel dont l'impact risque de s'atténuer avec le temps.

La néonatalogie pourrait s'inspirer de la démarche adoptée par le comité d'analyse hors laboratoire qui exige une traçabilité des formations cliniques du personnel pour l'utilisation adéquate équipements médicaux, comme c'est le cas pour les glucomètres utilisés en néonatalogie. Bien que le comité d'analyse hors-laboratoire ait mis en place cette stratégie pour satisfaire la réglementation ISO pour ce secteur, il n'est demeure pas moins que les principes généraux s'avèrent pertinents à la néonatalogie en considérant les adaptations possibles pour favoriser son introduction.

Comme la majorité des alarmes proviennent des moniteurs physiologiques, une importance particulière doit être accordée à cette technologie. Ainsi, un scénario fortement suggéré consiste à désigner quelques 'super-utilisateurs' qui deviennent des références et des formateurs pour le personnel de la néonatalogie. Cette approche peut également optimiser les coûts de formation en réduisant l'apport externe et en considérant la formation des super-utilisateurs pour plusieurs technologies. Plusieurs acteurs peuvent contribuer à la formation des moniteurs physiologiques dont le génie biomédical et le fournisseur des équipements de monitoring.

Un audit du niveau de formation actuel serait sans doute un bon point de départ. Par ailleurs, une fréquence appropriée des formations de mise à niveau devrait être appliquée pour toutes les technologies du département afin de soutenir le niveau d'expertise d'utilisation des équipements dans le temps.

## **Recommandation #2- Documentation : accès et uniformisation**

Suite aux formations initiales et aux formations de mise à niveau pour les appareils médicaux, nous recommandons fortement de rendre disponible le matériel de formation. À cet égard, plusieurs moyens sont envisageables :

- Disponibilité de cartables facilement accessibles, utilisables et interprétables par le personnel infirmier ou médical contenant des points précis sur l'utilisation de

fonctions importantes de l'appareil médical, plus spécifiquement dans le cas des alarmes.

- Introduction de fiches plastifiées dans chacune des chambres de l'unité avec de courts résumés sur l'utilisation des fonctions principales de l'appareil médical.
- Mise en place d'un portail électronique contenant le matériel de formation. Cette approche a d'ailleurs été privilégiée pour le projet des pompes volumétriques. Le portail contient plusieurs types de contenu : capsules audio-visuelles, aide-mémoires, etc.

The screenshot shows an intranet portal with a navigation menu at the top: Accueil, L'organisation, Vie au travail / RH, Communications, Formulaires et applications, Références. The main content area is titled 'Pompes et pousse-seringues' and includes sections for 'En grande pompe!', 'Pharmacie', and 'Formation'. The 'En grande pompe!' section contains a notice about the conversion of pumps on November 9, 2011. The 'Pharmacie' section lists available content, including 'Dans l'intranet de la Pharmacie'. The 'Formation' section lists training materials such as 'Formation des utilisateurs (version juillet 2012)', 'Infusomat SPACE - Pompe à perfusion IS64', and 'Perfusor SPACE - Pompe pousse-seringue IS52'. There are also video capsules listed, including 'Manipulations pratiques des appareils', 'Utilisation des boutons', and 'Installation d'une tubulure, purge de la tubulure et démarrage d'un soluté'. Images of medical pumps are shown on the right side of the page.

Figure 37 – Exemple de portail intranet avec différents types de contenu

Un autre élément observé au cours du projet concerne les compréhensions et perceptions différentes entre le personnel de la néonatalogie concernant les processus en vigueur en lien avec la gestion des alarmes. Ainsi, nous recommandons **d'établir des lignes directrices afin d'assurer une compréhension commune de l'équipe de néonatalogie pour une prise en charge efficiente des alarmes**. Cela devrait aider à réduire le pourcentage de limites ou paramétrages erronés (53%) et suivre l'une des recommandations soulevées par les résultats de la distribution des événements en lien

avec les alarmes des moniteurs cardio-respiratoires relevée par la gestion des risques<sup>33</sup>(Annexe 8). De bons exemples de protocoles seraient :

- Un protocole écrit traitant des étapes à suivre par le personnel infirmier pour répondre à une alarme, pour guider le personnel dans le processus de réponse aux alarmes à distance. Le protocole doit permettre de s'assurer que le personnel reconnaît l'alarme, que l'alarme soit envoyée à la personne cible et qu'elle soit répondue dans un délai raisonnable. Ce protocole est pertinent peu importe le processus et la technologie utilisée mais deviendra incontournable lors de l'introduction de technologies à valeur ajoutée telle un système de gestion des alertes.
- Un protocole détaillant comment effectuer le paramétrage optimal des alarmes des appareils médicaux pour lesquels cela est possible. Garder à l'idée la possibilité de paramétrer selon la condition du patient (paramétrage personnalisable).Cela peut être fait suite à la formation de mise à niveau sur certains des appareils médicaux. Il serait question du paramétrage par défaut de l'appareil médical : quelles sont les alarmes actives et qu'elles sont leurs limites/seuils, mais aussi des protocoles pour guider le personnel lorsque les paramètres par défauts doivent être modifiés.
- Des politiques pour le contrôle de la mise sous silence des alarmes, la modification des alarmes et la désactivation des alarmes. Ces politiques peuvent décrire ce qu'il est possible de faire et ce qu'il ne faut pas faire.

Un protocole comme celui traitant de la réponse aux alarmes doit absolument attribuer des responsabilités au membre du personnel responsable de répondre et reconnaître l'alarme émise par l'appareil médical, au membre du personnel responsable

---

<sup>33</sup> Documentations fournies par la gestion des risques intitulés *Distribution des événements en lien avec les alarmes des moniteurs cardio-respiratoires (Néonatalogie – 2009-2012)* et *Distribution des recommandations en lien avec les alarmes des moniteurs cardio-respiratoires*.

de transférer l'alarme et ses informations<sup>34</sup> à un autre membre du personnel en mesure de répondre à l'alarme. Il est important que ces protocoles tiennent compte de la situation actuelle et de la situation future avec l'arrivée prochaine de technologies de communication comme le système de gestion des événements, en gardant la possibilité d'y faire des amendements. La grande utilité des protocoles est de servir de référence pour le travail du personnel clinique, pour standardiser les pratiques sur toute l'unité.

### **Recommandation #3- Réduction des alarmes (nuisibles) à la source**

Le présent projet a permis d'identifier un nombre relativement élevé d'alarmes nuisibles telles des faux positifs ou des alarmes qui se résorbent sans intervention du personnel après un certain laps de temps. Il nous apparaît donc opportun de recommander de réduire à la source le nombre d'alarmes nuisibles avant même d'introduire des technologies complémentaires. Plusieurs points méritent d'être explorés :

- En lien avec la formation, le personnel de l'unité de néonatalogie doit tirer le maximum de la technologie disponible; plusieurs aspects ont été soulevés dans la veille technologique telles l'utilisation des alarmes intelligentes et la configuration des délais d'alertes.
- Le paramétrage optimal de l'appareil médical en fonction de l'épisode de soins est une autre piste de solution à explorer. Plutôt que d'utiliser des paramètres fixes, il pourrait être pertinent (dans certains cas) de modifier le réglage des paramètres en considérant l'historique de monitoring du patient. Plusieurs fabricants offrent des outils pour assister le personnel, mais il n'en demeure pas moins que du temps doit être consacré par le personnel clinique.
- Actuellement, les réglages peuvent être modifiés uniquement sous recommandations/approbations des néonatalogistes. Il pourrait être

---

<sup>34</sup> Voir plus loin avec la recommandation traitant des systèmes de gestion des événements avec l'exemple de scénario de cascade d'alarmes.

intéressant de revoir les rôles et responsabilités à l'égard du paramétrage des équipements médicaux en balisant la marge de manœuvre.

- Un autre élément qui a été soulevé concerne les enjeux de communication au niveau des prescriptions médicales venant affecter le paramétrage des équipements. Un complément au protocole de paramétrage et pouvant tout aussi bien y être intégré serait de documenter le paramétrage des alarmes directement dans le dossier médical du patient, comme proposé par Mme Cvach, et ainsi améliorer le respect des réglages des alarmes et assurer un suivi des changements dans le paramétrages de l'appareil médical.

Enfin, la mise en place d'une liste de catégorisation des alarmes permettrait également de réduire le nombre d'alarmes nuisibles en filtrant les alarmes afin que seules les alarmes de haute priorité soient envoyées au membre du personnel infirmier/médical cible [21]. Cependant, le personnel infirmier ne sera pas averti des alarmes de moyenne et basse priorité, pouvant ainsi mettre le patient en danger. Avec une liste claires des alarmes catégorisées, il serait plus facile de voir comment programmer l'envoi des alarmes vers le personnel clinique, faire le choix desquelles envoyer, après combien d'alarmes envoyer une alarme basse par exemple, etc. De plus, avec des appareils médicaux comme des moniteurs physiologiques munis de meilleurs algorithmes, il devrait y avoir possiblement moins de fausses alarmes et donc moins de risque d'envoyer des alarmes nuisibles au personnel.

## ***À long terme***

### **Recommandation #5- Portail d'échange dynamique**

Le portail sur l'intranet de l'hôpital évoqué précédemment pour rendre le matériel de formation accessible pourrait être étendu à un concept dynamique où le personnel soignant puisse y poser des questions sur les équipements, consulter un babillard où pourraient être répertoriés des problèmes récurrents avec des solutions pour y remédier

lorsque possible, etc. Il y aurait alors partage d'informations sur le portail ce qui pourrait être une très belle opportunité de rapprocher le milieu clinique et le milieu technique. Cela pourrait également permettre de sensibiliser les utilisateurs par rapport à l'utilisation de l'équipement médical. Un portail dédié à la néonatalogie pourrait faire l'objet d'un projet pilote qui, selon ses résultats, serait plus tard étendu à l'ensemble des unités de soins de l'hôpital. De plus, le département de néonatalogie a émis le vœu d'avoir un ingénieur dédié à la néonatalogie, qui devrait donc être spécialiste de l'ensemble du parc d'équipement pour l'unité. Cette proposition pourrait être une solution intéressante à long terme pour venir en aide au personnel de l'unité.

### ***Recommandations pour les futures technologies à adopter***

Pour ce qui est des technologies futures devant être acquises par le CHUSJ, plusieurs recommandations devraient être prises en considération.

#### **Recommandation #6- Porter une attention particulière lors des futurs achats d'équipements médicaux**

En ce qui concerne les moniteurs physiologiques, il est apparu clair dans la veille technologique que plusieurs grands fournisseurs ont mis à la disposition de leurs clients des solutions pour aider à la gestion des alarmes que ce soit par des algorithmes « maisons », des algorithmes de tierces compagnies comme Masimo et Nellcor ou bien des solutions intelligentes comme la surveillance des événements de Philips. Lorsque vient le temps de choisir une technologie, dans le cas du département de néonatalogie, il faut en premier vérifier si les spécifications d'une technologie, si ses solutions répondent aux besoins du département. Dans le cas des algorithmes pour l'oxymétrie de pouls, l'utilisateur fait face à plusieurs solutions différentes qui ont chacune leurs spécificités. L'expertise de l'ingénieur biomédical est alors sollicitée pour aider les utilisateurs à faire un choix approprié. Plusieurs raisons peuvent expliquer le choix d'un algorithme par rapport à un autre comme son niveau de sensibilité puisque la réduction dans le nombre de fausses alarmes s'accompagne par une perte de sensibilité dans la lecture du signal.

Ainsi, il va être important de comparer la spécificité et le taux de réduction de fausses alarmes des algorithmes tout en considérant la diminution de la sensibilité. Plus de recherche à ce sujet devront être menées. Cependant, il est fort probable qu'avec le taux de fausses alarmes plus bas, la désensibilisation du personnel infirmier aux alarmes soit aussi diminuée/réduite, entraînant ainsi une sensibilité accrue du système de « surveillance du patient et du personnel infirmier » [6]. Il n'est pas possible pour l'instant de déterminer quel est l'algorithme qui est le plus efficace puisque plusieurs facteurs humains entrent aussi en jeu dans l'utilisation d'une technologie médicale. Il peut s'agir de savoir si l'utilisateur fait un usage optimal de la technologie est un point majeur à considérer dans l'évaluation de l'efficacité de la solution choisie à réduire le nombre de fausses alarmes et de la facilité que le personnel infirmier a à reconnaître les différentes alarmes et à les utiliser.

D'ailleurs, comme il a été souligné dans la revue de littérature, une infirmière peut ne reconnaître qu'un maximum de six alarmes différentes et en distinguer entre cinq et sept, sans oublier qu'une nouvelle technologie est synonyme d'un réapprentissage complet des alarmes au niveau visuel et auditif. Cela pourra être vérifié lors de l'évaluation de la technologie médicale choisie. Toutes les solutions proposées apparaissent à première vue légitimes. Néanmoins, suite à la veille technologie concernant les moniteurs physiologiques de Philips, la surveillance des événements offre une solution unique en plus du simple algorithme intelligent pour l'oxymétrie de pouls qui pourrait permettre de prendre plus d'un paramètre en considération comme par exemple, l'utilisation de l'Oxy-CRG.

Quant à l'utilisation de délais, ils sont intégrés dans les algorithmes ou il existe déjà des délais par défaut pour les alarmes. Certains peuvent être modifiés, mais tout délai choisi étant différent de ceux utilisés par le fournisseur doit faire l'objet d'un consensus entre le personnel clinique et l'administration du département. Les délais devraient aider à diminuer le nombre de fausses alarmes et pourrait surtout jouer sur les déplacements inutiles de l'infirmière, lorsqu'elle se voit obligée de délaissier une activité pour répondre à une alarme qui au final s'est arrêtée d'elle-même rapidement.

Pour ce qui est du système de gestion des événements, les deux solutions présentées sont d'excellentes solutions qui d'ailleurs se séparent la grande majorité des parts de marché. La discussion des deux systèmes illustre bien les considérations à prendre lorsque viendra le temps de choisir quel système de gestion des événements adopter pour le CHUSJ. Il faut également rappeler que demeure la possibilité que le système de gestion des événements soit acheté par l'équipe de *Grandir en santé* et donc ne concerne pas que le département de néonatalogie, mais bien l'ensemble de l'hôpital. Il faut tout de même que la solution choisie par cette équipe puisse répondre aux exigences du département. Pour appuyer la compréhension des besoins médicaux à intégrer à un système de gestion des événements, le génie biomédical a proposé un scénario de réponse à paramétrer dans un SGE (Annexe 6). Cet exemple dépeint un scénario possible de cascades d'alarmes sur l'unité de néonatalogie et décrit les différentes étapes. La cascade d'alarme permet à l'infirmière de recevoir les informations à propos de ses patients mais également les informations concernant les alarmes urgentes assignées à d'autres infirmières directement sur un dispositif sans fil. Étant donné que les protocoles écrits de réponse aux alarmes vont devoir tenir compte de l'intégration d'un gestionnaire des événements dans un avenir prochain, le scénario présenté à l'annexe 6 peut très bien servir de modèle de départ. Il serait intéressant que le département de néonatalogie travaille de concert avec le génie biomédical dans l'écriture de ces protocoles. Ainsi, le département peut consulter au besoin le GBM pour être certain de bien comprendre le fonctionnement du SGE par exemple. Cette recommandation est tout aussi pertinente pour les autres protocoles mentionnant à un moment où à un autre une technologie médicale.

En ce qui concerne les ventilateurs, certains ont plus de dix ans donc s'intéresser à ce qui se fait de nouveau sur le marché et qui pourrait contribuer à réduire le nombre de fausses alarmes provenant des ventilateurs pour éventuellement se servir de certaines spécifications pour l'écriture d'un devis technique. De plus, la proposition provenant de l'article d'ECRI sur l'utilisation d'interfaces entre le moniteur et le ventilateur pourrait

aider à diminuer le nombre de points de contacts<sup>35</sup> utilisés lors de la programmation du SGE.

### **Recommandation #7- Budget/temps de formation**

Plusieurs tentatives ont été mises de l'avant par le passé pour améliorer l'utilisation des technologies par la mise en œuvre de formation. Il est donc recommandé d'explorer les différentes avenues pour libérer le personnel clinique pour la formation ou l'intégrer à la pratique clinique. Bien que les solutions précises soient difficiles à proposer à cette étape-ci, l'exercice de balisage auprès des autres hôpitaux pourrait apporter de nouvelles pistes de solution.

---

<sup>35</sup> Un point de contact est une source générant des alarmes, il est surtout question d'appareils médicaux. Voir l'annexe 7 pour les points de contacts.

## Difficultés rencontrées et les acquis

Le projet sur lequel j'ai eu la chance de travailler dans le cadre de ma maîtrise en génie clinique a réellement été un projet exigeant, mais tout aussi enrichissant au niveau professionnel et personnel.

Au niveau des difficultés rencontrées, la première concerne la personne en charge du projet. L'idée de ce projet ayant été mise de l'avant par le GBM, il était facile de penser que ce département allait être en charge du projet, mais cela n'a pas été le cas. Cela a pris quelques réunions avant que l'équipe amenée à travailler sur le projet comprenne qu'il s'insère dans le plus grand projet de transition du département de néonatalogie dans le BUS, et donc l'entité en charge du projet était en fait le comité de pilotage avec comme leader du projet Louise Garand. Cet aspect compris, il était plus facile de trouver quel était sa place et de mieux définir le développement du projet et ses tâches connexes.

Une autre difficulté rencontrée a été lors des observations terrains. Au départ, il peut apparaître intimidant d'entrer dans une chambre de patient et se mettre dans un coin pour observer, principalement lorsque le personnel n'est pas au courant du pourquoi une personne inconnue semble venir observer leur travail. Ensuite, il suffit de leur expliquer le projet et il n'y a aucun problème. Le personnel est même plus enclin à discuter avec vous du phénomène sans même avoir à utiliser le prétexte de l'entrevue du personnel. L'atmosphère est alors plus détendue et propice au bon déroulement des observations. Il n'y a pas vraiment eu d'autres difficultés rencontrées pour le reste du projet.

En ce qui concerne les acquis, au niveau plus pédagogique, découvrir l'AMDEC et toute son utilité a été un plus. Je crois qu'il est important pour un ingénieur clinique de connaître le plus d'outils possibles pouvant s'appliquer à tout projet de cette envergure et qu'il soit guidé et communiqué par un personne experte dans la matière. Il est ainsi possible de mieux assimiler la nouvelle matière. Il aurait été préférable par contre que les personnes appelées à participer aux ateliers aient pu être présentes à chacun de ces

derniers, afin que tout le groupe puisse bénéficier des idées des autres et favoriser les réflexions et l'échange. Cependant, la réalité d'un milieu hospitalier fait qu'il est souvent difficile de libérer certains acteurs ou de trouver une plage horaire pouvant convenir au plus grand nombre de personnes possible.

Depuis le début de mes études il m'a été dit qu'un ingénieur biomédical est un ingénieur avec des notions multidisciplinaires et amené à travailler avec des gens de tous les milieux. Ces dires ne me sont apparus plus vrais qu'avec ce projet. Le côté multidisciplinaire représente certainement une plus value pour un projet de cette nature au niveau de la transmission du savoir, mais aussi de la dynamique de l'équipe de projet. Il est clair qu'il faut faire intervenir le plus d'acteurs de milieux différents et touchés par le projet, cependant arriver à réunir une équipe de personnes motivées et désireuses de mener le projet à de bons résultats n'est pas toujours simple et c'est un aspect que j'ai beaucoup apprécié en travaillant sur ce projet. J'ai eu l'opportunité de travailler avec des gens de plusieurs milieux différents et non seulement les utilisateurs des futurs technologies et j'ai pu faire l'usage de quelques notions apprises au baccalauréat et à la maîtrise. Par exemple, travailler avec l'UETMIS m'a permis de mettre en pratique et de voir plus en détail leur démarche unique pour la revue de la littérature, méthode vue durant le cours d'Évaluation des technologies de la santé (ASA6732) ou bien utiliser mes notions du cours de Réseaux informatiques (INF3405) pour mieux comprendre les articles portant sur les systèmes sans fil et les systèmes de gestion des événements. J'ai également eu la chance de mettre en pratique mes apprentissages du cours de Gestion d'équipes dans un environnement technologique, qui m'a permis de mieux prendre ma place et me comporter dans une équipe de cette taille et de travailler en harmonie avec l'équipe et mieux faire face aux différentes personnalités rencontrées. J'ai également pu mieux constater qu'il est important que les différents services d'un hôpital se parlent et arrêtent de travailler en silos, c'est un aspect qui devrait être travaillé au jour le jour et continuellement.

Il m'est également apparu avec ce projet qu'il est toujours bien prendre le temps de prendre en considération les facteurs humains ainsi que les facteurs technologiques comme deux entités inséparables, principalement dans l'adoption de nouvelles

technologies. Une technologie destinée au milieu de la santé peut avoir les meilleures caractéristiques possibles, mais si elles viennent nuire au travail du personnel médical, elle ne servira en rien la cause qu'elle est supposée aider. Voilà pourquoi l'ingénieur biomédical travaillant en milieu clinique doit tenir compte du côté humain et non seulement se fier à son expertise technique pour assurer la bonne implantation d'une technologie médicale.

Cet aspect humain touche beaucoup à la formation du personnel. Avec ce projet, il apparaît clair qu'une simple formation initiale à l'implantation de la technologie ne suffit pas pour que l'utilisateur réussisse réellement à se l'approprier. Des formations subséquentes sont nécessaires. Également, un rapprochement entre le milieu clinique et le GBM est nécessaire afin d'améliorer le service offert aux utilisateurs, mais aussi de mieux les sensibiliser à une utilisation plus optimale des équipements pour aider à réduire la possibilité de bris dus à des erreurs de manipulation et d'utilisation. Il faut que la communication soit bidirectionnelle et que les deux parties soient ouvertes afin que les deux parties aient une bonne relation de travail. Ceci ne peut qu'aider à améliorer les soins offerts à la clientèle du CHUSJ.

Un autre acquis avec ce projet est l'opportunité que j'ai eue de me pratiquer à vulgariser mes informations et de l'adapter en fonction de l'auditoire. Cela demande du travail parce que l'on veut diffuser le plus d'informations possibles. Cependant, il faut également apprendre à faire le tri de ce qui est pertinent de partager à l'oral et ce qui doit préférablement être transmis à l'écrit.

## Conclusion

Le projet de nature multidisciplinaire portant sur la gestion des alarmes, sujet mis de l'avant à répétition dans les palmarès des risques associés aux technologies médicales d'ECRI, mené pour le département de néonatalogie du CHUSJ est un projet en plein essor. L'objectif de ce projet était de principalement rechercher une ou des technologies permettant d'améliorer la prise en charge des alarmes à l'unité de néonatalogie par le personnel infirmier dans la situation présente et transférable après le déménagement du département dans le BUS. Pour y arriver, des revues de littérature exhaustives, des observations terrains ont aidé à trouver des pistes de recherche pour la veille technologique.

Au final, il est apparu important de porter une attention particulière aux algorithmes et autres solutions offerts par les fournisseurs des moniteurs physiologiques puisque ces derniers peuvent grandement contribuer à diminuer le nombre de fausses alarmes et donc du même coup alléger la charge de travail du personnel infirmier, améliorer l'environnement de travail (moins bruyant) et ainsi aider à rendre plus propice le développement neurologique de la clientèle de l'unité, les bébés prématurés. La flotte entière de moniteurs physiologiques devant être remplacée, les algorithmes devront nécessairement être examinés en plus d'autres spécifications répondant aux besoins des utilisateurs.

Implanter une technologie de communication comme un système de gestion des événements, est aussi une solution fort intéressante pour aider le personnel à mieux gérer les alarmes, principalement à distance, comme il sera amené à la faire après leur transition en chambres privées. Le SGE n'étant que technologie secondaire devant agir comme complément dans le processus de gestion des alarmes, il n'en demeure pas moins important d'améliorer le phénomène des alarmes directement à la source comme ce serait le cas des moniteurs physiologiques. D'autres technologies comme les ventilateurs offrent des solutions pratiques pour diminuer l'incidence de fausses alarmes. Cela peut laisser entrevoir la possibilité d'un rehaussement dans les prochaines années.

Pour terminer, il est intéressant de rappeler les trois points proposés par l'ACCE voulant aider tout établissement de santé à mettre en place une gestion efficace des alarmes et ce peu importe l'unité de soins :

- 1) La configuration de l'équipement qui promeut une utilisation adéquate de ses fonctions (ex : facile à installer, des indicateurs visuels flagrants lorsqu'une alarme se déclenche);
- 2) Le personnel clinique prend activement part dans l'apprentissage sur comment utiliser l'équipement en toute sécurité avec sa gamme complète de fonctionnalités;
- 3) Les hôpitaux reconnaissent la complexité de la gestion des alarmes et consacrer les ressources nécessaires pour développer des systèmes de gestion efficaces.

Un projet d'envergure comme celui de la gestion des alarmes, en se basant sur les stratégies proposées par ECRI, permet de mettre de l'avant chacun de ces points. Ce projet peut même servir de prémices à d'autres projets de gestion des alarmes pour d'autres unités de soins.

## Références

1. AAMI. (2011). Vocabulary appendix. *2011 Summit Publication : Clinical Alarms* , p. 38.
2. Aboukhalil, A., Nielsen, L., Saeed, M., Mark, R. G., & Clifford, G. D. (2008). Reducing False Alarm Rates for Critical Arrhythmias Using the Arterial Blood Pressure Waveform. *J Biomed Inform* , 41 (3), 442-451.
3. Ahlborn, V., Bohnhorst, B., Peter, C., & Poets, C. (2000). False alarms in very low birthweight infants : comparison between three intensive care monitoring systems. *Acta Paediatrica* , 89 (5), pp. 571-576.
4. Bitan, Y., Meyer, J., Shinar, D., & Zmora, E. (2004). Nurses' reactions to alarms in a neonatal intensive care unit. *Cognition, Technology & Work* , 6 (4), pp. 239-246.
5. Blum, J. M., Kruger, G. H., Sanders, K. L., Gutierrez, J., & Rosenberg, A. L. (2009). Specificity improvement for network distributed physiologic alarms based on a simple deterministic reactive intelligent agent in the critical care environment. *Journal of Clinical Monitoring and Computing* , 23, 21-30.
6. Borowski, M., Görges, M., Fried, R., Such, O., Wrede, C., & Imhoff, M. (2011). Medical device alarms. *Biomedizinische Technik. Biomedical engineering* , 56, pp. 73-83.
7. Borowski, M., Siebig, S., Wrede, C., & Imhoff, M. (2011). Reducing False Alarms of Intensive Care Online-Monitoring Systems: An Evaluation of Two Signal Extraction Algorithms. *Computational and Mathematical Methods in Medicine* , 2011, pp. 1-11.
8. CHU Sainte-Justine. (n.d.). *Grandir en santé*. Consulté le Décembre 3, 2012, sur CHU Sainte-Justine: [http://www.chu-sainte-justine.org/Apropos/page.aspx?ID\\_Menu=5321&ID\\_Page=5321&raccourci=modernisation](http://www.chu-sainte-justine.org/Apropos/page.aspx?ID_Menu=5321&ID_Page=5321&raccourci=modernisation)
9. CHU Sainte-Justine. (n.d.). *Ligne du temps, Archives Interactives*. Consulté le Décembre 9, 2012, sur CHU Sainte-Justine: [http://www.chu-sainte-justine.org/Apropos/timeline.aspx?id\\_page=2033&id\\_menu=2837](http://www.chu-sainte-justine.org/Apropos/timeline.aspx?id_page=2033&id_menu=2837)
10. CHU Sainte-Justine. (2012, Avril 15). *Modernisation du CHU Sainte-Justine: SNC-Lavalin Construction inc. réalisera les nouveaux bâtiments*. Consulté le Décembre 9, 2012, sur CHU Sainte-Justine: [http://www.chu-sainte-justine.org/Apropos/nouvelle.aspx?ID\\_NOUVELLES=53255](http://www.chu-sainte-justine.org/Apropos/nouvelle.aspx?ID_NOUVELLES=53255)

11. CHU Sainte-Justine. (n.d.). *Néonatalogie*. Consulté le Décembre 11, 2012, sur CHU Sainte-Justine: <http://www.chu-sainte-justine.org/cliniques/UA.aspx?item=73700>
12. CHU Sainte-Justine. (n.d.). *Nos Missions*. Consulté le Décembre 9, 2012, sur CHU Sainte-Justine: [http://www.chu-sainte-justine.org/Apropos/page.aspx?ID\\_Menu=617&ID\\_Page=4700&ItemID=1a](http://www.chu-sainte-justine.org/Apropos/page.aspx?ID_Menu=617&ID_Page=4700&ItemID=1a)
13. Clark, T., David, Y., Baretich, M., Bauld, T., Dickey, D., Gieras, I. A., et al. (2006). Impact Of Clinical Alarms On Patient Safety. *ACCE Healthcare Technology Foundation* , 1-20.
14. Connexall. (n.d.). *IC Connex A better way to work*. Consulté en Mai 2013, sur Connexall: [http://www.connexall.com/media/42592/ic-connexall\\_sequentialfinal10-8-12\\_lr.pdf](http://www.connexall.com/media/42592/ic-connexall_sequentialfinal10-8-12_lr.pdf)
15. Connexall Inc. (n.d.). Consulté en Mai 2013, sur Connexall: [www.connexall.com/solutions/](http://www.connexall.com/solutions/)
16. Cvach, M. (2012, Jul-Aug). Monitor Alarm Fatigue An Integrative Review. *Biomedical Instrumentation & Technology* , 46 (4), pp. 268-277.
17. Dräger. (2004, July). ACE Algorithm.
18. Dräger Medical. (2012). Infinity MCable-Masimo rainbow SET.
19. Dräger Medical. (2004, July). OxiSure Pulse Oximetry Algorithm.
20. Dyell, D. (2011). Beyond Sound: Using Systems Integration to Advance Alarm Functionality. *Biomedical instrumentation & technology/ Association for the Advancement of Medical Instrumentation* , Suppl, pp. 72-75.
21. ECRI Institute. (2004, January). Alarm-Enhancement Systems for Ventilators. *Health Devices* , 33 (1), pp. 5-23.
22. ECRI Institute. (2011). *Strategies to improve monitor alarm safety*. Consulté le Septembre 24, 2012, sur ECRI Institute: [https://www.ecri.org/Documents/Monitor%20Alarm%20Safety\\_Poster%20Presentation.pdf](https://www.ecri.org/Documents/Monitor%20Alarm%20Safety_Poster%20Presentation.pdf)
23. ECRI Institute. (2012, Nov). Top 10 health technology hazards for 2013: key patient safety risks, and how to keep them in check [guidance article]. *Health Devices* , 41 (11), pp. 342-65.

24. ECRI Institute. (2010, Nov). Top 10 technology hazards for 2011: a guide for prioritizing your patient safety initiatives [guidance article]. *Health Devices* , 38 (11), pp. 404-16.
25. ECRI Institute. (2011, Nov). Top 10 technology hazards for 2012: the risks that should be at the top of your prevention list [guidance article]. *Health Devices* , 40 (11), pp. 358-73.
26. ECRI Institute. (2009, Nov). Top 10 technology hazards: high-priority risks and what to do about them [guidance article]. *Health Devices* , 38 (11), pp. 364-73.
27. ECRI Institute. (2008, Dec). Ventilator “vent inop” alarms may not be communicated via ancillary notification systems [hazard report]. *Health Devices* , 37 (12), pp. 377-379.
28. Freudenthal, A., Stuijvenberg, M. v., & Goudoever, J. v. (2012). A quiet NICU for improved infants' health, development and well-being: a systems approach to reducing noise and auditory alarms. *Cognition, Technology & Work* , 1-17.
29. General Electric Company. (2010). IntelliRate Technology for Patient Monitoring.
30. General Electric Company. (2004, July 20). Solar 8000M Patient Monitor Operator's Manual 2000701-107 Revision C.
31. General Electric Company. (2008). The GE Ek-Pro Arrhythmia Detection Algorithm for Patient Monitoring.
32. Hamilton Medical AG. (2012). *Adaptive Support Ventilation (ASV) Brochure*. Consulté en Mai 2013, sur Hamilton Medical: <http://www.hamilton-medical.com/technologies/adaptive-support-ventilation-asv.html>
33. Hamilton Medical AG. (2012). *IntelliVent ASV Fully closed-loop ventilation solution*. Consulté en Mai 2013, sur Hamilton Medical: <http://www.hamilton-medical.com/technologies/intellivent-asv.html>
34. Hoglund, D., & Elms, J. (2011). The Use of Mobile Devices To Improve Alarm Systems. *Biomedical Instrumentation & Technology/Association for the Advancement of Medical Instrumentation* , 45, pp. 381-384.
35. Imhoff, M., Kuhls, S., Gather, U., & Fried, R. (2009). Smart alarms from medical devices in the OR and ICU. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology* , 23, pp. 39-50.

36. Masimo Corporation. (2008). *Signal Extraction Technology*. Consulté le Mai 18, 2013, sur Masimo:  
<http://www.masimo.com/pdf/whitepaper/LAB1035R.PDF>
37. Miles, M. S. (1989). Parents of critically ill premature infants: Sources of stress. *Critical Care Nursing* , 69-74.
38. Milette, I. (2010). Decreasing Noise Level in Our NICU. *Advances in Neonatal Care* , 10 (6), pp. 343-351.
39. Moorman, B. A., & Gee, T. (2011). Functional Basics of Third-Party Alarm Notification Systems. *Biomedical instrumentation & technology/ Association for the Advancement of Medical Instrumentation* , *Suppl*, 76-82.
40. Odreman, H., & Roy, P. (2007). Patient Monitoring - New Horizons WorldConnex Summit 2007 (Powerpoint Presentation).
41. Patillo, M. (2011, July 1). *IHE Patient Care Device Technical Framework Supplement Alarm Communication Management (ACM)*. Consulté en Mai 2013, sur IHE:  
[http://www.ihe.net/Technical\\_Framework/upload/IHE\\_PCD\\_Suppl\\_Alarm\\_Communication\\_Management\\_ACM\\_TI\\_Rev1-2\\_2011-07-01.pdf](http://www.ihe.net/Technical_Framework/upload/IHE_PCD_Suppl_Alarm_Communication_Management_ACM_TI_Rev1-2_2011-07-01.pdf)
42. Philips. (2010). Configuration Guide IntelliVue Patient Monitor MX800 MP2/5/20/30/40/50/60/70/80/90 MP5T/MP5SC/X2 Cableless Measurements Rev. A.
43. Philips Healthcare. (2008). Arrhythmia Monitoring ST/AR Algorithm.
44. Philips. (n.d.). *IntelliSpace Event Management*. Consulté en Mai 2013, sur Philips Healthcare:  
[http://www.healthcare.philips.com/us\\_en/products/hi\\_pm/products/intellispace/event\\_management/index.wpd](http://www.healthcare.philips.com/us_en/products/hi_pm/products/intellispace/event_management/index.wpd)
45. Philips. (2010). Manuel d'utilisation Moniteur Patient IntelliVue MX800 Version H.0.
46. Philips. (n.d.). *Neonatal Event Review and Oxy-CRG*. Consulté en Mai 2013, sur Philips Healthcare:  
[http://www.healthcare.philips.com/us\\_en/products/patient\\_monitoring/products/neonatal\\_event\\_review/](http://www.healthcare.philips.com/us_en/products/patient_monitoring/products/neonatal_event_review/)
47. Spacelabs Medical Inc. (2007). Guide d'utilisation du moniteur Ultraview SL Rév H.

48. Talley, L. B., Hooper, J., Jacobs, B., Guzzetta, C., McCarter, R., Sill, A., et al. (2011, Spring). Cardiopulmonary Monitors and Clinically Significant Events in Critically Ill Children. *Horizons* , 46 (2011), pp. 38-45.
49. Zhang, Y., Silvers, C., & AG, R. (2007). Real-time evaluation of patient monitoring algorithms for critical care at the bedside. *Conference proceedings : ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference* , 2007, pp. 2783-2786.

## **Annexes**

### ***Annexe 1 : Exemple de liste de mots-clés utilisés pour la revue de littérature***

#### **Stratégie de recherche 10 octobre**

NICU alarms, clinical alarms, physiological alarms, scheduling strategic behavior, NICU warnings, health monitoring, real-time monitoring, communication, Alarm management, alarm prioritization, scheduling methods, Scheduling strategic behavior

Neonatal monitoring, health monitoring, Patient-monitoring alarms, Alarm notification, notification systems, reactive actions, on-floor notification, remote monitoring, alarm priority, medical device alarm , relaying alarm signal, evaluation alarm urgency, , alarm operator, response to alarm, auditory alarm, visual alarm, neonatal private room, neonatal semi-private room

Alarm fatigue, clinical insignificant alarm, Alarm occurrence, false alarm, false positive alarm, omission, distraction, inattention, disabling alarm system, caregivers desensitization, nuisance alarm, flow of activity, workload

Patient safety, central alarm management, monitor watchers, smart alarm, risk management, accident prevention, acuity, alarm signals, alarm condition, alarm condition delays, alarm signal generation delays, high-priority alarm signals/low priority alarm signals, alarm desensitization, alarm notification system

Medline, Embase, CINHALL, EBM reviews, Google Scholar, PsychInfo

Période : 2002-2012  
Tout devis  
Français/Anglais



### Annexe 3 : Grille d'observations

#### Grille d'observation pour la gestion des alarmes en néonatalogie

Nom de l'observateur : \_\_\_\_\_

Département (ex : Soins Intensifs, 4e6) : \_\_\_\_\_

Plage horaire d'observation/Quart de travail : \_\_\_\_\_

Date :

Numéro de chambre : \_\_\_\_\_

Type de chambre( simple, double, triple) : \_\_\_\_\_

Numéro lit observé : \_\_\_\_\_

Alarmes		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<b>Situation</b>	Idéale																														
	Pause																														
	Dîner																														
	Ratio inf./patient																														
<b>Type d'alarme</b>	Sonore (S)																														
	Visuelle (V)																														
	S & V (S/V)																														
<b>Appareil</b>	Moniteur																														
	Incubateur																														
	Pompe volumétrique (B Braun)																														
	Pousse-seringue																														
	Ventilateur																														
<b>Actions entreprise par l'infirmière</b>	Regarde le bébé																														
	Arrêt temporaire de l'alarme																														
	Action sur le bébé																														
	Demande de l'aide																														
<b>Temps de réponse</b>	< 10s																														
	10s-20s																														
	20s-30s																														
	>30s																														
<b>Niveau de bruit de l'alarme</b>	Faible																														
	Moyen																														
	Élevé																														

**Notes/Commentaires :**

**Observations importantes :**

## Annexe 4 : Questionnaire d'évaluation du stress des parents relié au bruit

### QUESTIONNAIRE Évaluation du stress relié au bruit Unité de néonatalogie

Date : \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
jour / mois / année

Date d'admission en néonate : \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
jour / mois / année

Ce court questionnaire s'adresse aux parents dont les enfants sont hospitalisés à l'unité de néonatalogie. Nous voulons savoir comment l'environnement et plus particulièrement le bruit vous affecte. Nous aimerions que vous nous indiquiez **votre niveau de stress** relié à différentes situations lorsque vous êtes à l'unité de néonatalogie.

**Nous définissons le 'stress' comme étant une situation qui vous rend anxieux, tendu et/ou agressif.**

		Présence dans la chambre	
		Fréquence Heures / sem	Durée Heures / jour
Mère	<input type="checkbox"/>		
Père	<input type="checkbox"/>		

Cochez dans la case appropriée ce qui représente le mieux votre niveau de stress selon les différentes situations. Si une situation ne s'est pas produite, cochez NA (non applicable).

		Non applicable NA	Pas du tout stressant	Un peu stressant	Modérément stressant	Très stressant	Extrêmement stressant
1.	La présence de moniteurs et d'équipements médicaux.	<input type="checkbox"/>					
2.	La présence de bruit constant provenant des moniteurs et des équipements.	<input type="checkbox"/>					
3.	Le bruit soudain des alarmes reliées aux moniteurs et aux équipements.	<input type="checkbox"/>					
4.	La présence d'autres enfants malades dans la chambre.	<input type="checkbox"/>					
5.	Le nombre important de personnes travaillant à l'unité néonatale.	<input type="checkbox"/>					
6.	Le fait que mon bébé soit branché à un respirateur.	<input type="checkbox"/>					
7.	Le fait que mon bébé pleure longtemps.	<input type="checkbox"/>					
8.	Le fait que je ressens que le personnel soignant soit plus près de mon bébé que moi-même.	<input type="checkbox"/>					
9.	Le personnel soignant me donne des explications trop rapidement.	<input type="checkbox"/>					
10.	Le personnel soignant utilise des mots que je ne comprends pas.	<input type="checkbox"/>					

11.	Le personnel soignant me donne des informations contradictoires concernant la condition de mon bb.	<input type="checkbox"/>					
12.	J'ai de la difficulté à obtenir de l'information ou de l'aide lorsque je suis à l'unité néonatale.	<input type="checkbox"/>					

## **Annexe 5 : Questionnaire pour l'entrevue du personnel infirmier**

### **Entrevue du personnel en néonatalogie**

Nom de l'observateur : \_\_\_\_\_

Poste occupé : \_\_\_\_\_

Quart de travail (jour, soir, nuit) : \_\_\_\_\_

Département (ex : Soins Intensifs, 4e6) : \_\_\_\_\_

1. Depuis combien de temps travaillez-vous en néonatalogie?
2. Quelles sont les alarmes que vous reconnaissez plus facilement?
3. Quelles sont les étapes habituelles que vous effectuez pour répondre à une alarme?
4. Quelles sont les procédures que vous suivez lorsque vous avez besoin d'aide? (PAS LES CODES)
5. Savez-vous reconnaître les alarmes prioritaires? Si oui quelles sont-elles?
6. Quelle est votre impression globale du phénomène des alarmes?
7. Quelles sont les plus grandes difficultés rencontrées lors de la gestion des alarmes?
8. Quels sont selon vous les enjeux les plus importants pour une (poste du répondant) lors de la gestion des alarmes?
9. Avez-vous des suggestions sur des moyens d'améliorer la situation?

## Annexe 6 : Exemple de cascades d'événements avec un SGE (scénario type)



CHU Sainte-Justine  
Le centre hospitalier  
universitaire mère-enfant



### Scénario détaillé type pour le flux d'informations probable dans le cas de la gestion des alarmes en néonatalogie

1. Une alarme (visuelle et auditive) de désaturation de l'oxygène est générée par un équipement médical, un moniteur physiologique dans l'exemple illustré à la figure 2.
2. Un message HL7 est transmis par l'équipement médical vers le Système de Gestion des Événements (SGE). Le SGE décode le message HL7 et reconnaît le type d'alarme : c'est-à-dire sa priorité, de quel appareil elle provient, à quel patient/quelle chambre elle est associée, etc.
3. Les règles d'affaires programmées dans le SGE pour ce type d'alarme précis font en sorte que le SGE attend un certain délai avant de relayer l'alerte sur les dispositifs de communication compte tenu que l'expérience clinique prévoit une forte probabilité que l'alarme s'arrête d'elle-même sans intervention du personnel (changement de condition variable des prématurés).
4. Si cette alarme continue d'être active passé le délai, alors le SGE transmet les informations associées à l'alarme sur l'appareil mobile de l'infirmière en charge du patient programmé dans le SGE.
5. L'infirmière en charge du patient reçoit les informations associées à l'alarme sur son appareil mobile. Les touches rapides programmées sur son appareil mobile lui permettent d'informer le SGE de son intention, soit
  - a) qu'elle prend en charge l'alarme

Le SGE reçoit la réponse et donne à l'infirmière un certain délai pour répondre à l'alarme sur l'appareil médical ayant généré l'alerte.

- b) qu'elle est occupée et ne peut prendre en charge l'alarme

Le SGE reçoit la réponse et escalade l'alerte aux prochaines infirmières disponibles.

6. Si le SGE ne reçoit aucune réponse via le dispositif mobile de l'infirmière (après un certain délai), le SGE relaie l'alerte aux appareils mobiles des deux infirmières les plus proches du patient; ces infirmières sont sélectionnées par un applicatif lié au système de géolocalisation (technologie RFID/RTLS) qui alimente le SGE.

Les infirmières alors ont alors les mêmes possibilités qu'à l'étape #5, soit de prendre en charge ou non l'alarme. Le délai dépassé, le SGE escalade l'alarme sur l'appareil mobile de l'infirmière *chef d'équipe*.



7. Les informations de l'alarme arrivent directement à l'appareil mobile de l'infirmière *chef d'équipe* qui a alors les mêmes possibilités qu'à l'étape #5, soit de prendre en charge ou non l'alarme. Si l'infirmière *chef d'équipe* ne peut répondre à l'alarme, le SGE escalade l'alerte vers l'appareil mobile de l'*assistante infirmière chef (AIC)*.
8. Les informations associées à l'alarme sont reçues par l'appareil mobile de l'assistante infirmière chef. Étant donné tout le temps écoulé pour que les informations se soient rendues jusqu'à l'AIC, elle se doit de répondre à l'alarme le plus rapidement possible. Si après avoir reçue les informations l'AIC n'a toujours pas répondu à l'alarme, le SGE recommence le processus jusqu'à ce que l'alarme soit résolue.
9. Si à tout moment l'alarme est arrêtée au chevet du patient à **partir de l'équipement médical ayant généré l'alerte**, le SGE reçoit un message HL7 de l'appareil médical et annule tout le flux d'informations associé à cette alarme.



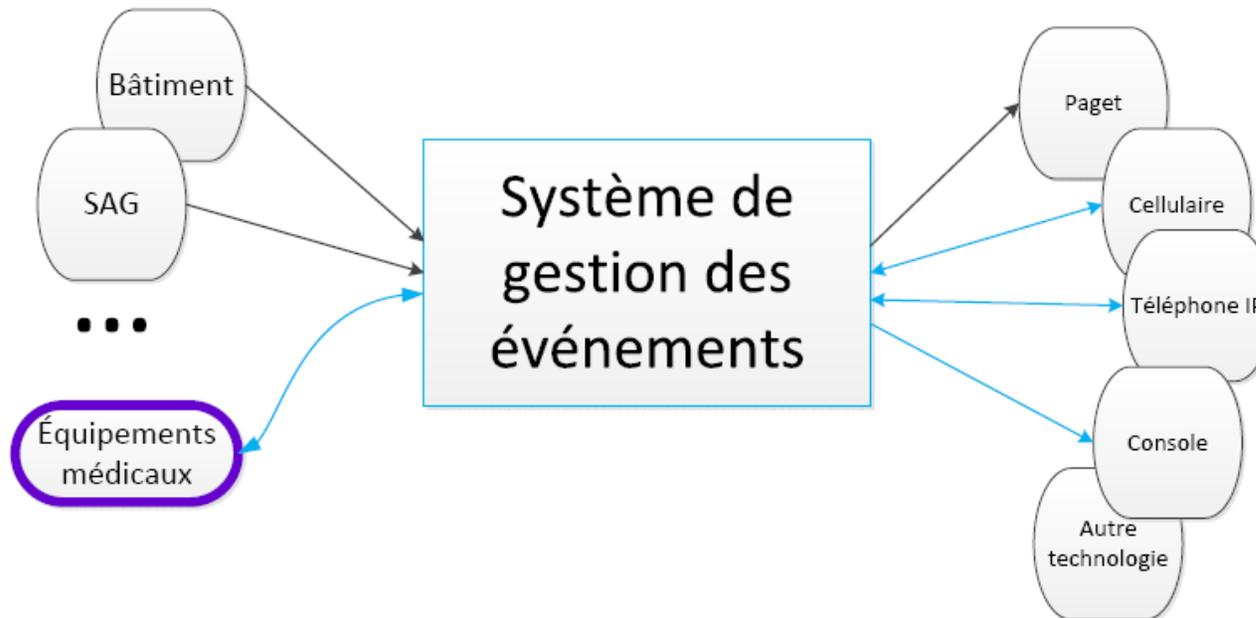
**CHU Sainte-Justine**  
Le centre hospitalier  
universitaire mère-enfant

Université  
de Montréal

Figure 1) Système de gestion des événements

**INPUT** *des alertes*

**OUTPUT**

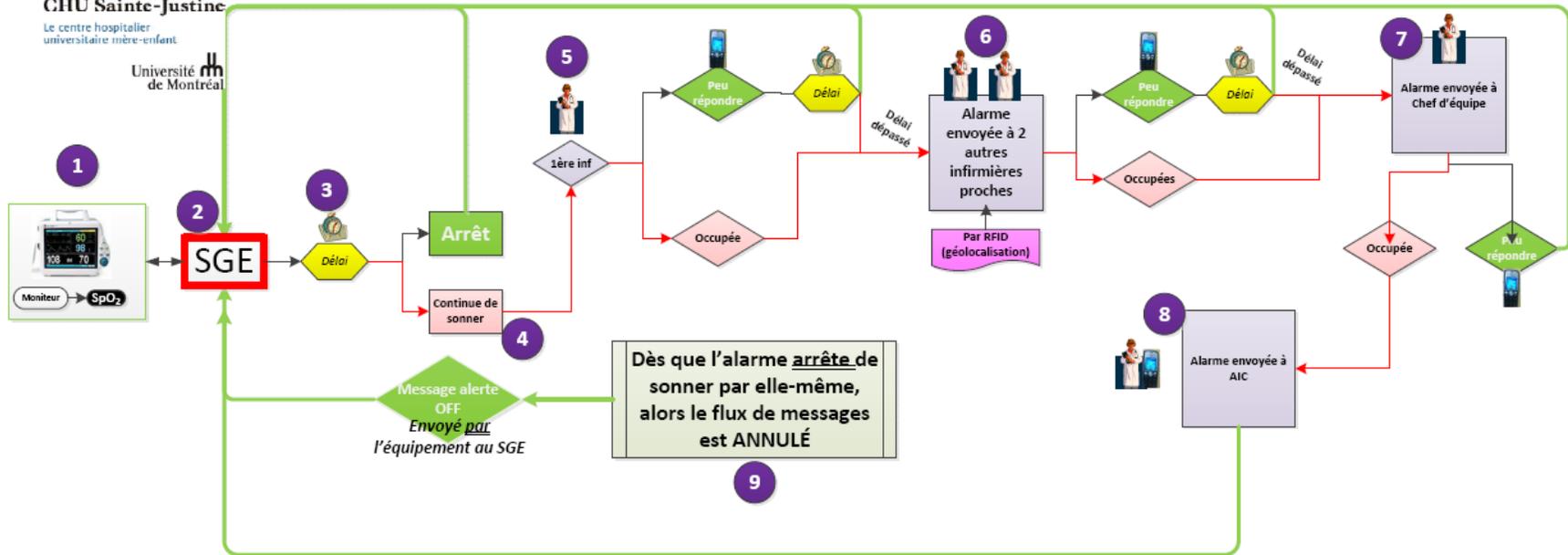




CHU Sainte-Justine  
Le centre hospitalier  
universitaire mère-enfant

Université  
de Montréal

Figure 2) Flux d'informations type pour un scénario probable lors de la gestion des alarmes



Autres possibilités de source de source de l'alarme



SGE : Système de Gestion des Événements

→ flèches rouges représentent tout ce qui est envoyé par le SGE

→ flèches vertes représentent tout ce qui est envoyé au SGE par un output

## Annexe 7 : Liste de points de contacts en néonatalogie

Liste des points de contact selon le pire scénario (1) et selon l'utilisation d'une solution d'entreprise permettant la connectivité des équipements (2) pour le BUS (en nombre de PDC)

Équipements	Scénario 1 (pire)	Scénario 1*	Scénario 2
Consoles centrales de monitoring	23	1	1
Moniteurs physiologiques	80	1	1
Moniteurs de pression non-invasive (PNI)	5	1	1
Moniteurs de rythme cardio-respiratoire	9	1	1
Moniteur de SpO2 transcutanée	36	2	1
Pompes à perfusion (pousse-seringue)	80	3	1
Ventilateurs	80	4	1
Incubateurs	55 PDC (mais impossible de relier en réseau ou à un autre intermédiaire)		
Total (PDC)	<b>233</b>	<b>12</b>	<b>6</b>
	<b>290</b>	<b>12</b>	<b>6</b>
			<b>Traffic (octets/h)</b>
			7854

pour 22 alarmes/h sur tout le département

### Légende

PDC : point(s) de contact

**Scénario 1\*** : scénario avec la possibilité de mettre en réseau les appareils d'un même fournisseur

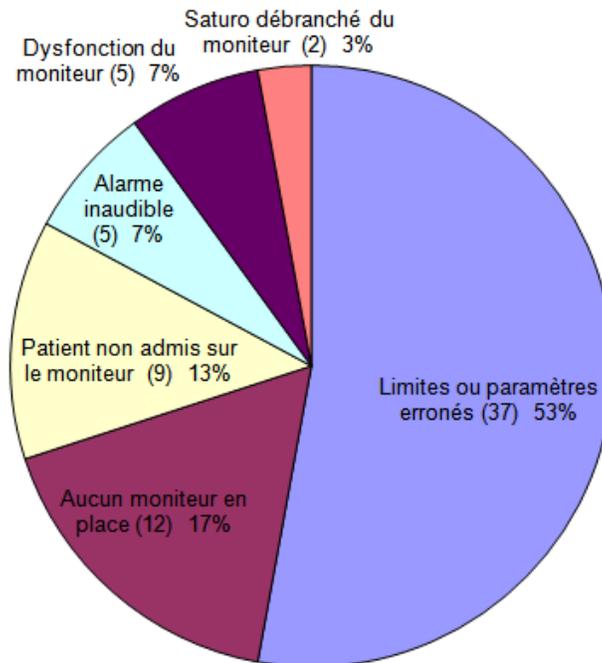
 Lorsque l'on choisit les consoles comme point de départ au lieu des moniteurs physiologiques

 Lorsque l'on choisit les moniteurs physiologiques comme point de départ au lieu des consoles

**NOTE:** Les PDC du scénario 1(pire) proviennent de l'inventaire de mars 2013

## Annexe 8 : Données de la gestion des risques

### Distribution des événements en lien avec les alarmes des moniteurs cardio-respiratoires (Néonatalogie - 2009-2012)



**Distribution des recommandations en lien avec les alarmes des moniteurs cardio-respiratoires**

