

Université de Montréal

Génération automatisée de rapports de signes vitaux

par Maxime Bélanger, ing. jr.

Institut de génie biomédical, département de pharmacologie et de physiologie
Faculté de médecine

Rapport de projet présenté en vue de l'obtention du grade de
Maîtrise en génie biomédical
option génie clinique

Mars 2018

© Maxime Bélanger, 2018

Résumé

Le présent document porte sur le développement d'un système permettant la production automatisée d'un rapport qui inclut les signes vitaux mesurés lors d'un examen de perfusion myocardique au service de médecine nucléaire de l'Institut de Cardiologie de Montréal. Ce projet répond à des besoins d'accès à l'information pour les cliniciens et de support à la productivité pour les technologues. Les données enregistrées pourront aussi être utilisées à des fins de recherche.

Les exigences du système désiré étaient la collecte automatique des données physiologiques produites par le système de monitoring Dräger et leur stockage dans une base de données. Enfin, le système devait gérer l'affichage de signaux sur une page web dont l'impression éliminerait le besoin de noter manuellement les mesures.

Le développement de cette solution sera présenté en trois phases. La première concerne la réception des messages HL7 contenant les signes vitaux et le stockage de cette information grâce à l'engin d'interface Mirth. La deuxième phase correspond au traitement des données brutes avec PHP. Finalement, il sera question de la programmation web qui permet l'impression d'une page qui substitue le document rempli manuellement auparavant ainsi que des éléments ajoutés pour enrichir ce dernier.

Finalement seront présentés les moyens utilisés pour valider la qualité de la solution ainsi que les ajouts envisagés à moyen terme.

En conclusion, une solution fonctionnelle a été réalisée et mise en production pour interfacier les signes vitaux des moniteurs Dräger afin de substituer la prise de note de cette information.

Mots clés : Moniteur physiologique, signes vitaux, interface, Mirth, interopérabilité, HL7, médecine nucléaire, SQL, HTML, PHP

Abstract

This report focuses on the development of a system for the automated production of a document that includes vital signs measured during rubidium-82 myocardial perfusion examinations at the Montreal Heart Institute nuclear medicine department. This project addresses the needs of information access for clinicians and productivity support for technologists. The recorded data may also be used for research purposes.

The requirements of the system were the automatic collection of physiological data produced by the Dräger monitoring system and its storage in a database. Moreover, the system had to manage the display of vital signs on a web page whose printing eliminates the need to manually record the measurements.

The development of this solution will be presented in three phases. The first is related to the reception of HL7 messages containing the vital signs and the storage of this information thanks to the Mirth software. The second phase is raw data processing with PHP. Finally, it will be about web programming to allow the printing of a document that replaces the form previously filled by hand.

This report will end with the means used to validate the solution as well as the additions planned shortly.

In conclusion, a functional solution was realized and put into production to collect the vital signs from the Dräger monitors in order to substitute the manual transcription of this information.

Key words: Physiological monitoring, Vital signs, Interface, Mirth, Interoperability, HL7, Nuclear Medicine, SQL, HTML, PHP

Table des matières

| | |
|---|------|
| Résumé..... | ii |
| Abstract..... | iii |
| Table des matières..... | iv |
| Liste des tableaux..... | vi |
| Liste des figures..... | vii |
| Liste des sigles et abréviations..... | viii |
| Remerciements..... | x |
| Introduction..... | 1 |
| 1 L’Institut de Cardiologie de Montréal - Présentation du milieu | 2 |
| 1.1 Institut de Cardiologie de Montréal | 2 |
| 1.2 Service de médecine nucléaire | 2 |
| 2 Définition du besoin | 3 |
| 2.1 Mandat | 4 |
| 3 Description de la situation actuelle | 4 |
| 3.1 Contexte légal | 4 |
| 3.2 Description du contexte clinique..... | 5 |
| 3.2.1 Perfusion myocardique au rubidium-82..... | 5 |
| 3.2.2 Activités des technologues | 8 |
| 3.3 Description des infrastructures en place | 9 |
| 3.3.1 Tomographie par émission de positrons combinée à la tomodensitométrie | 9 |
| 3.3.2 Monitoring Dräger..... | 11 |
| 3.3.3 Infrastructures informatiques existantes..... | 17 |
| 4 Développement d’une solution..... | 22 |
| 4.1 Réception des messages HL7..... | 22 |
| 4.1.1 Étude de la réception des messages..... | 22 |
| 4.1.2 Développement d’une solution de réception des messages | 23 |
| 4.1.3 Canal <i>Gateway-TCP IN</i> | 24 |
| 4.1.4 Canal <i>Atomic-CReader</i> | 24 |
| 4.2 Traitement des données brutes | 27 |
| 4.2.1 Identification de la requête d’examen liée aux signes vitaux..... | 27 |
| 4.2.2 Étiquetage des données | 29 |
| 4.2.3 Analyse des données | 29 |
| 4.2.4 Affichage des résultats | 30 |
| 4.2.5 Contenu additionnel | 32 |

| | | |
|-----|---|------|
| 5 | Validation | 35 |
| 5.1 | Comparaison avec formulaire | 35 |
| 5.2 | Suivi des irrégularités..... | 35 |
| 5.3 | Suivi des messages HL7 reçus | 36 |
| 6 | Développements envisagés..... | 38 |
| 6.1 | Intégration des données d'analyse ECG | 38 |
| 6.2 | Variation de la déviation des segments ST | 39 |
| | Conclusion | 41 |
| | Bibliographie..... | 42 |
| | Annexe A | xi |
| | Annexe B | xii |
| | Annexe C | xiii |
| | Annexe D | xiv |

Liste des tableaux

| | |
|--|------|
| Tableau 3-1 Structure des tables utilisées pour les signes vitaux | 19 |
| Tableau 4-1 Segments et champs extraits des messages HL7 | 26 |
| Tableau B-1 Liste des ID d'observation reçus en médecine nucléaire | xii |
| Tableau C-1 Codes utilisés pour les mesures de type ARR..... | xiii |

Liste des figures

| | |
|---|-----|
| Figure 3-1 Activités des technologues durant une procédure au rubidium-82 | 8 |
| Figure 3-2 TEP-TDM Biograph mCT Flow de l'ICM | 10 |
| Figure 3-3 Fusion d'images de perfusion myocardique au rubidium-82 TEP et TDM | 10 |
| Figure 3-4 Infrastructures de monitoring des signes vitaux en médecine nucléaire..... | 12 |
| Figure 3-5 Exportation des signes vitaux..... | 13 |
| Figure 3-6 Message HL7 de type ORU (signes vitaux)..... | 15 |
| Figure 3-7 Structure d'un canal Mirth..... | 20 |
| Figure 4-1 Algorithme de réception des messages HL7 | 23 |
| Figure 4-2 Exemple de requête SQL pour la table <i>draeger_hl7</i> | 27 |
| Figure 4-3 Exemple d'entête de rapport de signes vitaux | 32 |
| Figure 4-4 Exemple de section de signes vitaux..... | 32 |
| Figure 4-5 Exemples des section Injections, Arythmies et Statistiques | 33 |
| Figure 4-6 Graphiques du rapport de signes vitaux | 34 |
| Figure A-1 Page 4 du formulaire <i>Persantin</i> | xi |
| Figure D-1 Exemple de page de signes vitaux produite | xiv |

Liste des sigles et abréviations

| | |
|----------------------------|---|
| ^{18}F : | Fluor-18 |
| ^{18}F -FDG : | Fluorodésoxyglucose |
| ^{82}Rb : | Rubidium-82 |
| $^{99\text{m}}\text{Tc}$: | Technétium-99m |
| ADT : | Admission-Départ-Transfert |
| ECG : | Électrocardiogramme |
| HL7 : | <i>Health Level-7</i> |
| HTML : | <i>Hypertext Markup Language</i> |
| ICM : | Institut de Cardiologie de Montréal |
| IGS : | <i>Infinity Gateway Server</i> |
| MBq : | Mégabecquerels |
| OSI : | <i>Open System Interconnection</i> |
| PHP : | <i>Hypertext Preprocessor</i> |
| PNI : | Pression artérielle non-invasive |
| SQL : | <i>Structured Query Language</i> |
| TDM : | Tomodensitométrie |
| TEMP : | Tomographie par émission monophotonique |
| TEP : | Tomographie par émission de positrons |
| SIR : | Système d'information radiologique |

*À Jean-François et Jacques,
À la mémoire de Monique Blouin*

Remerciements

Je tiens à adresser mes plus sincères remerciements à l'équipe du Génie biomédical de l'Institut de Cardiologie de Montréal pour leur accueil chaleureux. Mon parcours universitaire a été l'occasion de réaliser plusieurs stages et projets à l'ICM où des défis stimulants m'ont été proposés en collaboration avec des professionnels expérimentés qui ont su me transmettre leur intérêt pour le génie clinique.

À Monsieur Kevin Ducharme et Monsieur Abdesselam Limami, merci de m'avoir fait confiance et d'avoir mis en place un environnement idéal pour me permettre d'apprendre et de me développer en tant que jeune ingénieur.

À Monsieur Sébastien Authier, merci d'avoir été aussi généreux dans le temps consacré à m'aider à réussir dans ce projet. La rigueur et le discernement dont vous faites preuve dans votre travail sont des qualités que je tenterai de développer dans ma carrière qui commence.

À Docteur François Harel, merci de m'avoir fait une place dans votre équipe. Votre passion, votre esprit scientifique et vos qualités altruistes et bienveillantes ont fait des mandats réalisés des expériences tant enrichissantes qu'agréables, marquantes et humblement grandissantes.

Introduction

Au début de l'année 2017, le service de médecine nucléaire de l'Institut de Cardiologie de Montréal (ICM) a commencé à employer le rubidium-82 comme radio-traceur, permettant ainsi d'utiliser la tomographie par émission de positrons pour certains examens de perfusion myocardique.

Cette procédure, laquelle nécessite une acquisition au repos et une autre sous l'effet d'un stimulant pharmacologique, requiert la surveillance des paramètres physiologiques du patient. Dans le contexte où les technologues réalisant cet examen doivent colliger de nombreuses données par écrit, le besoin d'automatiser la production d'un rapport substituant la prise en note manuscrite des signes vitaux a surgi.

Le présent rapport a pour objectif d'expliquer les activités qui ont permis d'accomplir le mandat découlant de ce besoin.

Il sera d'abord question du milieu dans lequel s'est déroulé le projet et du mandat qui devait être rempli. Ensuite, une description de la situation clinique et technique avant le début du projet sera faite. Cela mènera à élaborer sur les différents aspects du développement d'une solution en termes de réception des signes vitaux, de traitement des données et d'affichage par le biais de programmation web. Aussi, les moyens de validation visant au contrôle de la qualité du système conçu seront décrits. Finalement, les ajouts envisagés seront abordés.

1 L'Institut de Cardiologie de Montréal - Présentation du milieu

Le projet faisant l'objet de ce rapport s'est déroulé à l'Institut de Cardiologie de Montréal, même milieu où a été réalisé un stage dans les mois précédents.

1.1 Institut de Cardiologie de Montréal

Fondé en 1954 par Docteur Paul David¹, l'Institut de Cardiologie de Montréal est une organisation vouée aux soins cardiologiques de niveaux tertiaires et quaternaires. Ce centre affilié à l'Université de Montréal fait partie des sept établissements non fusionnés au sens de la « Loi modifiant l'organisation et la gouvernance du réseau de la santé et des services sociaux notamment par l'abolition des agences régionales » (Loi codifiée O-7.2, résultant du projet de loi 10). L'ICM n'a donc pas été intégré au sein d'un CIUSSS. Il a conservé son conseil d'administration et ses orientations stratégiques tels qu'ils étaient avant les fusions².

L'Institut est doté d'une mission à quatre volets qui touchent les soins, la recherche, la prévention et l'enseignement³. C'est avec une équipe de près de 2000 employés composée entre autre de 550 infirmières, 250 médecins, 80 chercheurs et de plusieurs employés au service du génie biomédical que l'organisation accompli cette mission⁴.

Au cours de la période 2016-2017, plus de 11 000 interventions chirurgicales, d'hémodynamie et d'électrophysiologie ont été pratiquées pour les patients de l'ICM⁴. Avec 8200 admissions et 12 550 séjours pour des « soins d'un jour », ces personnes avaient en moyenne 67 ans et venaient de l'extérieur de l'Île de Montréal à 63%⁵.

1.2 Service de médecine nucléaire

L'imagerie cardiovasculaire est la première des quatre orientations stratégiques qui ont pour but de maintenir l'ICM « à l'avant-garde comme centre d'excellence en cardiologie à l'international »⁵. Dans la foulée de ce positionnement organisationnel, le service de médecine nucléaire est aux premières lignes de l'innovation en imagerie grâce à une équipe dynamique et fortement axée sur l'amélioration des pratiques au rythme de l'avancement de cette science.

Avec l'implantation de plusieurs outils web permettant d'améliorer sa productivité, le service de médecine nucléaire est considéré comme un précurseur dans le projet d'« hôpital

numérique » récemment lancé à l'ICM. Ce dernier a pour objectif de concrétiser la vision d'un hôpital où la technologie et l'informatique sont utilisées de manière synergique afin d'offrir une expérience personnalisée aux patients considérés comme des partenaires⁶.

De 2014 à 2016, deux appareils de tomographie par émission de positrons (TEP) avec tomodensitomètre (TDM) ont été installés dans les locaux du service de médecine nucléaire. Avec deux appareils de tomographie par émission monophotonique (TEMP) avec tomodensitomètre déjà en service, le service de médecine nucléaire dispose dorénavant des ressources pour réaliser quotidiennement quelques dizaines d'examens cardiaques.

Trois médecins spécialisés en imagerie nucléaire cardiaque œuvrent à l'ICM et combinent des activités de recherche à leur pratique clinique. L'examen le plus fréquent est l'évaluation de la perfusion myocardique qui peut être fait en modalité TEP ou en TEMP. D'autres procédures comme la scintigraphie pulmonaire, la ventriculographie isotopique, la recherche d'infection, d'inflammation (ex : sarcoïdose) et l'évaluation de la viabilité myocardique sont aussi offertes.

2 Définition du besoin

En médecine nucléaire à l'ICM, le travail réalisé par les technologues durant un examen de perfusion myocardique au rubidium comporte de nombreuses étapes qui demandent rigueur et précision. Dans un contexte où chaque procédure doit être documentée, un formulaire papier doit être rempli par ces professionnels.

Une des pages de ce formulaire requiert l'inscription de signes vitaux à des moments spécifiques de la procédure. Une attention particulière doit être portée par les technologues sur leur calligraphie car un logiciel de reconnaissance de caractères est utilisé pour extraire l'information des formulaires. Par ailleurs, les heures auxquelles sont mesurés les signes vitaux et celles auxquelles sont administrés les différents produits au patient doivent être notées avec une bonne précision dans un souci de fiabilité.

En raison de ces exigences et du déroulement rapide de l'examen, un outil de support à la productivité devient essentiel.

2.1 Mandat

Afin de supporter les technologues dans leur travail, un système devait être mis en place pour informatiser la production de la page du formulaire portant sur les signes vitaux. La solution doit libérer les technologues de cette charge, leur permettant de se concentrer sur les soins directs aux patients. La solution ne doit pas impliquer une nouvelle charge d'entrée de données. Par le fait même, un impact sur la qualité et la quantité d'information rendue disponible aux médecins est attendu, les outillant davantage dans leurs activités diagnostiques.

La solution devait donc permettre de recueillir les données provenant des moniteurs physiologiques utilisés durant l'imagerie, de les stocker dans une base de données et enfin de permettre leur affichage sur une page intégrée à l'infrastructure web déjà en place en médecine nucléaire et accessible via le réseau local de l'ICM.

Le produit final de ce projet correspond donc à un système qui permet l'affichage et l'impression d'un document web pour chaque examen de perfusion myocardique qui comprend les signes vitaux et le moment auquel ils ont été mesurés.

Le rapport de signes vitaux web sera imprimé puis numérisé avec tous les documents produits dans le cadre de l'examen. Cette étape permet d'archiver le tout dans le système de gestion radiologique *Radimage*. Les données de la page imprimée ne nécessitent plus d'être extraites grâce au logiciel de reconnaissance de caractères comme c'est le cas pour les autres pages puisque les données imprimées sont déjà contenues dans la base de données *Atomic*.

3 Description de la situation actuelle

Cette section détaillera le contexte technique et organisationnel dans lequel s'inscrit le projet de rapport de signes vitaux automatisé pour la médecine nucléaire.

3.1 Contexte légal

Pour la protection du public, l'utilisation d'appareils médicaux est strictement encadrée par Santé Canada. Vu le volet informatique sous-jacent au projet suggéré, il s'avérait judicieux de revoir le *Règlement sur les instruments médicaux*⁷ afin de s'assurer que le développement d'une solution soit fait en accord avec les lois en vigueur.

De prime abord, ce document de loi laisse une certaine place à l'interprétation quant à la classification des logiciels en tant qu'instruments médicaux. Lorsque ceux-ci servent à contrôler un appareil, l'Annexe 1 est claire sur le fait qu'ils comportent la même classification que l'appareil en question. Cependant, dans le cas de l'interface à développer, il n'est pas question de contrôler les équipements d'imagerie nucléaire, ni les appareils de monitoring.

De plus amples recherches ont menées vers un document produit par Santé Canada pour dissiper les doutes à cet égard. Dans ce dernier, il est expliqué qu'un logiciel régi comme un instrument médical « constitue l'unique moyen et occasion de saisir ou d'acquérir les données d'un instrument médical soutenant directement le diagnostic ou le traitement d'un patient » ou « remplace le diagnostic ou la décision d'un médecin en ce qui concerne le traitement »⁸. Or dans le cas présent, la solution demandée dans le cadre du mandat ne correspond à aucune de ces situations.

Puisque le projet d'interface correspond à un moyen supplémentaire de consulter des données qui sont produites par un système déjà homologué par Santé Canada, le produit qui sera développé n'est pas un instrument médical au sens de la loi. Le travail à faire dans le cadre de ce projet n'est donc pas affecté par des préoccupations en lien avec la loi.

3.2 Description du contexte clinique

3.2.1 Perfusion myocardique au rubidium-82

Le développement de l'interface entre les appareils de monitoring Dräger et l'infrastructure informatique de l'ICM est lié à la pratique d'examen de la perfusion myocardique au rubidium-82, une procédure de médecine nucléaire effectuée à une quinzaine de reprises quotidiennement.

L'objectif de cet examen est de comparer l'apport sanguin au muscle cardiaque dans une condition au repos et à l'effort. La présence d'une sténose coronarienne limite l'augmentation du flux sanguin au niveau du territoire myocardique tributaire, contraignant ainsi la distribution du traceur à l'effort. Des anomalies d'un point de vue quantitatif (concentration de traceur) et qualitatif (uniformité de sa distribution) permettront au nucléiste de diagnostiquer une ischémie⁹ ou une séquelle de nécrose.

3.2.1.1 Rubidium-82

Le rubidium-82 est un isotope radioactif issu d'un générateur par la désintégration du strontium-82. Il a une demi-vie de 76 secondes¹⁰ ce qui le rend particulièrement intéressant pour la réalisation d'examens de médecine nucléaire qui demandent l'injection consécutive de deux doses de traceurs¹⁰. C'est le cas pour les examens de perfusion myocardique qui nécessitent une acquisition d'images alors que le patient est d'abord au repos, et une seconde sous stimulation pharmacologique. De surcroît, la courte demi-vie du rubidium-82 permet de réduire la dose de rayonnement reçue par le patient. Par exemple, l'activité moyenne de rubidium-82 prescrite à l'ICM pour chacune des deux injections d'un examen de perfusion myocardique est de 850 MBq. D'après la dosimétrie du rubidium-82 évaluée par Senthamizchelvan et al. en 2010, l'utilisation de cette quantité de radio-traceur expose le patient à une dose efficace de 2.1 millisieverts¹¹. À titre comparatif, l'examen équivalent au technétium-99m selon un protocole court (en moyenne 560 MBq repos + 1390 MBq effort) est associé à une dose de 13.9 mSv¹².

Notons que l'injecteur utilisé pour l'infusion du rubidium-82, le « Ruby Rubidium Elution System » de Jubilant DraxImage a reçu l'homologation de Santé Canada durant le développement de ce projet¹³. Auparavant, l'appareil était utilisé dans le cadre d'un projet de recherche qui visait à l'évaluation de son innocuité.

La tomographie par émission monophotonique avec technétium-99m est une autre technique pour réaliser les examens de perfusion myocardique. Cet isotope dont la demi-vie est de 6 heures²³ est extrait d'un générateur par la désintégration de molybdène-99. Avant l'introduction du rubidium à l'ICM en 2017, la perfusion myocardique était effectuée en modalité TEMP avec tétrofosmine marquée au technétium 99m (*Myoview*TM). Bien qu'une dose de ce produit soit moins dispendieuse¹⁰, le rubidium-82 permet un examen de meilleure qualité en raison de la résolution spatiale et de la correction de l'atténuation plus précise en TEP-TDM (voir section 3.3.1). Le rubidium-82 est un choix intéressant parce que, contrairement à la TEMP, il permet des mesures quantitatives absolues de la perfusion myocardique (mL/min/g)¹⁴. Il permet une plus grande confiance interprétative vu la grande densité de comptes associée et sa distribution uniforme¹⁴. Aussi, il s'avère avantageux d'un point de vue stratégique pour l'organisation¹⁰. En raison de sa courte demi-vie, il est possible

d'effectuer consécutivement l'acquisition au repos et à l'effort. Avec le rubidium, l'examen prend généralement moins d'une heure alors que le technétium nécessite plusieurs heures (protocole court) et idéalement deux jours (protocole standard). Cette rapidité peut être d'un grand intérêt à l'urgence, là où l'obtention d'un rapport d'imagerie peut être nécessaire à la prise de décision clinique ou au congédiement d'un patient.

3.2.1.2 Dipyridamole

Le dipyridamole est un médicament utilisé pour la plupart des examens de perfusion myocardique à l'ICM. Il s'agit d'un stimulant pharmacologique qui permet de simuler un effort. Son mécanisme d'action implique entre autre l'inhibition de l'enzyme adénosine désaminase qui sert dans le mécanisme d'élimination de l'adénosine au niveau des membranes des vaisseaux coronariens.¹⁵ L'accumulation d'adénosine qui en résulte induit la relaxation des muscles lisses des artères coronaires menant par le fait même à leur vasodilatation¹⁶. Le débit sanguin est localement augmenté dans les vaisseaux normaux. Cette augmentation est toutefois limitée dans le cas des artères sténosées puisque leur potentiel de dilatation est diminué. L'examen scintigraphique permet d'imager la distribution du radio-traceur dans le myocarde, laquelle est proportionnelle à l'apport sanguin. Ainsi, l'examen à l'effort mettra en évidence l'hypoperfusion des territoires ischémiques¹⁶.

D'une part, cette substance a pour avantage de simuler un effort sans pour autant nécessiter d'activité physique, permettant ainsi l'utilisation du rubidium-82 qui a une courte demi-vie et évitant le tapis roulant pour les patients chez qui c'est contrindiqué (par exemple : âge, problèmes musculo-squelettiques). D'autre part, comme le dipyridamole stimule indirectement le cœur grâce à la vasodilatation qui augmente le débit coronarien, il ne crée pas une augmentation de la demande en oxygène des myocytes¹⁶. Il s'agit d'un avantage par rapport à la dobutamine, laquelle est moins souvent utilisée à l'ICM et qui a un effet inotrope (force) et chronotrope (fréquence) direct sur la contraction cardiaque¹⁶. La présence d'une sténose coronarienne significative limite l'apport en oxygène au myocarde. L'utilisation de la dobutamine peut donc augmenter la demande en oxygène à un niveau qui dépasse la capacité du vaisseau sténosé, engendrant une ischémie réelle au myocarde associé. Des effets secondaires sont éprouvés par environ 50% des patients stimulés par dipyridamole et 75% de ceux stimulés par dobutamine¹⁷.

Pour renverser l'effet du dipyridamole, une dose d'aminophylline est administrée au patient à la fin de l'examen de perfusion myocardique. Une fois injectée, ce produit est converti en théophylline. Cette molécule inhibe l'effet de l'adénosine au niveau des muscles lisses en se liant compétitivement aux mêmes récepteurs¹⁸. C'est par ce mécanisme que l'aminophylline agit comme antidote au dipyridamole.

L'utilisation du dipyridamole est jugée sécuritaire et ses effets secondaires sont d'une ampleur et d'une durée rendant acceptable son emploi clinique¹⁹. Néanmoins, il a tout de même un impact sur les paramètres hémodynamiques qui doivent par conséquent être surveillés²⁰.

3.2.2 Activités des technologues

Les technologues sont ceux qui sont responsables de l'exécution des protocoles qui mènent à la production d'images de médecine nucléaire. Ce sont eux qui préparent et administrent les doses de substances radioactives, manipulent les appareils d'imagerie et qui questionnent et accompagnent le patient au cours de l'examen.

Afin de bien comprendre le déroulement et les actions qui sont posées par les technologues lors d'une procédure au rubidium-82, l'observation de leur travail a eu lieu à plusieurs reprises. De cette expérience a pu être produit le diagramme suivant qui illustre chronologiquement la liste des actions réalisées par les technologues du début à la fin de l'examen.

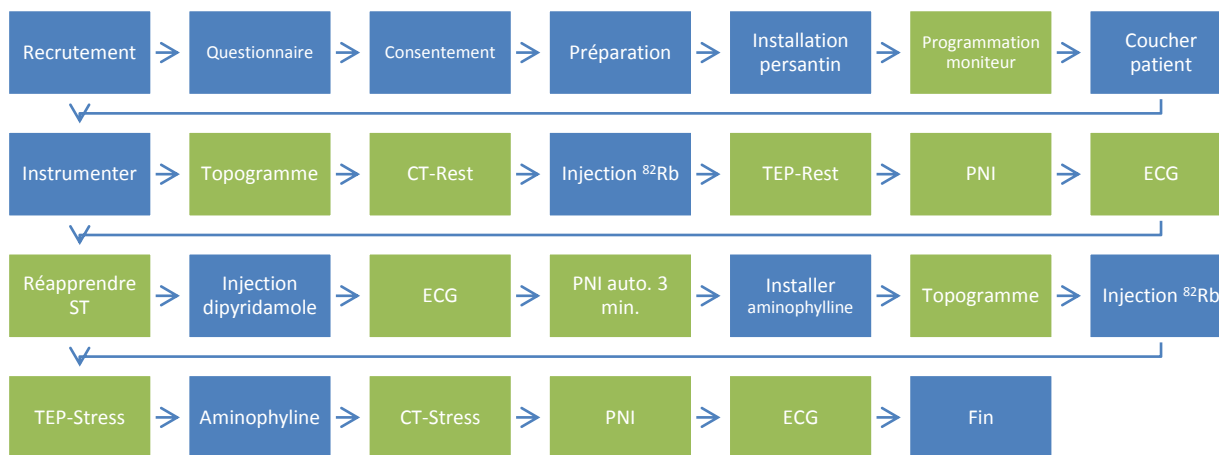


Figure 3-1 Activités des technologues durant une procédure au rubidium-82

Afin de les assister et de faciliter l'informatisation des données, un formulaire a été mis au point de sorte que les informations nécessaires puissent se retrouver sous une forme structurée facile à numériser et à être reconnue par un logiciel de reconnaissance de caractères.

3.2.2.1 Formulaire *Persantin*

En plus des activités présentées à la section précédente, les technologues doivent documenter le déroulement de l'examen. Le document qui doit être rempli par les technologues lors d'un examen de perfusion myocardique avec dipyridamole est appelé « Formulaire *Persantin* ». Il comprend cinq pages qui détaillent les indications cliniques de l'examen, l'historique médical du patient et le déroulement de la procédure. Sur chaque page, un espace est prévu pour apposer une étiquette autocollante qui comporte l'identification du patient et des informations sur l'examen.

La quatrième page de ce formulaire est celle dont l'élimination est visée dans le mandat de ce projet d'interface. Elle peut être consultée à l'Annexe A. Cette page très technique nécessite l'inscription des valeurs de tension artérielle non-invasive prises tout au long de l'examen, et certaines informations en regard de l'administration de divers médicaments et du traceur radioactif.

Le formulaire est conçu pour permettre la reconnaissance du contenu manuscrit par le logiciel ABBYY FlexiCapture. L'information extraite est stockée sur la base de données *Atomic*.

3.3 Description des infrastructures en place

3.3.1 Tomographie par émission de positrons combinée à la tomодensitométrie

Deux appareils de tomographie par émission de positrons *Biograph mCT Flow* de marque Siemens sont utilisés par le service de médecine nucléaire pour réaliser ses activités cliniques.

En bref, la tomographie par émission de positrons est une modalité d'imagerie basée sur la détection coïncidente de paires de rayons γ émis à la suite de l'annihilation d'un positron issu de la désintégration du radio-traceur administré au patient.

Les appareils de TEP de l'ICM sont couplés avec un tomodensitomètre, ce qui permet de faire la correction de l'atténuation du rayonnement qui doit traverser les structures du corps avant de se rendre aux cristaux de scintillation. Cette correction est essentielle pour assurer la production d'images de qualité. Elle permet de rehausser l'activité des structures profondes relativement à l'activité en superficie. De plus, c'est un moyen de palier à la distorsion pouvant être observée lorsqu'un foyer de captation est à l'interface de tissus denses comme les os ou peu denses comme les poumons²¹. L'acquisition TDM sert aussi à fournir des repères anatomiques lors de l'interprétation des images (voir Figure 3-3). Comme le patient n'a pas besoin de bouger entre l'acquisition TDM et l'acquisition TEP, la superposition des deux s'avère d'une précision généralement adéquate qui requiert une correction minimale de la part des technologues.



Figure 3-2 TEP-TDM Biograph mCT Flow de l'ICM



Figure 3-3 Fusion d'images de perfusion myocardique au rubidium-82 TEP et TDM
(A: TEP, B: TDM, C: TEP superposé à TDM)

Plusieurs traceurs émetteurs de positrons sont utilisés en médecine nucléaire. C'est entre autre l'affinité spécifique pour certains tissus qui justifie le choix d'un traceur pour un examen donné. Pour l'imagerie cardiaque par exemple, le ^{18}F -FDG est un radio-traceur parfois utilisé à l'ICM. Il s'agit d'une molécule analogue au glucose à laquelle un groupement hydroxyle est remplacé par un atome de fluor- ^{18}F ²², un isotope avec une demi-vie d'environ 110 minutes²³. Suite à son injection, ce produit se concentre dans les tissus qui possèdent un métabolisme du glucose plus élevé, permettant ainsi de mettre en évidence les infections, l'inflammation et la viabilité des cellules myocardiques. L'utilisation du ^{18}F -FDG en cardiologie est bien reconnue. Notons toutefois que ce traceur est principalement employé en oncologie²⁴.

Le rubidium-82 pour sa part est utilisé sous forme ionique, en solution de chlorure de rubidium²⁵. Il n'est pas lié à une plus grosse molécule comme le ^{18}F -FDG. Étant un analogue du potassium, le rubidium est extrait de la circulation sanguine vers les cardiomyocytes en empruntant les pompes Na^+/K^+ ATPases^{10, 26}.

3.3.2 Monitoring Dräger

Les examens de perfusion myocardique au rubidium comportent deux acquisitions dont l'une est au repos et l'autre sous stimulation pharmacologique. Durant cette deuxième étape, un suivi des signes vitaux est nécessaire²⁰. Afin d'uniformiser les équipements de monitoring de la médecine nucléaire avec ceux de l'ICM, il a été décidé de procéder à l'installation de quatre appareils de marque Dräger. Deux sont installés dans les salles d'imagerie TEP et deux autres dans les salles polyvalentes utilisées entre autre pour les examens de perfusion myocardique au technétium-99m.

Comme on peut l'observer sur la figure qui suit, les quatre appareils de signes vitaux (modèle M540) sont reliés à la console centrale qui permet de faire une analyse plus avancée des données reçues. Par exemple, avec les mesures électrophysiologiques, la console centrale peut produire un électrocardiogramme (ECG) avec douze dérivations.

D'autre part, les quatre moniteurs de signes vitaux communiquent aussi avec le serveur « Infinity Gateway » qui s'avère être une passerelle faisant l'intermédiaire entre le système de monitoring et d'autres systèmes informatiques comme celui d'Admission-Départ-Transfert

(ADT), un système administratif qui permet aux appareils d'obtenir l'information nominative des patients. Le volet du serveur « Infinity Gateway » qui nous intéresse davantage pour ce projet correspond au module d'exportation des données de signes vitaux.

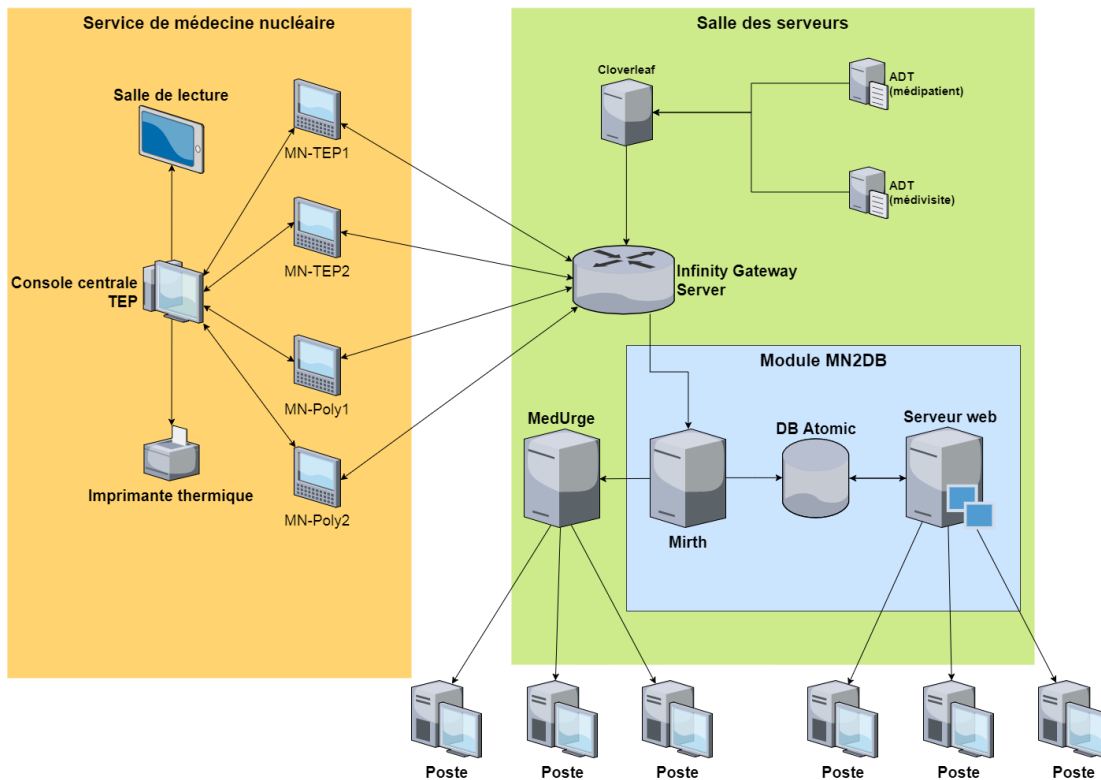


Figure 3-4 Infrastructures de monitoring des signes vitaux en médecine nucléaire

3.3.2.1 Exportation des données de signes vitaux par messages HL7

Le serveur « Infinity Gateway » ainsi que tous les moniteurs de l'ICM communiquent sur un réseau local virtuel qui est dédié à Dräger. Ces appareils échangent de l'information par des transmissions *multicast*.

Le serveur Gateway interagit aussi sur le réseau informatique de l'hôpital. C'est cette particularité qui permet l'exportation des signes vitaux vers une base de données. En effet, le serveur « Infinity Gateway » sonde périodiquement tous les moniteurs connectés de l'hôpital pour que ceux-ci envoient la dernière valeur mesurée de chaque paramètre monitoré depuis le début de la surveillance d'un patient (ex : SpO₂, FC, etc.). À la réception de ces données, le serveur « Infinity Gateway » prépare un message HL7 de type ORU pour chaque patient avec toutes ses mesures. Ces messages sont envoyés conformément au protocole TCP vers un

« socket » (adresse IP et port) spécifié par l'administrateur du serveur « Infinity Gateway ». Dans le présent projet, le « socket » programmé fait la connexion avec le serveur Mirth. Tel que prévu dans le standard HL7, un accusé de réception (ACK) est attendu par le « Infinity Gateway ». C'est l'application Mirth qui se charge de cet envoi. Le volet Mirth sera abordé en profondeur à la section 3.3.3.3.

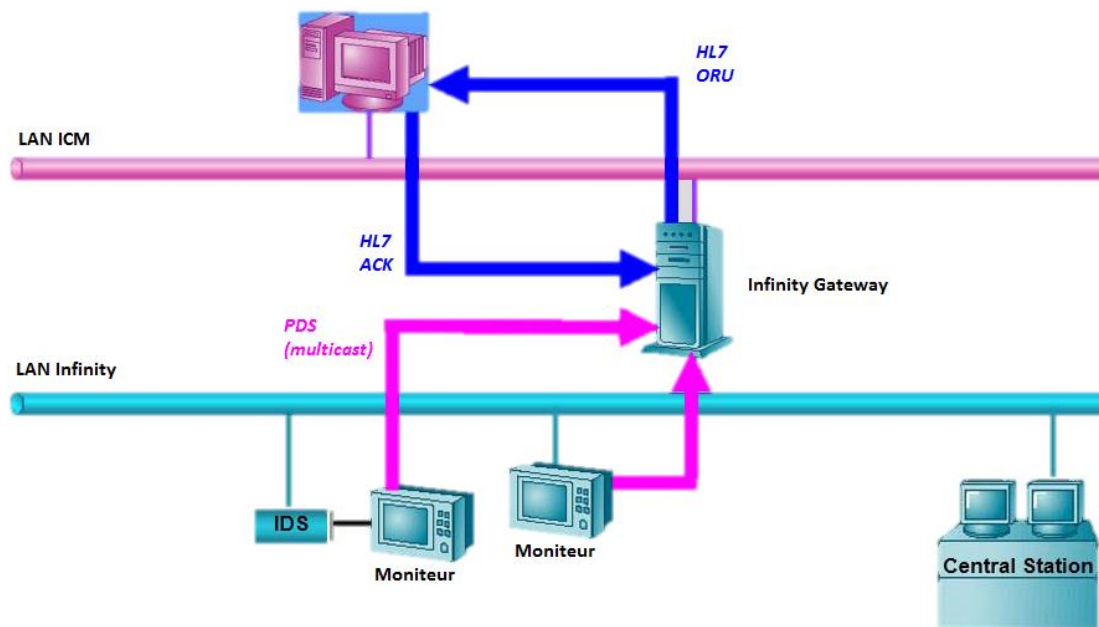


Figure 3-5 Exportation des signes vitaux²⁷

Le serveur « Infinity Gateway » est limité en termes de bande passante. Par conséquent, il y a un compromis à faire entre le nombre de moniteurs connectés au serveur et la fréquence à laquelle les mesures sont exportées. La compagnie Dräger stipule qu'une configuration d'envoi des données aux cinq minutes permet de supporter une centaine de moniteurs, alors que l'envoi aux 60 secondes réduit ce nombre à une quarantaine de moniteurs. Au moment d'écrire ce rapport, 87 moniteurs étaient déployés à l'ICM et malgré un envoi des signes vitaux aux 60 secondes, le système fonctionnait de manière stable en apparence (utilisation de la mémoire vive et du processeur à moins de 50% sur le serveur IGS). D'autres moniteurs seront installés dans les mois qui suivent le dépôt de ce rapport. Cependant le plan d'agrandissement et de répartition de la charge sur d'autres instances du serveur IGS n'est pas encore prévu. Une autre limitation au système est que les données peuvent être envoyées vers un seul « socket » réseau. Par conséquent, à la section 4.1.3, il sera

question de la façon dont l'architecture du système a été développée pour tenir compte de la possibilité que d'autres services soient aussi intéressés par les données des moniteurs.

L'envoi des données est configurée à une fréquence identique pour tous les appareils connectés au même serveur « Infinity Gateway ». Par ailleurs, il est possible de programmer l'envoi des données pour qu'il survienne lorsqu'une sollicitation est reçue via une requête HL7. Cette possibilité a été considérée mais elle n'apportait pas d'avantage évident en comparaison avec l'envoi périodique déjà en service.

Le serveur « Infinity Gateway » joue un rôle de passerelle avec ses interfaces sur le réseau du monitoring et sur le réseau de l'hôpital. Il traduit les mesures de signes vitaux en messages HL7 et il se charge de les transmettre via le réseau. Les signes vitaux ne sont pas stockés sur le serveur, lequel ne garde pas non plus de registre des messages envoyés. La philosophie derrière cette caractéristique est que les données restent disponibles sur les consoles centrales et que le système qui reçoit les données exportées pourra en faire le stockage. Une autre duplication de l'information ne ferait que rendre le serveur Gateway moins performant.

3.3.2.2 Format HL7

L'information des signes vitaux est transmise dans un format particulier qui est encadré par le standard HL7. Ce dernier est axé sur l'interopérabilité entre les systèmes dans le domaine de la santé en uniformisant le transfert de données²⁸. Il prévaut sur la septième couche du modèle OSI c'est-à-dire la couche « application ». Ce modèle décrit la communication entre ordinateurs. La septième couche est la dernière avant l'utilisateur. C'est celle qui concerne les applications orientées réseau. Cette couche supporte par exemple les protocoles HTTP et FTP ainsi que des processus de transfert de données²⁹.

Le standard HL7 définit l'envoi de messages dans un format structuré et sans balises qui est caractérisé par des segments (chaque ligne) contenant des champs séparés par un délimiteur spécifique (le caractère « | » est généralement utilisé). Un champ peut contenir plusieurs données qui sont séparées par un caractère lui aussi prédéfini (le caractère « ^ » est généralement utilisé). Un exemple de messages HL7 contenant des signes vitaux est présenté à

la figure suivante. Les renseignements personnels du patient ont été remplacés par leur libellé à des fins d'anonymat :

```

MSH|^~\&|Infinity||NUR||20180119133953||ORU^R01|18011913395367482886|P|2.3||AL|NE
PID|||#DOSSIER^^^MR||NOM^PRÉNOM
PV1|||MEDNUCL^^TEP1
OBR|||||20180119133946
OBX||SN|HR^^local^8867-4^^LOINC||=^97|/min^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||ST|%PACED^^local^^MIB/CEN|||^|^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||ST|ARR^^local^3266^^MIB/CEN|||^|^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|PVC/min^^local^^MIB/CEN|||^0|/min^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|STI^^local^10121-2^^LOINC|||^0.3|mm^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|STII^^local^10122-0^^LOINC|||^0.3|mm^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|STIII^^local^10123-8^^LOINC|||^0.0|mm^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|STaVR^^local^10120-4^^LOINC|||^-0.3|mm^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|STaVF^^local^10118-8^^LOINC|||^0.2|mm^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|STaVL^^local^10119-6^^LOINC|||^0.1|mm^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|STV1^^local^10124-6^^LOINC|||^0.3|mm^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|STV2^^local^10125-3^^LOINC|||^1.0|mm^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|STV3^^local^10126-1^^LOINC|||^1.0|mm^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|STV4^^local^10127-9^^LOINC|||^0.6|mm^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|STV5^^local^10128-7^^LOINC|||^0.3|mm^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|STV6^^local^10129-5^^LOINC|||^0.2|mm^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|STVM^^local^^MIB/CEN|||^0.6|mm^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||ST|STCVM^^local^^MIB/CEN|||^***|mm^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||ST|PLS^^local^8889-8^^LOINC|||^***|/min^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||ST|Sp02^^local^2710-2^^LOINC|||^***|^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||ST|PI^^local^^MIB/CEN|||^***|^^ISO+||||R|||20180119133946
OBX||SN|NBP D^^local^8496-2^^LOINC|||^84|mm (hg) ^^ISO+||||R|||20180119133936
OBX||SN|NBP S^^local^8508-4^^LOINC|||^136|mm (hg) ^^ISO+||||R|||20180119133936
OBX||SN|NBP M^^local^8502-7^^LOINC|||^101|mm (hg) ^^ISO+||||R|||20180119133936

```

Figure 3-6 Message HL7 de type ORU (signes vitaux)

D'abord, on remarque que chaque segment (ligne) débute par trois caractères alphanumériques qui servent d'identification. Avec cette information, il est possible de déduire quelle information est contenue en son énième champ. En effet le standard définit clairement dans quel champ doit se retrouver chaque type de donnée. Certains champs de certains segments sont facultatifs. C'est ce qui justifie l'occasionnelle présence de plusieurs délimiteurs successifs. La façon dont la compagnie Dräger applique la norme HL7 est expliquée en détails dans un manuel fourni avec l'équipement³⁰. Ce dernier explique notamment comment sont utilisés les différents champs de chaque segment.

Le segment MSH (*Message Header*) contient des informations techniques sur le message. Les informations d'intérêt dans ce dernier sont les suivantes :

- Champ 3 : Application destinatrice (|Infinity|)
- Champ 7 : Date-heure du message (|20180119133953|)
- Champ 9 : Type de messages (|ORU^R01|)
 - Les messages de type ORU sont ceux qui contiennent les signes vitaux
- Champ 10 : ID de contrôle du message (|18011913395367482886|)
 - Champ contenant un identifiant unique pour chaque message

Le segment PID (*Patient Identification*) contient les informations administratives et démographiques à propos du patient. Le système de monitoring Dräger n'utilise que deux des champs disponibles :

- Champ 3 : ID patient (|#DOSSIER^^^MR|)
 - Le numéro de dossier du patient à l'ICM suivi de MR (*medical record*)
- Champ 5 : Nom du patient
 - Selon le format NOM^PRÉNOM^NOM MILIEU

Par la suite, le segment PV1 (*Patient Visit*) contient des informations relatives à la visite actuelle du patient. Dräger utilise un seul champ dans ce segment :

- Champ 3 : Localisation assignée au patient (MEDNUCL^^TEP1)
 - Selon le format UNITÉ DE SOIN^CHAMBRE^LIT

Le segment OBR (*Observation Request*) suit avec un seul champ :

- Champ 7 : Date-heure de la requête de signes vitaux (|20180119133946)
 - Selon le format AAAAMMJJHHmmss

Enfin, les messages de signes vitaux se terminent par une série de segments OBX (*Observation/Result*) qui contiennent chacun une mesure provenant du moniteur. Notons que la valeur envoyée est la dernière qui a été mesurée pour chaque paramètre. Par exemple, si une nouvelle mesure de pression artérielle non invasive systolique a été envoyée à la minute 0 et qu'aucune autre n'a été prise par après, ladite mesure sera envoyée de nouveau à la minute 1 et

à toutes les minutes suivantes jusqu'à ce que la sortie du patient soit indiquée au moniteur. Les champs suivants sont d'un intérêt particulier :

- Champ 2 : Type de valeur
 - Soit |SN| (*Structured numeric*) ou |ST| (*String*)
- Champ 3: ID de l'observation (|HR^^local^8867-4^^LOINC|)
 - La première section correspond à un code qui identifie le type de mesure. Dans ce cas-ci, *HR* pour indiquer « rythme cardiaque ». Les indications subséquentes correspondent à l'identifiant de la même information dans d'autres systèmes de codification des paramètres
 - Voir l'Annexe B pour une liste des ID d'observation reçus en médecine nucléaire
- Champ 5 : Valeur observée (|=^97|)
 - Si la mesure est de type |ST|, le champ prend la forme |Valeur observée|
 - Si la mesure est de type |SN|, le champ prend la forme |Comparateur^Valeur observée|. Pour l'envoi de signes vitaux chez Dräger, le seul comparateur utilisé est « = »
 - Une condition technique empêchant de donner une valeur s'affiche avec trois astérisques (|***|)
- Champ 6 : Unités (|/min^^ISO+|)
 - Correspond à l'unité de la mesure selon le standard LOINC
- Champ 14 : Date-heure de l'observation (|20180119133946|)
 - Ce champ correspond au moment de la mesure dans le format AAAAMMJJHHmmss

3.3.3 Infrastructures informatiques existantes

L'Institut de Cardiologie est doté d'une infrastructure informatique développée pour soutenir les différentes activités cliniques et de recherche. Trois éléments de cette dernière ont été d'une importance centrale dans la conception du système d'interface des signes vitaux, soient *Radimage*, *Atomic* et *Mirth*.

3.3.3.1 *Radimage*

Radimage est un système d'information radiologique (SIR) distribué par la compagnie Logibec. Il s'agit d'un outil utilisé pour la gestion des données administratives entourant tous les examens d'imagerie médicale à l'ICM.

Le logiciel est lié à une base de données où est stockée de manière structurée une multitude d'information en lien avec chaque examen comme les produits et médicaments administrés ou l'état d'avancement de la requête.

3.3.3.2 *Atomic*

Atomic est le nom donné à une base de données SQL et un site web développés et déployés localement à l'ICM par l'ingénieur physicien Sébastien Authier. Il s'agit d'un outil utilisé pour supporter les activités du service de médecine nucléaire en informatisant l'accès à l'information qui est produite, entre autre, par les appareils d'imagerie, les processus administratifs ainsi que les procédures de contrôle de la qualité. La page web permet au personnel clinique de consulter ces données de façon à augmenter leur productivité (tableaux, filtres, graphiques, etc.).

Pour uniformiser les sources d'informations, il était de mise d'intégrer le rapport de signes vitaux produit par ce projet à même *Atomic*. De cette façon l'appropriation de ce nouvel outil se ferait de manière naturelle. Par ailleurs, en ajoutant les tables nécessaires à ce projet à même la base de données *Atomic*, l'interrogation des autres tables déjà présentes sur le serveur serait plus performante.

Aux fins de ce projet, trois tables ont été ajoutées à la base de données *Atomic*. Deux d'entre elles servent à stocker des valeurs de signes vitaux (*draeger_nbp* et *draeger_oth*) et la troisième (*draeger_hl7*) contient des informations techniques sur le message HL7 à l'origine des données dans les deux autres tables. La structure de chacune est présentée dans le tableau qui suit. Il est à noter que les tables *draeger_nbp* et *draeger_oth* possèdent une clé « *id_dhl7* » qui fait le lien avec *draeger_hl7*.

| draeger_hl7 | | | draeger_nbp | | | draeger_oth | | | | | |
|-------------|--------------|-------------|-------------|-----------------|-----------|-------------|---------------|--------------|----|----------|-----------|
| # | Nom | type | # | Nom | type | # | Nom | type | # | Nom | type |
| 1 | id_dhl7 | int(11) | 1 | id_dnbp | int(11) | 1 | id_doth | int(11) | 14 | stv1 | float |
| 2 | id_requete | int(11) | 2 | id_dhl7 | int(11) | 2 | id_dhl7 | int(11) | 15 | stv2 | float |
| 3 | id_patient | int(11) | 3 | nbp_d | int(11) | 3 | observ_end_dt | datetime | 16 | stv3 | float |
| 4 | no_requete | int(11) | 4 | nbp_d_observ_dt | datetime | 4 | hr | int(11) | 17 | stv4 | float |
| 5 | dossier | varchar(15) | 5 | nbp_s | int(11) | 5 | percent_paced | int(11) | 18 | stv5 | float |
| 6 | last_name | varchar(25) | 6 | nbp_s_observ_dt | datetime | 6 | arr | varchar(256) | 19 | stv6 | float |
| 7 | first_name | varchar(25) | 7 | nbp_m | int(11) | 7 | pvc_min | int(11) | 20 | stvm | float |
| 8 | middle_name | varchar(15) | 8 | nbp_m_observ_dt | datetime | 8 | sti | float | 21 | stcvn | float |
| 9 | mirth_msg_id | int(11) | 9 | hr | int(11) | 9 | stii | float | 22 | pls | int(11) |
| 10 | msg_dt | datetime | 10 | hr_observ_dt | datetime | 10 | stiii | float | 23 | spo2 | int(11) |
| 11 | moniteur | varchar(32) | 11 | label | enum | 11 | stavr | float | 24 | pi | float |
| 12 | creation | timestamp | 12 | creation | timestamp | 12 | stavf | float | 25 | creation | timestamp |
| 13 | lastmod | timestamp | 13 | lastmod | timestamp | 13 | stavl | float | 26 | lastmod | timestamp |

Tableau 3-1 Structure des tables utilisées pour les signes vitaux

3.3.3.3 Mirth

Mirth est un engin d'interface libre conçu pour permettre l'interopérabilité entre les systèmes utilisés dans le milieu de la santé. Il supporte de nombreuses normes dont HL7, DICOM, NCPDP et des formats texte délimités. De plus, plusieurs protocoles dont TCP/LLP, HTTP et JDBC peuvent être utilisés pour permettre le partage d'information entre des systèmes hospitaliers qui n'avaient auparavant aucun canal de communication³¹. Le modèle d'affaire de NextGen Healthcare qui développe et distribue Mirth est honnête et adapté au milieu hospitalier. Sur la base de ce dernier, l'engin d'interface de base ainsi que l'application de développement sont gratuits avec un code source ouvert. La compagnie vend de la formation et du support aux organisations qui en ont besoin. Aussi, NextGen vend des modules d'expansion qui donnent accès à du support en tout temps, qui permettent la programmation d'alertes avancées et qui donnent accès à des connecteurs supplémentaires pour la lecture de courriel, de communications ASTM E1394 ou de ports sériels en plus de plusieurs autres fonctionnalités³².

À l'ICM, la licence libre de Mirth est installée sur un serveur local qui traite les données de tous les projets d'interface en cours. Des applications clientes sont installées sur le poste de travail de quelques personnes qui effectuent le développement d'interfaces.

Une solution d'interface Mirth fonctionne par canaux. Plusieurs canaux peuvent être nécessaires afin de réaliser un projet d'interface et chaque canal est constitué de deux modules

essentiels, soient le module source et le module destination. La figure suivante schématise la structure d'un canal Mirth.

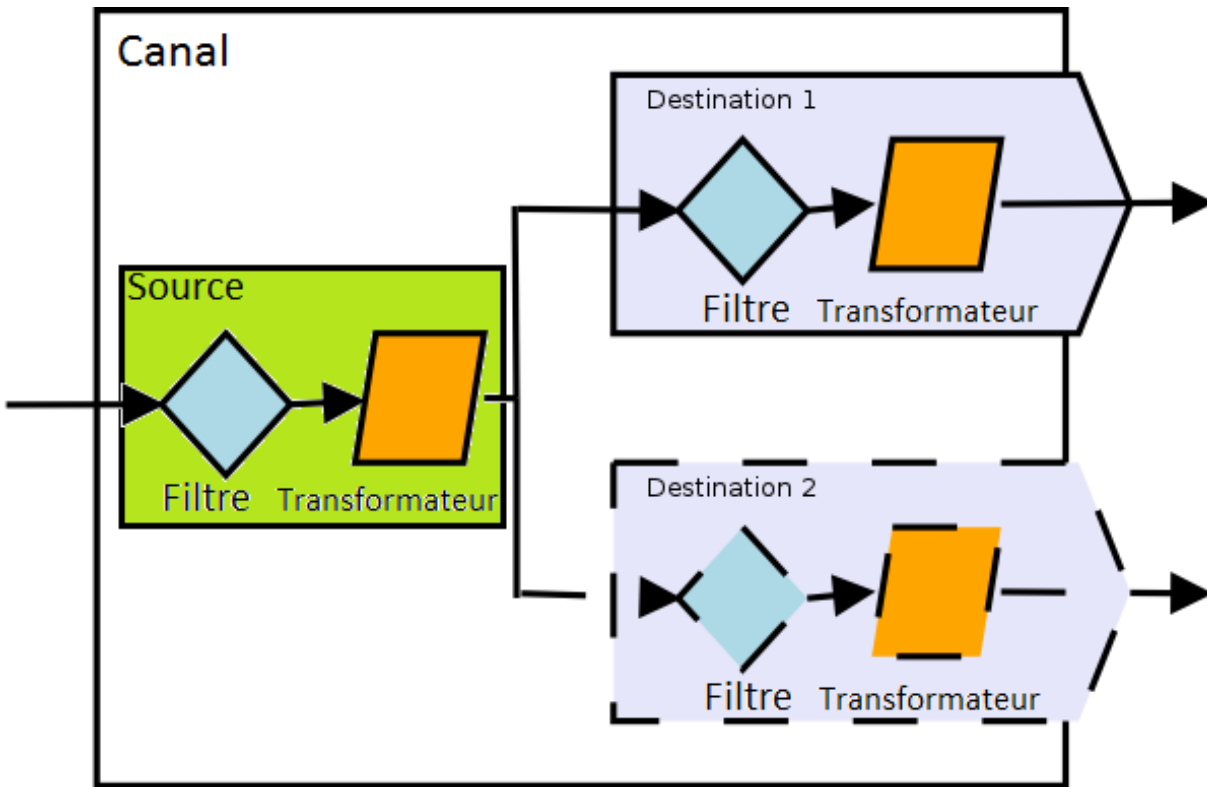


Figure 3-7 Structure d'un canal Mirth
(Adapté de <https://mirthconnect.wordpress.com/channel/>)

Comme l'illustre la Figure 3-7, un seul module source peut être configuré pour un canal. Toutefois, plus d'un module destination peuvent être mis en service.

Le module source sert à configurer la réception d'information. Plusieurs types de connecteurs peuvent être utilisés pour s'adapter aux différents protocoles utilisés par les systèmes en amont pour l'exportation de leurs données. Dans le cadre de ce projet, une des sources reçoit des trames TCP provenant du serveur « Infinity Gateway ». D'autres possibilités de connecteurs permettent, par exemple, d'écouter des communications DICOM, d'interroger périodiquement le contenu d'une base de données, de lire des fichiers dans un répertoire spécifique ou d'écouter des requêtes HTTP. Une source peut aussi servir à écouter l'information envoyée par un ou plusieurs autres canaux Mirth. Cette option est pertinente pour le développement de solutions qui nécessitent une communication entre canaux.

Le module source offre deux façons de traiter les données reçues. D'abord, un filtre pouvant avoir plusieurs conditions peut être utilisé pour cesser le cheminement d'un message. Ensuite, un transformateur à plusieurs étapes peut être utilisé pour extraire de l'information du message et la stocker dans une variable qui pourra être utilisée dans l'environnement du canal, ou pour effectuer des opérations, par exemple, sur une base de données.

Un dernier détail intéressant en regard de la réception des messages est que l'archivage de ceux-ci peut être configuré pour chaque canal. Ainsi, pour une application plus critique, les messages peuvent être stockés indéfiniment alors que pour un canal qui reçoit un très grand débit d'information peu importante, un élagage des messages reçus il y a plus de sept jours peut être choisi, par exemple.

Une fois qu'un message a passé les tests du filtre et les étapes du transformateur, il chemine vers le module destination. Comme pour la source, plusieurs connecteurs peuvent être utilisés pour transférer l'information vers le système en aval selon le protocole qui lui convient. Ainsi, la destination peut envoyer un message DICOM, faire une entrée dans une base de données, écrire un fichier texte ou PDF ou envoyer une trame TCP par exemple.

Plusieurs destinations peuvent être configurées pour un même canal ce qui facilite la multiplication d'un message vers plusieurs systèmes en aval. Des filtres et des transformateurs peuvent être appliqués à chacune des destinations. Cela peut s'avérer très utile alors que l'envoi vers une destination peut être désiré seulement de manière conditionnelle à la valeur des variables extraites à la source.

Le contexte de ce projet impliquait la manipulation de messages dans le format standardisé HL7 vers des bases de données. L'application de développement de Mirth permet de configurer avec facilité des opérations de filtrage, de transformation et d'envoi à destination grâce à une interface graphique conviviale qui permet de remplir les champs nécessaires à chacune de ces opérations et qui facilite l'accession à des données dans un format standardisé. Il est aussi possible de programmer chacune de ces opérations dans le langage JavaScript. Cette façon de faire a été choisie pour la plupart des opérations nécessaires à ce projet étant donné la flexibilité additionnelle ainsi permise.

Plusieurs protocoles de communications prévoient que le système en aval envoie une réponse au système en amont pour confirmer la réception d'un message. L'engin d'interface Mirth s'occupe de la gestion de ces accusés de réception selon le type de connecteur utilisé à la source. Dans le cadre du projet actuel, des messages HL7 de type ACK sont retournés par Mirth au serveur « Infinity Gateway » à la réception de signes vitaux.

4 Développement d'une solution

Le développement d'une solution s'est naturellement réparti en trois phases relativement successives mais qui sont toutes interdépendantes. Le projet a débuté par l'étude de la réception des messages HL7 provenant du serveur « Infinity Gateway » et par l'implantation d'un algorithme pour stocker les informations importantes contenues dans ces derniers. Une seconde phase a ensuite eu pour objectif de faire le traitement de ces données brutes. Pour terminer, le développement de l'affichage d'un rapport de signes vitaux a fait l'objet d'une troisième phase. La présente section vise à élaborer sur chacune de ces phases.

4.1 Réception des messages HL7

Tel que présenté dans la section 3.3.2, le système de monitoring physiologique de Dräger permet l'exportation des données de signes vitaux mesurées pour chaque patient par le biais de messages HL7 transmis sur le réseau informatique de l'hôpital au travers de trames TCP.

4.1.1 Étude de la réception des messages

Afin de bien comprendre le fonctionnement de ce transfert, l'exportation a été programmée vers l'adresse IP du serveur Mirth sur un port écouté par un canal simple permettant l'écriture de tous les messages reçus dans des fichiers texte distincts stockés à même le serveur Mirth.

L'étude du contenu de ces fichiers a permis de remarquer plusieurs caractéristiques qui ont dû être considérées. La première séance d'enregistrement des communications HL7 a eu lieu le 10 octobre 2017 et a duré 45 minutes. Durant ce temps, environ 550 messages ont été reçus en provenance de toutes les unités de soins dotées des moniteurs physiologiques Dräger. Par ailleurs, plusieurs messages ne contenaient aucune mesure, des mesures répétées de

messages précédents, ou des mesures identifiées par le nom de patient «| UNKNOWN |» et sans numéro de dossier.

Ces observations ont donc permis de saisir que les données devraient être filtrées pour assurer la qualité des informations stockées. Entre autre, il était important de filtrer le contenu des messages pour éviter les doublons ainsi que les données mal identifiées. Par ailleurs, dans le cadre de ce projet, seules les données provenant des moniteurs de la médecine nucléaire sont d'intérêt. Cependant, des projets similaires sont planifiés pour d'autres unités, notamment l'urgence. Par conséquent, puisque toutes les données transigent par le même serveur Gateway qui ne peut exporter les signes vitaux que vers une interface réseau (adresse IP et port), la solution a été développée autour de la particularité décrite à la section suivante.

4.1.2 Développement d'une solution de réception des messages

La réception des messages HL7 effectuée par l'engin d'interface Mirth sera abordée dans les paragraphes suivants. L'algorithme représenté à la Figure 4-1 illustre le cheminement d'un message dès qu'il est reçu jusqu'à ce que son traitement soit terminé.

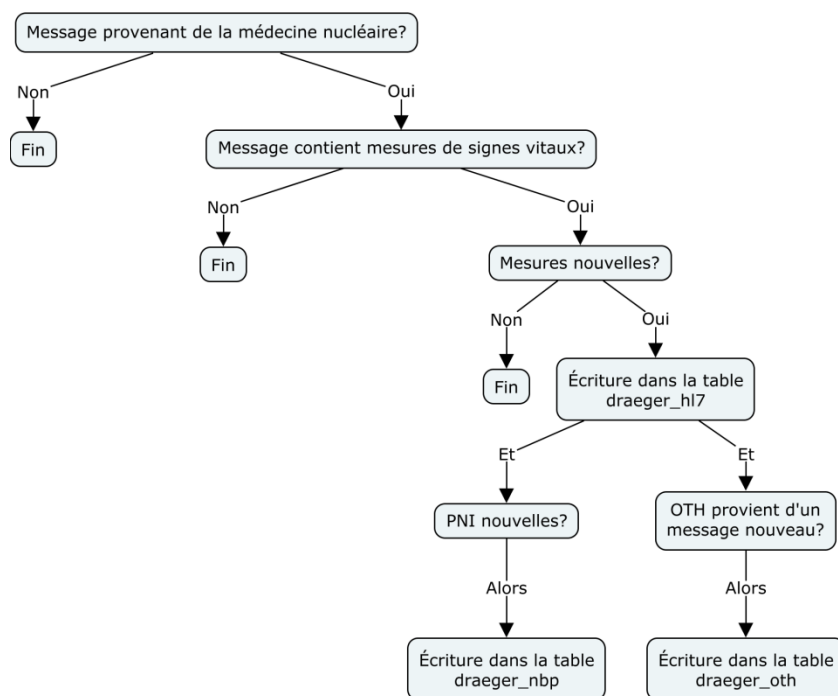


Figure 4-1 Algorithme de réception des messages HL7

4.1.3 Canal *Gateway-TCP IN*

La première étape de la réception des messages HL7 sur le serveur Mirth consiste à faire la répartition des messages selon leur provenance. Pour ce faire, la source du canal *Gateway-TCP IN* a pour tâche d'extraire la valeur contenue au champ 3 du segment PV1 et de l'enregistrer sous une variable locale. Cette valeur correspond à l'emplacement du moniteur duquel proviennent les données reçues. À l'aide d'un filtre effectuant une comparaison logique sur la variable enregistrée, il devient possible de rediriger chaque message vers la bonne destination ou de mettre fin à son traitement s'il n'est pas nécessaire. Au module destination, il est prévu qu'un connecteur soit mis en place pour chaque projet d'interface des signes vitaux.

Comme ce canal reçoit près d'une centaine de messages provenant de tous l'hôpital chaque minute, il est stratégiquement avantageux d'y effectuer peu d'opérations. Ainsi, les messages sont rapidement redirigés vers un second canal dédié à chaque projet d'interface. Lors de la rédaction de ce rapport, seul le projet pour la médecine nucléaire était déployé. Le trafic associé à ce secteur correspond à 0.7% de tous les messages HL7. Par conséquent, l'utilisation du canal *Gateway TCP IN* permet de mettre fin au traitement de plus de 99% des messages aussitôt qu'ils sont reçus, économisant ainsi des ressources. Quand de nouveaux projets seront déployés, il suffira d'ajouter une destination au canal *Gateway-TCP IN* avec un filtre spécifique à la provenance ciblée. Le travail effectué par ce canal est représenté par une seule bulle à la Figure 4-1, soit la première de l'algorithme.

Les messages reçus par le canal *Gateway-TCP IN* sont stockés par Mirth pendant 7 jours puis sont effacés.

4.1.4 Canal *Atomic-CReader*

La source du canal *Atomic-CReader* correspond à une destination du canal *Gateway-TCP IN* (qui était la seule destination configurée au moment de déposer ce rapport). Le transfert entre les deux canaux s'effectue à même Mirth par l'intermédiaire d'un connecteur de type *Channel Reader*. Aucune communication réseau n'est nécessaire.

À la source, le traitement de chaque message entrant se fait en trois temps avec des transformations ayant pour but d'extraire le contenu pertinent pour les tables *draeger_hl7*,

draeger_nbp et *draeger_oth* appartenant à la base de données *Atomic* (voir section 3.3.3.2). Les différents champs qui sont enregistrés sont énumérés au Tableau 4-1. Sommairement, la transformation à la source est réalisée en vérifiant le contenu de plusieurs champs d'intérêts dans le message HL7. Dans chaque cas, si une valeur est présente, le nom de la colonne de la table *Atomic* qui est associée à ce champ et la valeur contenue sont ajoutés à une chaîne de caractères ayant un format spécifique qui pourra être directement utilisé en tant que requête SQL pour l'insertion des nouvelles données. Une itération est faite sur tous les segments OBX (signes vitaux) pour vérifier si l'identifiant de la mesure qu'il contient nécessite que sa valeur soit enregistrée.

Par la suite, le transformateur vérifie que les valeurs de signes vitaux présentes dans le message sont nouvelles ou si, au contraire, elles ont déjà été entrées dans la base de données, éventualité pour laquelle il n'est pas souhaitable de faire une nouvelle insertion. Pour la table *draeger_nbp*, une variable *HasNewNBP* signalant la présence de nouvelles mesures est activée dans l'une ou l'autre des deux conditions suivantes :

1. La date et l'heure de la mesure de la pression systolique, diastolique et moyenne sont nouvelles pour ce patient

ou

2. La date et l'heure de la mesure de la pression systolique, diastolique et moyenne ne sont pas nouvelles pour ce patient mais leurs valeurs sont différentes de celles déjà stockées.

Pour la table *draeger_oth*, comme une seule date et heure sont enregistrées pour toutes les mesures d'un même message, la variable *HasNewOTH* est activée seulement si la date et l'heure de la requête de signes vitaux et la date et l'heure du message ne sont pas déjà présentes pour une autre entrée de la table.

| draeger_HL7 | |
|-------------|---------------------------|
| PID, 3 | Numéro de dossier |
| PID, 5 | Nom du patient |
| MSH, 7 | Date-heure du message |
| PV1, 3 | Localisation du moniteur |
| - | ID du message selon Mirth |

| draeger_NBP | | |
|-------------|--------------------------|----------------------|
| OBX, 14 | Date-heure de la mesure | |
| OBX, 5 | Mesures avec le libellé: | |
| | NBP D | Pression diastolique |
| | NBP S | Pression systolique |
| | NBP M | Pression moyenne |
| HR | Fréquence cardiaque | |

| draeger_OTH | | |
|-------------|---|--|
| OBR, 7 | Date-heure de la requête de signes vitaux | |
| OBX, 5 | Mesures avec le libellé: | |
| | HR | Fréquence cardiaque |
| | %PACED | Taux de stimulation (cardiostimulateur) |
| | PVC/min | Taux d'extrasystole ventriculaire |
| | STI, STII, STIII, STaVR,aVL,aVF | Déviati on ST dériviati ons frontales |
| | STV1 à STV6 | Déviati on ST dériviati ons précordiales |
| | STVM | Magnitude du vecteur ST |
| | STCVM | Changement de magnitude du vecteur ST |
| | PLS | Fréquence du pouls |
| | SpO2 | Saturation en oxygène |
| | PI | Index de perfusion |
| | ARR | Arythmie |

Tableau 4-1 Segments et champs extraits des messages HL7

Lorsque le segment OBX porte l'identifiant ARR, les valeurs affichées correspondent au code associé à l'arythmie qui était en cours au moment de l'envoi des données au serveur « Infinity Gateway ». Par exemple, si le patient a un épisode de tachycardie à cet instant, le code TAC sera affiché. Une liste des codes utilisés peut être consultée à l'Annexe C.

Une fois ces vérifications terminées, le message chemine vers le module de destination. Ce dernier consiste en trois connecteurs, chacun permettant l'écriture dans une des trois tables décrites précédemment.

Le premier connecteur est celui pour la table *draeger_hl7*. Un filtre gère l'écriture ou non des paramètres techniques du message HL7 en vérifiant si des données seront écrites dans l'une ou l'autre des tables *draeger_nbp* ou *draeger_oth* en interrogeant l'état des variables *HasNewNBP* et *HasNewOTH*. Si aucune donnée ne doit être enregistrée dans ces deux tables, l'écriture dans la table *draeger_hl7* n'est pas effectuée. Au contraire, si des données nouvelles existent pour l'une ou l'autre des tables (ou les deux), l'entrée sera faite. À cette fin, les chaînes de caractères construites à la source qui contiennent les valeurs extraites ainsi que leur libellé dans la base de données seront intégrées dans une plus longue chaîne constituant une

requête SQL en bonne et due forme. La Figure 4-2 est un exemple d'une telle requête. Les sections en gras proviennent des chaînes de caractères produites dans les transformateurs de la source.

```
INSERT INTO draeger_hl7 (dossier, last_name, first_name,  
mirth_msg_id, msg_dt, moniteur) VALUES ('999999', 'Nom',  
'Prénom', 12345, '2018-01-01 12:34:00', 'TEP2')
```

Figure 4-2 Exemple de requête SQL pour la table *draeger_hl7*

Les connecteurs pour l'écriture dans les autres tables fonctionnent de manière similaire au précédent. D'abord un filtre vérifie si des nouvelles données sont présentes, le cas échéant elles sont insérées dans la table à partir d'une requête SQL construite en insérant les données provenant des transformateurs de la source.

Les messages reçus par le canal *Atomic-CReader* sont stockés temporairement pour 15 jours sur le serveur Mirth.

4.2 Traitement des données brutes

Une fois que les messages HL7 ont été décortiqués pour alimenter trois des tables d'*Atomic*, un traitement supplémentaire doit être effectué sur les données afin de pouvoir reproduire intégralement le contenu de la page 4 du formulaire *Persantin*. Les trois principales étapes de ce traitement seront abordées dans la présente section.

4.2.1 Identification de la requête d'examen liée aux signes vitaux

Au moment de débiter un examen de perfusion myocardique, un technologue entre le numéro de dossier, le nom et le prénom du patient sur le moniteur Dräger. Ces informations sont retransmises dans chaque message HL7 servant à l'exportation des signes vitaux. Cependant, le numéro de requête de l'examen n'est pas une information disponible dans le message. Or elle est nécessaire puisque l'infrastructure *Atomic* utilise le numéro de requête comme clé unique de référence pour rassembler les images, rapports et toutes autres informations relatives à un même examen d'imagerie.

Par conséquent, l'appariement désiré doit se faire en post-production. Il a été décidé de réaliser cette tâche par le biais d'un script PHP exécuté par le serveur web.

Une première version de ce script a été programmée et testée avec MATLAB car il s'agit d'un langage permettant un développement rapide et qui était familier à toute l'équipe œuvrant sur ce projet. Le script a ensuite été converti en PHP pour en faciliter l'exécution. Effectivement, ce choix permet que le programme soit lancé automatiquement toutes les cinq minutes par le planificateur de tâche Windows du serveur et à chaque fois que la page d'un rapport de signes vitaux est affichée. De cette façon, l'utilisateur est assuré que le document qu'il consulte contient les plus récentes données reçues.

Sommairement, ce programme recueille périodiquement le nom et le numéro de dossier des entrées de la table *draeger_hl7* qui ne sont pas associées à une requête d'imagerie. Pour chacune, la base de données *Radimage* est interrogée pour déterminer si elle contient un patient avec le même numéro de dossier que ce qui a été reçu dans le message HL7. Le cas échéant, une comparaison entre le nom et le prénom des entrées de *Radimage* et de *draeger_hl7* est faite pour confirmer que la correspondance est juste. Dans le cas où aucune correspondance n'est trouvée, une nouvelle comparaison est faite en inversant le nom et le prénom. Cette solution a été apportée notamment pour adapter le système aux fréquents problèmes qui surviennent lorsque le nom d'un patient est composé. Enfin, si l'identité du patient selon le message HL7 correspond à son identité dans *Radimage*, une nouvelle requête est faite à cette dernière base de données pour trouver la requête dans le cadre de laquelle les signes vitaux ont été reçus. Les conditions pour retracer le bon numéro de requête sont les suivantes :

1. La requête est liée à la médecine nucléaire,
2. Le début et la fin de l'examen associés à la requête sont cohérents avec le moment de la mesure des signes vitaux,
3. Une seule requête répond aux conditions 1 et 2.

Si une requête est trouvée, alors l'entrée de la table *draeger_hl7* est mise à jour avec les nouvelles informations. Sinon, « -1 » est inscrit au lieu du numéro de requête indiquant ainsi l'échec de l'association.

4.2.2 Étiquetage des données

Par la suite, l'observation de la page 4 du formulaire *Persantin* (Annexe A) permet de constater que les mesures de tension artérielle non-invasives doivent être présentées avec une étiquette qui informe le lecteur du moment de la mesure relativement au déroulement de l'examen. Quatre étiquettes devaient être apposées :

1. Repos : mesures prises avant la première injection de rubidium
2. Pré-stimulation : mesures prises entre la première injection de rubidium et celle de stimulant pharmacologique
3. Stimulation : mesures prises entre l'injection de stimulant et l'injection de son antidote
4. Post-stimulation : mesures prises après l'injection de l'antidote

Comme à la section précédente, le moyen choisi pour réaliser cette tâche est un script PHP exécuté par le serveur web périodiquement et à chaque fois qu'un utilisateur fait la demande d'un rapport de signes vitaux.

Dans un premier temps, l'algorithme soutenu par ce programme effectue une requête SQL pour obtenir les numéros de requête (*id_requete* identifiés à la section précédente) des mesures de la table *draeger_nbp* qui ne portent pas encore d'étiquettes. Ensuite, pour chacune de ces requêtes, la liste des produits administrés est extraite de la base de données *Radimage*. Enfin, des étiquettes sont apposées à chaque mesure de ladite requête si au moins quatre injections ont eu lieu et que les premières sont dans l'ordre suivant : rubidium, dipyridamole, rubidium et aminophylline.

Il est à souligner que dans la version livrée du script apposant les étiquettes, le seul stimulant pharmacologique traité est le dipyridamole. Par conséquent, le seul antidote considéré est l'aminophylline.

4.2.3 Analyse des données

À la demande des cliniciens, certains ajouts étaient désirés pour améliorer le rapport de signes vitaux. Plus précisément, il fallait pratiquer un traitement sur les données pour obtenir

le double produit lié à chaque mesure de pression artérielle ainsi que des moyennes pour comparer les signes vitaux avant et après la stimulation pharmacologique.

4.2.3.1 Double produit (*Rate Pressure Product*)

Le double produit correspond à la multiplication de la fréquence cardiaque par la pression artérielle systolique. Dans le cadre d'un examen comme celui de perfusion myocardique au rubidium, il donne idée de la consommation en oxygène du muscle cardiaque de manière plus pratique que l'approche par cathétérisme³³. Il peut s'avérer utile dans de tels examens pour tenter de qualifier la validité de la stimulation pharmacologique³³.

Le calcul de cette valeur a été programmé en PHP. Il est donc effectué sur le serveur qui héberge la page web et ce seulement quand un client demande la page web. La valeur n'est pas stockée et doit donc être recalculée à chaque fois que quelqu'un consulte un rapport.

Une particularité a été implémentée dans l'éventualité où aucune valeur de fréquence cardiaque n'est liée à une pression. Dans ce cas, l'algorithme laisse le champ du double produit vide à l'affichage.

4.2.3.2 Tendances moyennes

Une section permettant la comparaison des signes vitaux avant et après le dipyridamole a été demandée pour mettre en évidence l'impact hémodynamique de ce stimulant pharmacologique. Cette section devait contenir la moyenne de la pression systolique et celle de la fréquence cardiaque ainsi que le nombre d'arythmies et le taux d'extrasystoles ventriculaires (ESV/min) avant et après l'injection de dipyridamole.

Le traitement des données brutes nécessaire pour l'obtention de ces statistiques est fait par l'intermédiaire de deux requêtes SQL à la base de données. La première permet de récupérer les valeurs pré-stimulation et la seconde les valeurs per-stimulation.

4.2.4 Affichage des résultats

La présente section portera sur le développement effectué en vue de l'affichage du rapport. Un exemple complet de document produit aux termes de ce processus peut être consulté à l'Annexe D.

Dans un souci de continuité avec l'infrastructure *Atomic*, cet affichage devait se faire dans un format web qui serait accessible par l'interface déjà implantée. Cette contrainte était un choix naturel. La programmation web en HTML est un moyen efficace pour afficher du contenu dans un format subdivisé en blocs. Par ailleurs, l'utilisation de la librairie Bootstrap a permis le passage d'un algorithme théorique à un produit visuellement acceptable en peu de temps. Avant de la rendre libre de droit, les développeurs derrière Bootstrap avaient pour objectif de partager un modèle de design commun au sein de l'organisation qui les employait qui est connue sous le nom de *Twitter*³⁴. Cet outil constitue donc la charpente soutenant la signature visuelle du rapport en décrivant au navigateur comment présenter le document HTML reçu. L'utilisation de Bootstrap retire ainsi au développeur le souci de programmer une feuille de style en cascade (CSS) complexe³⁵.

Par ailleurs, un script PHP est intégré à même le document HTML de la page développée. Ce script permet d'interroger des bases de données et d'effectuer le traitement dont il a été question à la section 4.2.3. Toutes ces opérations sont exécutées par le serveur web qui héberge le site *Atomic*. Lorsqu'un client clique sur le lien du rapport de signes vitaux associé à l'examen d'un patient, le serveur retourne au client une version du document HTML contenant l'information recueillie grâce au script PHP.

4.2.4.1 Reproduction du formulaire *Persantin*

L'objectif de ce projet de maîtrise était le remplacement de la page 4 du formulaire *Persantin* (voir Annexe A). Par conséquent, l'information contenue sur cette page devait se retrouver intégralement sur la page web. Par ailleurs, son format devait suivre une signature visuelle comparable et surtout, constituer un outil de travail autant, voire plus efficace pour l'équipe clinique. La page devrait être imprimée pour être intégrée au reste du formulaire qui est encore rempli de manière manuscrite. Le flux de travail actuel au service de médecine nucléaire prévoit que l'ensemble soit numérisé afin que toute la documentation en lien avec l'examen (requête, ECG, rapport dicté) soit déposée sur *Radimage*.

Pour pouvoir être incluse avec les autres pages du formulaire *Persantin*, la page produite devait se conformer à certains critères permettant l'identification du patient associé au document. Par conséquent, les données nominatives ainsi qu'un code barre indiquant le

numéro de la requête ont été intégrés dans l'entête du document. Un logiciel de reconnaissance de caractères permettra la lecture du code barre pour automatiser son archivage.

| | |
|---|---|
|  INSTITUT DE CARDIOLOGIE DE MONTRÉAL Service de médecine nucléaire |  *P-201800000* |
| | *** FORMULAIRE EN DÉVELOPPEMENT *** |
| 999999 - ANONYME, PATIENTE (F) DDN: 1918-03-02 (99 a) | MN-201800000 Date d'examen: 2018-01-01 |

Figure 4-3 Exemple d'entête de rapport de signes vitaux

Par la suite, il a été décidé de ne pas reproduire les trois sections « repos », « stimulation » et « post-stimulation » du formulaire papier. En effet, il a été préféré que tous les signes vitaux se retrouvent dans une même section et que les données de tension artérielle soient caractérisées par l'étiquette indiquant le moment de la mesure (section 4.2.2). Une section injection rassemblerait tous les produits administrés. Ces regroupements amenaient comme avantage de condenser l'information et ainsi permettre l'ajout de données supplémentaire à même cette page.

| Signes vitaux | TA S / D (mm Hg) | FC (bpm) | RPP (mm Hg/min) | Heure |
|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------------|--------------|
| Repos | 151 / 60 | 61 | 9211 | 15:18 |
| Pre-stim | 153 / 63 | 52 | 7956 | 15:27 |
| Stimulation (2 ^e min) | 155 / 68 | 60 | 9300 | 15:29 |
| Stimulation (5 ^e min) | 148 / 60 | 66 | 9768 | 15:32 |
| Stimulation (8 ^e min) | 113 / 44 | 70 | 7910 | 15:35 |
| Stimulation (11 ^e min) | 122 / 41 | 74 | 9028 | 15:38 |
| Post-stim | 130 / 45 | 67 | 8710 | 15:41 |

Figure 4-4 Exemple de section de signes vitaux

4.2.5 Contenu additionnel

4.2.5.1 Injections

Tel que mentionné précédemment, une section où sont présentés tous les produits qui ont été administrés au patient durant sa procédure a été ajoutée. Alors qu'auparavant, seulement certains produits étaient présents sur le formulaire, dorénavant, les cliniciens peuvent voir d'un seul coup d'œil tout ce que le patient a reçu.

L'information affichée dans cette section est obtenue à partir d'une seule requête SQL à la base de données *Radimage* (voir section 3.3.3.1).

4.2.5.2 Arythmies

Des données concernant les arythmies détectées par les moniteurs physiologiques sont envoyées dans les messages HL7 d'exportation de signes vitaux (voir Annexe C). Ces dernières sont toutes enregistrées dans la table *draeger_oth*. Une commande SQL permet de comptabiliser le nombre de fois qu'est survenu chaque type d'arythmie durant l'examen. Ainsi, le lecteur obtient l'information du nombre de chaque anomalie accompagnée de l'heure du premier et du dernier évènement.

4.2.5.3 Statistiques

Les statistiques servant à mettre en évidence les effets hémodynamiques et arythmiques du stimulant pharmacologique dont il a été question à la section 4.2.3.2 sont présentées dans la même subdivision que les informations discutées dans les paragraphes précédents. Les trois sections peuvent être observées à la Figure 4-5.

| <u>Injections</u> | <u>Dose</u> | <u>Heure</u> | <u>Arythmies</u> | <u>Premier</u> | <u>Dernier</u> | <u>Statistiques</u> | <u>pré/post</u> | <u>Δ</u> |
|-------------------|-------------|--------------|------------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|----------|
| 1. Rubidium-82 | 720 MBq | 15:18 | Bigeminy | 15:22 | - | ESV/min | 0 / 0 | 0 |
| 2. Dipyridamole | 50 mg | 15:28 | Artifact | 15:40 | - | TA sys moy. | 152 / 134 | -18 |
| 3. Rubidium-82 | 710 MBq | 15:34 | | | | FC moy. | 60 / 66 | +6 |
| 4. Aminophylline | 75 mg | 15:39 | | | | Arythmies | 1 / 1 | 0 |

Figure 4-5 Exemples des section Injections, Arythmies et Statistiques

4.2.5.4 Graphiques

Il a été déterminé que l'utilisation de graphiques serait idéale pour représenter les données hémodynamiques récoltées durant l'examen. Plus précisément, des courbes devraient être tracées pour la tension artérielle systolique et diastolique, la fréquence cardiaque, la saturation en oxygène, le double produit pour chaque mesure de pression et la déviation du segment ST mesurée pour les dérivation I, II et V5 (ces dernières étant importantes pour les nucléistes en raison de leur valeur diagnostique).

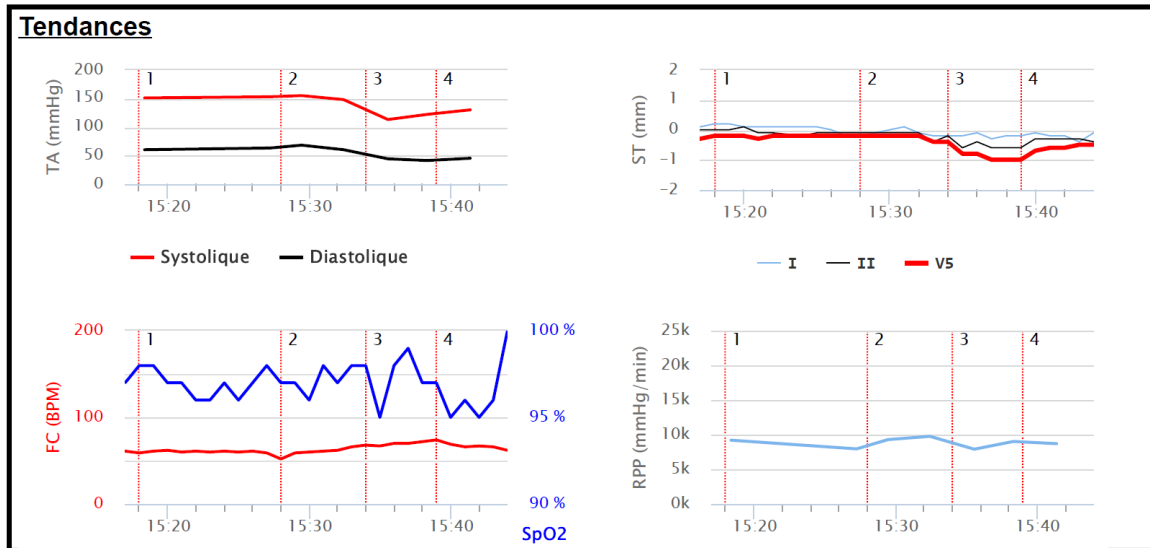


Figure 4-6 Graphiques du rapport de signes vitaux

Pour ce faire, la librairie graphique libre Highcharts a été utilisée. Il s’agit d’un outil codé en JavaScript qui permet l’ajout de graphiques à un site web³⁶. Grâce à une documentation très complète fournie par l’organisation qui la développe, l’apprentissage de la syntaxe nécessaire pour formater et adapter les graphiques aux fins visées est facilité. Comme Bootstrap (voir section 4.2.4), Highcharts permet au développeur d’arriver à un produit visuellement acceptable avec une expertise minimale en design web.

Il importe de noter que le graphique affichant la fréquence cardiaque s’adapte selon la présence ou non de mesures de saturométrie. Dans l’affirmatif, un nouvel axe vertical est ajouté au graphique avec des graduations et un libellé en bleu. Le libellé et les graduations de la fréquence cardiaque habituellement non colorés deviennent rouges si des données de SpO₂ existent.

Sur les graphiques, les lignes verticales rouges coïncident avec les heures d’injection des différents produits administrés. Cette information est récupérée de la requête SQL dont il a été question à la section 4.2.5.1.

5 Validation

La prochaine section documente le processus qui a permis de s'assurer de la qualité du produit final et qui a mené à plusieurs ajustements et corrections.

5.1 Comparaison avec formulaire

Comme l'objectif de ce projet était de remplacer une page déjà existante, il a été possible de comparer la performance de l'algorithme de réception et d'affichage des données avec les formulaires remplis de manière manuscrite par les technologues. En effet, avant que le système soit officiellement mis en production, la page électronique et la page manuscrite ont coexisté en parallèle.

La comparaison des deux documents a mis en évidence l'importance que les technologues soient rigoureux dans l'entrée de certaines informations dans *Radimage*. En particulier, la date et l'heure à laquelle les différents produits ont été administrés au patient durant l'examen nécessitent de la précision pour assurer que la bonne étiquette soit apposée à chaque mesure de pression. Des recommandations ont pu être émises en soulignant l'importance de leur vigilance et en suggérant qu'une attention particulière soit portée à la synchronisation des horloges auxquelles ils se réfèrent.

5.2 Suivi des irrégularités

En moyenne, des signes vitaux sont récoltés pour une quinzaine de patients quotidiennement. Tous les rapports de signes vitaux produits entre le 8 janvier 2018 et la fin de ce projet ont été consultés. Une inspection visuelle et une analyse sommaire ont permis de compiler les irrégularités parfois observées dans un fichier permettant l'identification de la requête, la date de l'évènement et une description du problème.

Cet exercice a permis de soulever quelques problèmes d'affichage qui ont pu être corrigés sur le champ. Par exemple, l'arrondissement à l'unité près de valeurs négatives proche de 0 prenaient la valeur « -0 » en raison de la fonction `round()` de PHP. L'addition de 0 à cette valeur arrondie a été la solution choisie pour permettre l'affichage des résultats avec le bon signe.

De plus, ce système de suivi des irrégularités a incité à faire l'essai du retrait du premier et du dernier point dans l'affichage des courbes de la déviation des segments ST. En effet, comme le patient est généralement en mouvement lors de ces deux mesures, les signaux enregistrés étaient souvent bruités. Or il a finalement été décidé de rétablir l'affichage de ces points alors que les cliniciens préféraient disposer de l'ensemble des données.

D'autres problématiques plus fondamentales ont aussi été mises en évidence grâce à l'inspection des formulaires. L'une d'entre elle est en lien avec le comportement du formulaire selon le contenu de la table d'injection de *Radimage*. Quand le stimulant pharmacologique utilisé était différent du dipyridamole, les calculs effectués pour la section « Statistiques » du formulaire donnaient des résultats insensés. L'algorithme étant basé sur l'hypothèse que le dipyridamole serait utilisé, les valeurs per-stimulation étaient systématiquement nulles. Pour résoudre cette situation, il a été décidé que la dobutamine, un autre stimulant parfois utilisé, serait traité de manière identique au dipyridamole. Par ailleurs, dans le cas où aucun de ces deux stimulants n'est utilisé, aucune statistique n'est affichée évitant ainsi la diffusion de valeurs aberrantes.

5.3 Suivi des messages HL7 reçus

Dans le cas de certaines irrégularités, l'information disponible dans le rapport et sur la base de données n'était pas suffisante pour identifier la problématique en cause. Dans ces situations, les messages HL7 à l'origine des irrégularités étaient consultés. Ces derniers sont conservés pendant 15 jours par le serveur Mirth après quoi ils sont effacés.

Le suivi des messages HL7 a été particulièrement utile pour résoudre un problème causé par des évènements rares où deux quatuors de valeurs de pression systolique, diastolique, moyenne et fréquence cardiaque avec des valeurs différentes étaient affichés comme s'ils provenaient d'une mesure faite au même moment ou à quelques secondes d'intervalle. Avec le temps de gonflage et de dégonflage du brassard, une mesure de pression prend, en pratique, une trentaine de secondes. Par ailleurs, le plus petit intervalle entre deux quatuors est d'environ deux minutes et survient habituellement entre la mesure pré-stimulation et la première mesure de stimulation. Un intervalle affiché de quelques secondes ou moins est donc invraisemblable.

En plus d'une incohérence dans le tableau des signes vitaux, ce problème était souvent associé à une discontinuité dans les courbes de tendances.

L'analyse des messages HL7 a permis de trouver une double explication à ce phénomène. Deux situations pouvaient causer cette erreur. D'abord, il avait été observé qu'un même quatuor est envoyé plusieurs fois, soit à chaque minute jusqu'à ce qu'une nouvelle mesure de pression soit produite. Or, pour certaines éventualités, l'heure de mesure des pressions indiquée sur le premier message reçu varie de $\pm 1s$ par rapport aux messages subséquents. Dans ces cas, comme l'horodatage des pressions variait, une nouvelle entrée était faite dans la base de données. Cependant, les quatuors variaient généralement au niveau de la fréquence cardiaque. Lorsque cette situation se produisait, l'horodatage de la requête *multicast* du serveur « Infinity Gateway » au moniteur était très proche, voire identique à l'horodatage de la mesure de tension artérielle. L'explication envisagée est qu'une correction a été effectuée par les moniteurs sur l'horodatage d'une mesure après le premier envoi, affectant ainsi les messages subséquents. La solution pour contourner cet obstacle fut d'ajouter une condition à la requête SQL d'insertion pour empêcher l'ajout d'un quatuor dans la base de données si celle-ci contient déjà des données de pression systoliques et diastoliques identiques à $\pm 1s$ de différence. Ce correctif a été appliqué dans le canal *Atomic-CReader* de Mirth (paragraphe 4.1.4).

La seconde situation causant les mêmes symptômes survient dans un contexte similaire mais plus rare. Quelques messages reçus ont présenté un quatuor contenant trois valeurs de pression ne provenant pas de la même mesure, par exemple une mesure de pression systolique provenant de la plus récente lecture accompagnée d'une valeur de pression diastolique et moyenne provenant de la mesure précédente. Encore une fois, ce genre de situation a été observé dans un cas où l'horodatage de la requête *multicast* du serveur « Infinity Gateway » pour demander les signes vitaux aux moniteurs était très proche, voire identique à l'horodatage de la prise de la mesure de tension. Il est vraisemblable que la requête du *Gateway* soit arrivée durant la transition vers les nouvelles valeurs. Dans ce cas, le message HL7 reçu une minute plus tard contient les trois valeurs associées à l'horodatage le plus récent, d'où une double entrée.

Cette fois, la solution pour contourner la problématique était d'imposer une condition pour que les pressions affichées dans la section des signes vitaux ne soient que des combinaisons telles que la pression systolique provient d'une mesure horodatée à ± 1 s de la mesure de la pression diastolique. Ce correctif s'applique dans le script PHP, au niveau de la requête SQL qui sert à récupérer les valeurs de pression de la table *draeger_nbp*.

6 Développements envisagés

Le projet décrit dans ce rapport a permis de mettre en production un système permettant l'atteinte du mandat octroyé initialement. Au cours du développement de cette solution sont survenues plusieurs idées d'ajouts et d'amélioration. Ces dernières ont fait l'objet de discussions avec le client. L'évaluation de ces dernières a parfois mené à des modifications du produit à livrer, par exemple l'intégration de courbes de tendances. Cependant, malgré les avantages qu'elles auraient amenées, certaines idées ont été laissées de côté pour des raisons de faisabilité ou parce qu'elles étaient à l'extérieur de la portée du projet telle que définie au départ.

Le livrable remis à la fin de ce projet de maîtrise continuera à se perfectionner dans le futur. Les ajouts envisagés à moyen termes seront abordés dans la présente section.

6.1 Intégration des données d'analyse ECG

Les signaux provenant des moniteurs physiologiques Dräger ont été abordé dans ce rapport. Le serveur « Infinity Gateway » permet l'exportation de ces derniers dans un format en accord avec la norme HL7. Toutefois, le système de Dräger permet des analyses plus poussées lesquelles ne sont pas transmises par le canal HL7 habituel. Par exemple, le système permet d'effectuer un ECG douze dérivations standard, avec une interprétation automatique et des mesures faites sur les signaux enregistrés.

Trois ECG sont effectués au cours d'un examen de perfusion myocardique au rubidium. À des fins diagnostiques et de recherche, il s'avérerait pertinent que soit archivée l'information qui est produite dans ce contexte. Cependant, comme Dräger n'utilise pas le canal HL7 pour l'exportation des ECG, une solution commerciale a été choisie pour parvenir à cet objectif. C'est un produit de la compagnie Datamed qui permettra de faire la transmission

des données d'ECG produites par la console centrale Dräger vers la base de données *Atomic* et le système *Muse*. Ce dernier est un système de GE servant à l'archivage, la consultation et l'interprétation d'ECG à l'ICM.

Au moment de déposer ce rapport, une requête d'approvisionnement était en attente d'approbation pour que soit produit un bon de commande officiel.

6.2 Variation de la déviation des segments ST

Les messages HL7 reçus durant un examen de perfusion myocardique contiennent des données sur l'élévation du segment ST calculé par le moniteur sur chacune des douze dérivations de l'électrocardiogramme et ce, en continu. Par conséquent, à chaque minute, douze valeurs de ST sont ajoutées dans la table *draeger_oth* pour chaque patient monitoré.

L'anomalie du segment ST est d'intérêt en cardiologie car il peut être indicateur de pathologies. Par exemple, l'élévation du segment ST au-dessus de la jonction PQ sur certaines dérivations de l'ECG est une caractéristique qui influencera la prise en charge d'un patient en infarctus aigu du myocarde³⁷.

Dans le contexte de l'évaluation de la perfusion myocardique en médecine nucléaire, le sous-décalage du segment ST mesuré sous la jonction PQ lors de la stimulation pharmacologique est un critère diagnostique d'ischémie³³. Autrement dit, si un tel sous-décalage apparaît sur l'électrocardiogramme à l'effort, l'hypothèse d'ischémie peut être renforcée.

Une demande avait donc été formulée à l'effet que le calcul de la variation de la déviation du segment ST pour les douze dérivations devrait être ajouté au formulaire. Cette variation devrait comparer les mesures avant l'injection du stimulant pharmacologique et celles durant l'effet du stimulant. Les valeurs significatives (déviations plus grandes que -1 mm) devraient être affichées distinctivement.

Une première itération de cette fonctionnalité a été produite mais n'a finalement pas été retenue. Cette dernière utilisait une moyenne de quelques points proches de l'injection du dipyridamole comme valeur de référence pour chaque dérivation. Ensuite, la moyenne de toutes les mesures suivant l'injection du stimulant était calculée. Enfin, pour chaque dérivation, si cette valeur était supérieure à la référence, la variation affichée correspondait à la

différence entre la valeur du ST la plus élevée suite à l'injection du dipyridamole et la valeur de référence. Dans le cas contraire, la valeur affichée correspond à la différence entre la plus petite valeur suivant la stimulation et la référence.

L'implantation de cet algorithme a permis de faire des constats intéressants. Le rapport a indiqué des variations significatives du segment ST dans plusieurs cas où les cliniciens avaient eux aussi interprété l'examen électriquement positif. Toutefois, ce succès n'était pas systématique.

Par exemple, en raison d'un phénomène appelé repolarisation précoce des ventricules, certains patients peuvent présenter un sus-décalage au repos³³. Par conséquent, certains rapports de signes vitaux ont été produits avec des variations du segment ST indiquant une valeur inférieure à -1 mm, alors que le sous-décalage à l'effort n'était pas significatif. Cette situation suggérait donc que l'effort pharmacologique avait induit une variation électriquement significative alors que ce n'était pas le cas.

Aussi, certains patients ont des tracés d'ECG qui ne sont pas interprétables, par exemple en raison d'un cardiostimulateur. Les calculs effectués n'avaient donc pas de sens d'un point de vue clinique et les valeurs affichées pouvaient être aberrantes.

Devant son apparente immaturité, cette fonctionnalité a été retirée pour l'instant. Sa pertinence sur le plan diagnostique n'étant pas diminuée, il fut décidé que l'algorithme devrait être raffiné avant d'être remis en service.

Notons toutefois que les calculs pratiqués durant la mise en service du premier algorithme ainsi que l'analyse des segments ST tout au long de chaque procédure a pu suggérer que l'électrocardiogramme effectué 6 minutes suivant l'injection de dipyridamole tel que prévu dans le protocole de l'examen est peut-être fait trop tôt. Effectivement, il semble que pour plusieurs patients, le sous-décalage est maximal plus tard, autour de 10 minutes, cela nonobstant l'injection d'aminophylline. Cette trouvaille qui a suscité l'intérêt des cliniciens laisse croire que certains examens ont pu être jugés électriquement négatifs selon l'ECG de la sixième minute, alors qu'un ECG pratiqué plus tard aurait laissé le temps au sous-décalage de progresser suffisamment pour que l'interprétation soit différente.

Conclusion

Dans le cadre de ce projet de maîtrise, un système permettant de produire un rapport automatisé de signes vitaux enregistrés lors d'examens de perfusion myocardique au rubidium-82 a été mis en service à l'ICM.

Ce système permet de recueillir automatiquement les données physiologiques mesurées à partir des moniteurs Dräger, les stocke dans une base de données et les associe à la requête d'imagerie dans le cadre de laquelle elles ont été produites. Afin d'en faire l'impression, le système donne à l'utilisateur clinique accès à ce rapport par l'intermédiaire de l'interface web *Atomic*. Cette étape permet le remplacement de l'équivalent auparavant rempli de manière manuscrite de ce document.

En plus d'augmenter la productivité des technologues en médecine nucléaire qui peuvent se concentrer davantage aux soins directs aux patients, la solution proposée comporte l'ajout d'information qui n'était auparavant pas disponible. Les cliniciens s'attendent à ce que cela apporte un gain en permettant une interprétation plus nuancée des résultats d'un examen de perfusion myocardique.

La réalisation de ce projet a permis de mettre en évidence l'avantage associé à un système permettant l'exportation de données dans un format normé comme HL7. Cette caractéristique a offert une grande flexibilité dans le contrôle pouvant être exercé par l'organisation sur les données qui sont produites par ses propres équipements. En effet, si l'exportation de ces données avait été dans un format propriétaire à Dräger, il aurait été impossible de remplir le mandat visé. L'ICM aurait dû défrayer des coûts de développement avec la compagnie pour interfacier l'information générée par ses propres moniteurs. Par conséquent, l'importance de considérer la possibilité d'exporter les données dans un format normé comme HL7 dans le cadre d'un projet d'acquisition d'équipement médical sera une des leçons retenues de ce projet.

Bibliographie

- ¹ Institut de Cardiologie de Montréal (2018). *Notre fondateur*. Repéré le 14 février 2018, de <https://www.icm-mhi.org/fr/propos/notre-histoire/notre-fondateur>
- ² Ministère de la santé et des services sociaux. (2018). *Réorganisation du réseau-Portrait organisationnel*. Repéré le 14 février 2018, de <http://www.msss.gouv.qc.ca/reseau/reorganisation/portrait>
- ³ Institut de Cardiologie de Montréal (2018). *Missions*. Repéré le 14 février 2018, de <https://www.icm-mhi.org/fr/propos/notre-present/missions>
- ⁴ Institut de Cardiologie de Montréal. (2018). *L'ICM en chiffres*. Repéré à <https://www.icm-mhi.org/fr/propos/notre-present/licm-en-chiffres>
- ⁵ Institut de Cardiologie de Montréal. (2017). *Rapport annuel 2016-2017*. Repéré à https://www.icm-mhi.org/sites/default/files/fondation/rapport_annuel_fr_complet-final-versioncourte_web_v3.pdf
- ⁶ Institut de Cardiologie de Montréal. (2018). *Offre d'emploi*. Repéré à <https://www.icm-mhi.org/fr/carrieres/offres-demploi/adjoint-directeur-ressources-technologiques-et-immobilieres-projet-dhopital-numerique>
- ⁷ *Règlement sur les instruments médicaux*. (DORS/98-282)
- ⁸ Santé Canada. (2013). Logiciel régi comme un instrument médical - foire aux questions. Repéré le 8 janvier 2018, à <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/medicaments-produits-sante/instruments-medicaux/activites/annonces/questions-reponses-logiciel-regi-comme-instrument-medical.html>
- ⁹ Lee, J. C., West, M. J., & Khafagi, F. A. (2013). Myocardial perfusion scans. *Australian family physician*, 42(8), 564.
- ¹⁰ Yoshinaga, K., Klein, R., & Tamaki, N. (2010). Generator-produced rubidium-82 positron emission tomography myocardial perfusion imaging—from basic aspects to clinical applications. *Journal of cardiology*, 55(2), 163-173.
- ¹¹ Senthamizchelvan, S., Bravo, P. E., Esaias, C., Lodge, M. A., Merrill, J., Hobbs, R. F., ... & Bengel, F. M. (2010). Human biodistribution and radiation dosimetry of ⁸²Rb. *Journal of Nuclear Medicine*, 51(10), 1592-1599.
- ¹² Stabin, M. G. (2008). Radiopharmaceuticals for nuclear cardiology: radiation dosimetry, uncertainties, and risk. *Journal of Nuclear Medicine*, 49(9), 1555-1563.
- ¹³ Santé Canada. (2018). *Active licence listing by company*. Repéré le 16 février 2018 à https://health-products.canada.ca/mdall-limh/information.do?companyId_idCompanie=114498&lang=eng
- ¹⁴ Chatal, J. F., Rouzet, F., Haddad, F., Bourdeau, C., Mathieu, C., & Le Guludec, D. (2015). Story of rubidium-82 and advantages for myocardial perfusion PET imaging. *Frontiers in medicine*, 2(65).
- ¹⁵ UpToDate. (2018). *Dipyridamole: Drug information*. Repéré le 5 février 2018, à https://www.uptodate.com/contents/dipyridamole-drug-information?source=see_link

- ¹⁶ Blust, J. S., Boyce, T. M., & Moore, W. H. (1992). Pharmacologic cardiac intervention: comparison of adenosine, dipyridamole, and dobutamine. *Journal of nuclear medicine technology*, 20(2), 53-59.
- ¹⁷ Henzlova, M. J., Cerqueira, M. D., Mahmarian, J. J., & Yao, S. S. (2006). Stress protocols and tracers. *Journal of Nuclear Cardiology*, 13(6), e80-e90.
- ¹⁸ National Center for Biotechnology Information. (2018). PubChem Compound Database; CID=9433. Repéré le 27 février 2018 à <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/9433>
- ¹⁹ Lee, S. D., Huang, W. C., Peng, N. J., & Hu, C. (2017). Dipyridamole-induced adverse effects in myocardial perfusion scans: Dynamic evaluation. *IJC Heart & Vasculature*, 14, 14-19.
- ²⁰ Henzlova, M. J., Duvall, W. L., Einstein, A. J., Travin, M. I., & Verberne, H. J. (2016). ASNC imaging guidelines for SPECT nuclear cardiology procedures: Stress, protocols, and tracers. *Journal of Nuclear Cardiology*, 23(3), 606-639.
- ²¹ University of Virginia Health Sciences Center, Department of Radiology. (2018). *Attenuation Correction*. Repéré le 27 février 2018, de <https://www.med-ed.virginia.edu/courses/rad/petct/Attenuation.html>
- ²² National Center for Biotechnology Information. (2018). PubChem Compound Database; CID=450503. Repéré le 17 février 2018 à <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/450503>
- ²³ *Radionuclide Half-Life Measurements Data*. (2018). NIST. Repéré le 15 janvier 2018, de <https://www.nist.gov/pml/radionuclide-half-life-measurements-data>
- ²⁴ Zhuang, H., & Codreanu, I. (2015). Growing applications of FDG PET-CT imaging in non-oncologic conditions. *Journal of biomedical research*, 29(3), 189.
- ²⁵ Jubilant DraxImage. (2018). *Cardiovascular PET*. Repéré le 16 février 2018 à <http://www.draximage.com/research/overview/cardiovascular-pet/>
- ²⁶ Arumugam, P., Tout, D., & Tonge, C. (2013). Myocardial perfusion scintigraphy using rubidium-82 positron emission tomography. *British medical bulletin*, 107(1), 87-100.
- ²⁷ Vazir, H. *Draeger Architecture Overview*. Présentation du 2017-01-17 à l'ICM
- ²⁸ Health Level Seven International. (2018). *About Health Level Seven International*. Repéré le 19 janvier 2018 à <http://www.hl7.org/about/index.cfm?ref=nav>
- ²⁹ Microsoft. (2017). *The OSI Model's Seven Layers Defined and Functions Explained*. Repéré le 19 janvier 2018 à <https://support.microsoft.com/en-ca/help/103884/the-osi-model-s-seven-layers-defined-and-functions-explained>
- ³⁰ Drägerwerk AG & Co. KGaA. (2015). *Protocol Handbook Infinity Gateway Suite VF7.n*. Lübeck, Allemagne.
- ³¹ Brauer, J. (2013). Getting Started Guide. *Mirth Community*. Repéré le 16 février 2018 à <http://www.mirthcorp.com/community/wiki/display/mirth/Getting+Started+Guide>
- ³² Nextgen Healthcare. (2018). Pricing. *Mirth Connect*. Repéré le 16 février 2018 à <https://www.nextgen.com/Interoperability/Mirth-Solutions/Connect-Pricing?tab=true>

- ³³ Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, Arena R, Balady GJ, Bittner VA, Coke LA, Fleg JL, Forman DE, Gerber TC, Gulati M, Madan K, Rhodes J, Thompson PD, Williams MA; on behalf of the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology, Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, and Council on Epidemiology and Prevention. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013;128
- ³⁴ Otto, M. (2012). Bootstrap in A List Apart No. 342. @mdo. Repéré le 6 février 2018 à <http://markdotto.com/2012/01/17/bootstrap-in-a-list-apart-342>
- ³⁵ Otto, M. (2012). Building Twitter Bootstrap. *A List Apart*. Repéré le 6 février 2018 à <http://alistapart.com/article/building-twitter-bootstrap>
- ³⁶ Hønsi, T. (2018). About Us. *Highcharts*. repéré le 7 février 2018, de <https://www.highcharts.com/about>
- ³⁷ Anderson, J. L., Adams, C. D., Antman, E. M., Bridges, C. R., Califf, R. M., Casey, D. E., ... & Lincoff, A. M. (2011). 2011 ACCF/AHA focused update incorporated into the ACC/AHA 2007 guidelines for the management of patients with unstable angina/non–ST-elevation myocardial infarction. *Circulation*, 123(18), e426-e579.

Annexe A

Figure A-1 Page 4 du formulaire *Persantin*

Étiquette Protocole

Repos

Signes vitaux
(Couché et avant l'infusion du traceur)

| | | | |
|--|---------------|----------|---------------|
| | TA (mm Hg) | FC (bpm) | Heure (hh:mm) |
| | □ □ □ / □ □ □ | □ □ □ | □ □ : □ □ |

Stimulation

| | | | |
|-------------------------|---------------|----------|-------------------------------|
| | TA (mm Hg) | FC (bpm) | Heure (hh:mm) |
| Pré-stimulation | □ □ □ / □ □ □ | □ □ □ | □ □ : □ □ |
| Début du dipyridamole | | | □ □ : □ □ |
| 1 ^{ère} min | □ □ □ / □ □ □ | □ □ □ | |
| 4 ^{ième} min | □ □ □ / □ □ □ | □ □ □ | |
| □ □ ^{ième} min | □ □ □ / □ □ □ | □ □ □ | |
| □ □ ^{ième} min | □ □ □ / □ □ □ | □ □ □ | |
| □ □ ^{ième} min | □ □ □ / □ □ □ | □ □ □ | |
| Aminophyline | Dose □ □ □ mg | | □ □ : □ □ Initiales: _____ |

Post-Stimulation

| | | |
|--|---------------|-------------------------------|
| | | Heure (hh:mm) |
| Aminophyline (additionnelle prn) | Dose □ □ □ mg | □ □ : □ □ Initiales: _____ |
| Nitro (prn; 0.4mg/puff) | □ puff | □ □ : □ □ Initiales: _____ |
| | TA (mm Hg) | FC (bpm) |
| Signes vitaux (prn) | □ □ □ / □ □ □ | □ □ □ □ □ : □ □ |

Annexe B

Tableau B-1 Liste des ID d'observation reçus en médecine nucléaire

| Identifiant | Description dans le Protocol Handbook de Dräger | Description |
|----------------|---|--|
| HR | Heart Rate | Rythme cardiaque |
| %PACED | %PACED | Taux de stimulation |
| ARR | ARR | Arythmie |
| PVC/min | PVC/min | Contractions ventriculaires prématurées par minute |
| STI | ST - Lead I | Élévation du segment ST |
| STII | ST - Lead II | Élévation du segment ST |
| STIII | ST - Lead III | Élévation du segment ST |
| STaVR | ST - Lead aVR | Élévation du segment ST |
| STaVF | ST - Lead aVF | Élévation du segment ST |
| STaVL | ST - Lead aVL | Élévation du segment ST |
| STV1 | ST - Lead V1 | Élévation du segment ST |
| STV2 | ST - Lead V2 | Élévation du segment ST |
| STV3 | ST - Lead V3 | Élévation du segment ST |
| STV4 | ST - Lead V4 | Élévation du segment ST |
| STV5 | ST - Lead V5 | Élévation du segment ST |
| STV6 | ST - Lead V6 | Élévation du segment ST |
| STVM | ST - Vector Magnitude | Magnitude du vecteur ST |
| STCVM | ST -Change Vector Magnitude | Changement de magnitude |
| PLS | Pulse Rate | Fréquence du pouls |
| SpO2 | Pulse Oxygen Saturation | Saturation |
| PI | Perfusion Index | Index de perfusion |
| NBP D | Non-Invasive Pressure-Diastolic | PNI diastolique |
| NBP S | Non-Invasive Pressure-Systolic | PNI systolique |
| NBP M | Non-Invasive Pressure-Mean | PNI moyenne |

Obtenu à partir de 464 messages provenant des moniteurs de la médecine nucléaire le 16 novembre 2017.

Annexe C

Tableau C-1 Codes utilisés pour les mesures de type ARR


| Code | Arythmie |
|------|------------------------------------|
| BRDY | Bradycardie |
| LRN | Apprentissage (pas une arythmie) |
| BGM | Bigéminie ventriculaire |
| TAC | Tachycardie |
| AIVR | Rythme idioventriculaire accéléré |
| SVT | Tachycardie supraventriculaire |
| CPT | Couplet ventriculaire |
| ART | Artéfact |
| RUN | Salve de tachycardie ventriculaire |
| PAU | Pause |
| APN | Apnée |
| ASY | Asystolie |
| VF | Fibrillation ventriculaire |
| VT | Tachycardie ventriculaire |

Données provenant du *Protocol Handbook* de Dräger³⁰

Les codes sur fond bleuté ont été enregistrés parmi les quelques 17000 entrées dans la table *draeger_oth* au cours de ce projet.


Annexe D

Figure D-1 Exemple de page de signes vitaux produite



**INSTITUT DE
CARDIOLOGIE
DE MONTRÉAL**

Service de médecine nucléaire



P-201800000

***** FORMULAIRE EN DÉVELOPPEMENT *****

999999 - ANONYME, PATIENTE (F)

DDN: 1918-03-02 (99 a)

MN-201800000

Date d'examen: 2018-01-01

| Signes vitaux | TA S / D (mm Hg) | FC (bpm) | RPP (mm Hg/min) | Heure |
|-----------------------------------|---------------------|-------------|--------------------|-------|
| Repos | 151 / 60 | 61 | 9211 | 15:18 |
| Pre-stim | 153 / 63 | 52 | 7956 | 15:27 |
| Stimulation (2 ^e min) | 155 / 68 | 60 | 9300 | 15:29 |
| Stimulation (5 ^e min) | 148 / 60 | 66 | 9768 | 15:32 |
| Stimulation (8 ^e min) | 113 / 44 | 70 | 7910 | 15:35 |
| Stimulation (11 ^e min) | 122 / 41 | 74 | 9028 | 15:38 |
| Post-stim | 130 / 45 | 67 | 8710 | 15:41 |

| Injections | Dose | Heure | Arythmies | Premier | Dernier | Statistiques | pré/post | Δ |
|------------------|---------|-------|-----------|---------|---------|--------------|-----------|-----|
| 1. Rubidium-82 | 720 MBq | 15:18 | Bigeminy | 15:22 | - | ESV/min | 0 / 0 | 0 |
| 2. Dipyridamole | 50 mg | 15:28 | Artifact | 15:40 | - | TA sys moy. | 152 / 134 | -18 |
| 3. Rubidium-82 | 710 MBq | 15:34 | | | | FC moy. | 60 / 66 | +6 |
| 4. Aminophylline | 75 mg | 15:39 | | | | Arythmies | 1 / 1 | 0 |

Tendances

